Tecnica di produzione meccanica



Dati tecnologici per la tecnica di produzione meccanica	7
Tornitura con metodo tradizionale	61
Fresatura con metodo tradizionale	123
Molatura con metodo tradizionale	169
Manutenzione	209
Tecnica CNC	215
Fresatura con metodo CNC	257
Tornitura con metodo CNC	275

EDIZIONE SWISSMEM

SWISSMEM

Hanno partecipato alla realizzazione di questo corso:

Direzione del progetto
Arn Hanspeter, Responsabile di progetto, Swissmem Formazione professionale, Winterthur

Abbt Raphael, Bühler AG, Uzwil
Bölükbasi Gökhan, Centro di formazione professionale azw Ausbildungszentrum Winterthur, Winterthur
Canonica Renzo, azw Ausbildungszentrum Winterthur, Winterthur
Fricker Walter, Lernzentren LfW, Zurigo
Hiese Phillip, Lernzentren LfW, Zurigo
Knecht Daniel, Lernzentren LfW, Zurigo
Kaufmann Christoph, azw Ausbildungszentrum Winterthur, Winterthur
Meier Robert, Lernzentren LfW, Baden
Piraccini Boris, azw Ausbildungszentrum Winterthur, Winterthur
Rietschin Daniel, Ridari Consulting, Elsau
Reber Sascha, azw Ausbildungszentrum Winterthur, Winterthur
Vogler Marcel, Lernzentren LfW, Zurigo
Baur Daniel, Swissmem Formazione professionale, Winterthur

Ringraziamo tutto il team per l'eccellente supporto tecnico e per l'ottima collaborazione.

Per il supporto con immagini e contenuti ringraziamo:

Blaser Swisslube AG, Hasle-Rüegsau
Brütsch/Rüegger Werkzeuge AG, Urdorf
DMG Schweiz AG, Dübendorf
Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG, D-Konstanz
Fehlmann AG, Seon
Fischer Precise Management AG. Herzogenbuchsee
DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, Traunreut (Germania)
Gressel AG, Aadorf
HEIDENHAIN (SCHWEIZ) AG, Schwerzenbach
Konrad Ing. Büro, Bretten (Germania)
L. Kellenberger + Co. AG, St. Gallen
Roli Lanz, Fotostudio, Rorbas
Sandvik AG, Lucerna
Winterthur Schleiftechnik AG, Winterthur

Editore: Edizione Swissmem
3. Edizione 2017

Fonti di riferimento:
Swissmem Formazione professionale
Brühlbergstrasse 4
8400 Winterthur

Telefono Servizio Spedizioni 052 260 55 55
Fax Servizio Spedizioni 052 260 55 59

www.swissmem-berufsbildung.ch
vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch

Copyright testi, disegni e grafica:
© by Swissmem, Zurigo

Tutti i diritti riservati. L'opera con tutte le parti in essa contenute è protetta dai diritti d'autore. La riproduzione in casi diversi rispetto a quelli prescritti dalla legge è possibile previo consenso scritto dell'editore.

Segni convenzionali, Struttura del contenuto

Spiegazione dei simboli



Questa variante è appropriata. Al fine di ottimizzare il prodotto, ricerchiamo la soluzione più adeguata.



Soluzione utilizzabile. È sicuramente possibile trovare varianti migliori!



Questa soluzione non è appropriata. Riflettete sui motivi per i quali questa soluzione non è soddisfacente e cercate una variante migliore.



Risolvete questo problema servendovi di strumenti ausiliari più appropriati.



Obiettivi degli studi



Indicazioni importanti



Informazione

Utilizzate questi casi per annotare le informazioni pertinenti, quali le normative nazionali o internazionali, le normative in vigore nell'azienda, titoli di documentazione specializzata, guide aziendali, ecc.

Struttura del contenuto

Il ciclo di formazione è strutturato in analogia al catalogo Competenze-risorse.

La struttura delle risorse è suddivisa nel modo seguente.

Attivazione
Ogni unità di formazione inizia con domande di base che rispecchiano l'attuale stato delle conoscenze.

Teoria / esercizi
Oltre alla teoria, la parte teorica comprende anche domande e/o esercizi che le persone in formazione sono chiamate a risolvere.

Ripetizione
Al fine di consolidare quanto appresso, a conclusione della parte dedicata all'acquisizione delle risorse gli apprendisti devono rispondere a domande di ripetizione.

Indice degli argomenti

Dati tecnologici per la tecnica di produzione meccanica

Nozioni di base sulla tecnica di lavorazione ad asportazione di truciolo **7**
Tagliente dell'utensile 8
Formazione del truciolo 12
Usura 13
Velocità di taglio 15
Materiali del tagliente II **19**
Requisiti dei materiali del tagliente 20
Scelta dei materiali del tagliente 23
Materiali lubrorefrigeranti **25**
Funzioni dei materiali lubrorefrigeranti 26
Tipi di materiali lubrorefrigeranti 26
Manutenzione 29
Tutela ambientale e smaltimento **31**
Introduzione 32
Raccolta differenziata 33
Smaltimento dell'olio sausto e dei materiali di raffreddamento 34
Dati tecnologici "Tornitura" **35**
Geometria di taglio con gli utensili per tornitura 36
Geometria delle placchette intercambiabili 38
Velocità di taglio 39
Movimenti sulle macchine da tornire 42
Dati tecnologici "fresatura" **49**
Geometria di taglio delle frese 50
Geometria delle placchette intercambiabili 51
Velocità di taglio 52
Numero di giri 53
Moto di taglio 54

Tornitura con metodo tradizionale

Macchine per tornire (torni) **61**
Tipologie di macchine 62
Tornio universale 62
Struttura della macchina per tornire 63
Grandezze di riferimento 67
Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio **69**
Introduzione al metodo della tornitura 70
Utensili per tornitura 72
Tipologie e materiali del tagliente 75
Denominazione degli utensili da tornio 77
Scelta degli utensili giusti 80
Valutazione delle ondizioni degli utensili di tornitura 81
Fissaggio dei pezzi per la tornitura 83
Sicurezza sul lavoro **88**
Fissaggio degli utensili per tornitura 89
Tornitura esterna dei pezzi **95**
Sicurezza sul lavoro 96
Sfacciatura 97
Tornitura longitudinale 99
Tornitura a diversi livelli 101
Smussatura 102
Centratura 103
Esecuzione di gole 105
Gole di scarico 105
Gole di scarico per filetti 107
Troncatura 108

Indice degli argomenti

Filettatura esterna tramite filiera 110
Filettatura 111
Tornitura interna dei pezzi 117
Sicurezza sul lavoro 118
Utensili 119
Tornitura interna 119

Fresatura con metodo tradizionale

Macchine per fresare 123
Tipi di macchine 124
Struttura delle macchine 125
Grandezze di riferimento 128
Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio 131
Introduzione alla fresatura 132
Tipi di frese 134
Materiale del tagliente 138
Fissaggio delle placchette intercambiabili 140
Scelta degli utensili giusti 141
Serraggio degli utensili 144
Fissaggio dei pezzi per la fresatura 149
Fresatura dei pezzi 157
Sicurezza sul lavoro 158
Vantaggi/ svantaggi del etodo di fresatura 159
Fresatura frontale 160
Fresatura periferica 160
Fresatura di un parallelepipedo 161
Fresatura periferico-frontale 162
Fresatura di tasche 164
Fresatura di scanalature 165
Teste per barenatura 167

Molatura con metodo tradizionale

Rettificatrici 169
Descrizione del processo i rettifica 170
Rettificatrici 170
Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio 177
Composizione di una mola 178
Forma 181
Serraggio della mola 183
Ravvivatura e profilatura delle mole 185
Serraggio dei pezzi 187
Dati di taglio 189
Variazioni dei dati tecnologici 191
Rettifica dei pezzi 195
Sicurezza sul lavoro 196
Nozioni di base della rettifica 197
Procedimento di rettifica 198
Lubrorefrigeranti 206

Manutenzione

Manutenzione delle macchine utensili 209
Manutenzione 210
Ispezione 213

Indice degli argomenti

Tecnica CNC

Nozioni di base della tecnica CNC **215**
- Concetti di NC, CNC, DNC 216
- Macchine utensili CNC 216
- Tipi di controllo 219
- Assi di un tornio 220
- Assi di una fresatrice 221
- Sistema di coordinate 222
- Quotatura delle coordinate 226
- Sistema di misurazione della posizione 228
- Punti di riferimento 230
- Nozioni di base 236

Struttura di un programma CNC **236**
- Dall'istruzione di movimentazione alla movimentazione 240
- Procedura di programmazione 242

Funzioni di programmazione per la fresatura **243**

Funzioni di programmazione per la tornitura **253**

Fresatura con metodo CNC

Fresatrice CNC **257**
- Documenti di fabbricazione 257
- Centro di lavoro 258

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel" **263**

Tornitura con metodo CNC

Tornio CNC **275**
- Documenti di fabbricazione 275
- Tornio CNC 276
- Serraggio dei pezzi 278

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel" **282**

Attività

Nozioni di base sulla tecnica di lavorazione ad asportazione di truciolo

– **Conoscere le nozioni di base generali sulla lavorazione ad asportazione di truciolo**

1. Quali sono i fattori che determinano se un pezzo possa essere lavorato bene?

2. In che modo occorre intervenire quando un utensile non "taglia più bene"?

3. Cosa ottenete se per la lavorazione utilizzate i materiali lubrorefrigeranti?

4. Quali rifiuti e sostanze nocive vengono prodotti durante la lavorazione ad asportazione di truciolo?

5. Cosa si intende per smaltimento ecocompatibile dei rifiuti e delle sostanze nocive?

6. Cosa si intende per usura?

SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

Introduzione

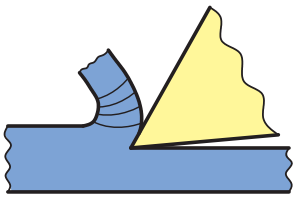
In tutti i metodi di lavorazione ad asportazione di truciolo sono particolarmente importanti:
– la forma del tagliente dell'utensile
– le forze e le temperature che agiscono sul tagliente dell'utensile
– l'usura del tagliente dell'utensile
– la velocità di taglio

Tagliente dell'utensile

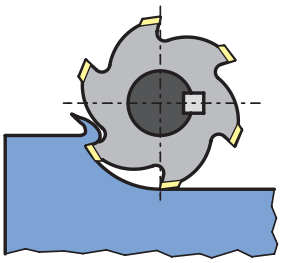
Esistono utensili con un tagliente (ad es. utensili da tornio), con due taglienti (ad es. punte elicoidali), con più taglienti (ad es.raddrizzatori, frese cilindriche frontali) e con una molteplicità di taglienti (ad esempio lame di sega e lime). I taglienti di tutti gli utensili hanno la forma di un cuneo e funzionano secondo il medesimo principio:
in virtù del moto di avanzamento, il cuneo penetra nel materiale, rimuovendo al contempo del truciolo.

La forma basilare del tagliente è quella del **cuneo**. Le forze e le temperature che agiscono nella fase di truciolatura causano l'usura **del cuneo di taglio**.

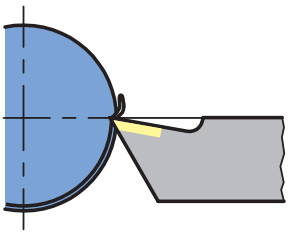
Utensile



Fresa



Utensile da tornio



Teoria

Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

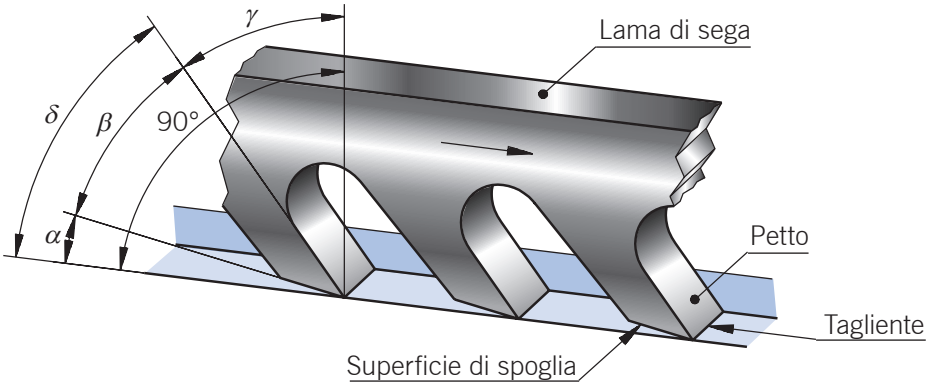
Angolo di taglio

Poiché tutti i taglienti si assomigliano, anche gli angoli di taglio vengono sempre indicati nel medesimo modo. Vengono cioè denominati in base alla loro funzione, ovvero:

– **Angolo di spoglia inferiore** α
Viene formato dalla superficie di spoglia o fianco e dalla superficie del pezzo che deve essere lavorata. Se l'angolo di spoglia inferiore fosse 0°, la superficie di spoglia striscerebbe sulla superficie che deve essere lavorata. A causa dell'attrito risultante la superficie di spoglia verrebbe danneggiata irreparabilmente. Un angolo di spoglia inferiore eccessivo causa l'indebolimento del tagliente. Questo perde rapidamente l'affilatura o si rompe. Generalmente gli angoli di spoglia inferiore sono compresi tra 3° e 14°. Vengono determinati in funzione del materiale di truciolatura, dalle dimensioni dell'utensile e dall'avanzamento.

– **Angolo di taglio** β
Viene formato dal petto e dalla superficie di spoglia e corrisponde all'angolo del cuneo di taglio. Quanto minore è l'angolo di taglio (con i materiali dolci), tanto più efficacemente il tagliente penetra nel materiale. D'altro lato il tagliente, con il crescere della resistenza del materiale da lavorare, deve presentare una maggiore stabilità. E ciò corrisponde ad un angolo di taglio maggiore.

– **Angolo di spoglia superiore** γ
Viene formato dal petto e da una perpendicolare immaginaria alla superficie di lavorazione. Influenza la formazione del truciolo. Maggiore è l'angolo di spoglia superiore scelto, tanto più facilmente scorre il truciolo. Contemporaneamente è strettamente correlato all'angolo di taglio. Un grande angolo di taglio richiede un angolo di spoglia superiore piccolo e viceversa.



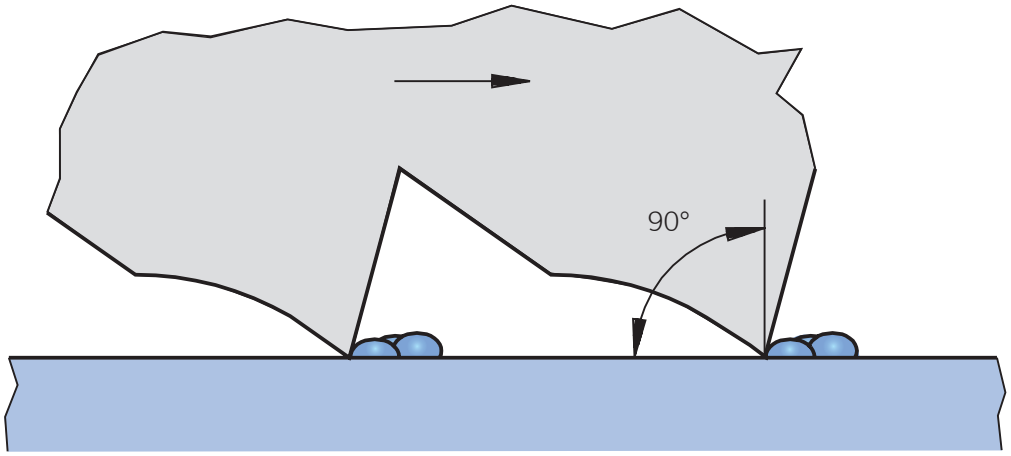
In generale vale: $\alpha + \beta + \gamma = 90°$

La somma dell'angolo di spoglia inferiore e dell'angolo di taglio viene definita **angolo di lavoro** δ. In officina si parla spesso di utensili cha hanno un taglio minore o maggiore. Con questa espressione si intende l'angolo di lavoro.

Teoria — Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

Angolo di spoglia superiore

La geometria di taglio di una lima ha questo aspetto:



1. Disegnate nello schizzo gli angoli del tagliente e le loro denominazioni (angolo di spoglia inferiore, angolo di taglio, angolo di spoglia superiore e angolo di lavoro).

Avete verificato che l'angolo di lavoro δ è maggiore di 90° e che l'angolo di spoglia superiore "sporge" rispetto alla normale sulla superficie da lavorare. L'angolo di spoglia superiore è negativo. In questo caso si parla di utensili con tagliente negativo. Questi utensili non rimuovono il truciolo dalla superficie del pezzo tagliandolo, bensì raschiandolo.

Per gli angoli di spoglia superiore negativi vale: $\alpha + \beta + (-\gamma) = \alpha + \beta - \gamma = 90°$

Nesso: Materiale da lavorare – Angoli di taglio

In generale vale:

Materiale dolce, che forma trucioli lunghi	**Materiale duro, a comportamento plastico, che forma trucioli corti**
Angolo di spoglia inferiore grande Angolo di taglio piccolo Angolo di spoglia superiore grande	Angolo di spoglia inferiore piccolo Angolo di taglio grande Angolo di spoglia superiore piccolo o negativo

SWISSMEM

Teoria

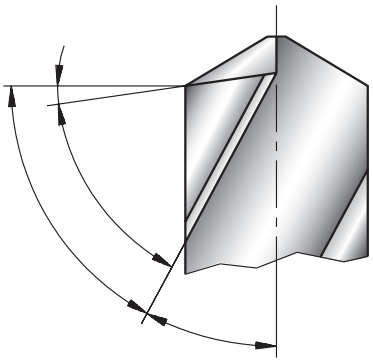
Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

Angoli di taglio per utensili in HSS

Gli angoli di taglio non dipendono solo dal materiale da lavorare, bensì anche dal materiale del tagliente impiegato. Per gli utensili in HSS (acciaio super rapido) valgono i seguenti **valori di riferimento**:

Materiale	**Angolo**		
	di spoglia inferiore (α)	di taglio (β)	di spoglia superiore (γ)
Acciaio da 300 ... 500 N/mm²	8°	62°	20°
Acciaio da 500 ... 700 N/mm², ghisa con grafite lamellare	8°	68°	14°
Acciaio oltre i 700 N/mm², ghisa con grafite sferoidale, bronzo	8°	74°	8°
Ghisa sferoidale oltre i 500 N/mm², ottone, bronzo	6° ... 3°	84°	0° ... 3°
Leghe di alluminio, metalli dolci	10°	40°	40°

2. Indica nell'illustrazione della punta elicoidale gli angoli di taglio.

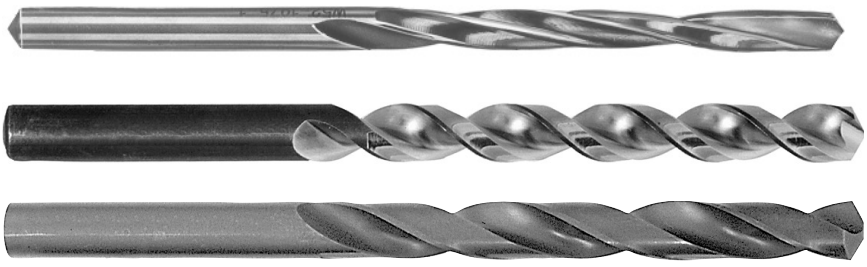


3. Con quale delle punte elicoidali illustrate in basso effettuate i fori?

Leghe di alluminio ⇒ Tipo:

Bronzo, ottone ⇒ Tipo:

Acciaio per costruzioni ⇒ Tipo:



Tipo H

Tipo W

Tipo N

SWISSMEM

Teoria

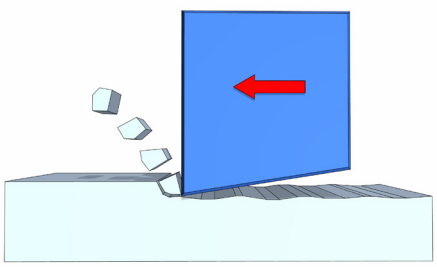
Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

Formazione del truciolo

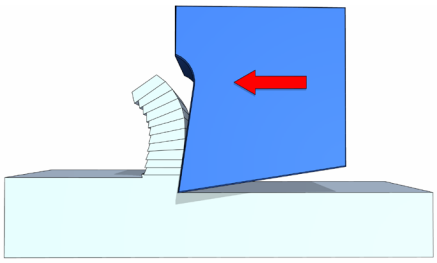
In tutti i metodi di lavorazione per asportazione di truciolo il cuneo di taglio penetra nel materiale e lo separa, quindi si formano i trucioli.

Vengono distinte le seguenti tipologie di truciolo:

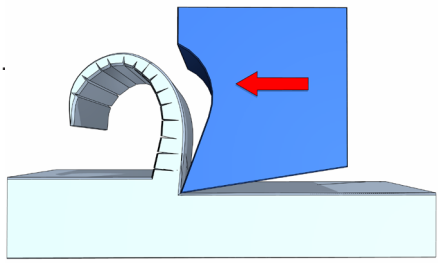
– **Trucioli strappati**
Questi vengono prodotti con i materiali fragili, come ad es. la ghisa e l'ottone. Sono corti e presentano una forma irregolare.



– **Trucioli continui corti**
Questi vengono prodotti con materiali plastici o certi tipi d'acciaio, ad es. Nylon o acciaio inossidabile. Questi sono legati in modo irregolare.



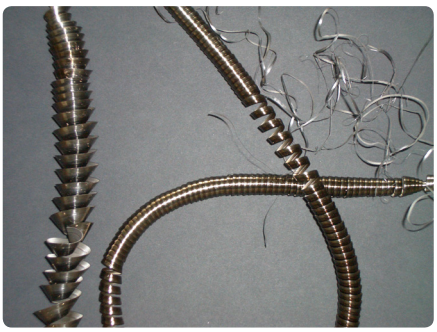
– **Trucioli continui lunghi**
Questi vengono prodotti con materiali dolci, ad esempio leghe d'alluminio o materiali plastici. Questi sono lunghi e legati.



Forma del truciolo ideale



Forma del truciolo non ideale



Occorre sempre tentare di ottenere trucioli di forma corta.

3. Motivate l'avvertenza riporta sopra.

SWISSMEM

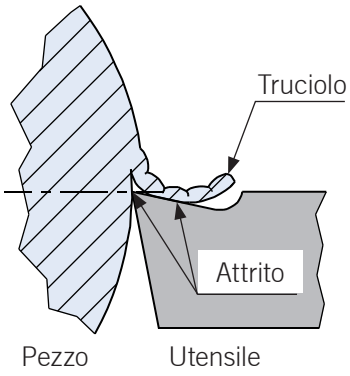
Teoria

Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

È possibile ottenere trucioli ideali, che si rompono accorciandosi, mediante:
- **Materiale "idoneo alla truciolatura"**
- **Aumento dell'avanzamento**
- **Incremento dell'angolo di registrazione**
- **Riduzione dell'angolo di spoglia superiore**
- **Riduzione/aumento della profondità di passata**
- **Riduzione/aumento della velocità di taglio**
- **Impiego di materiali lubrorefrigeranti**

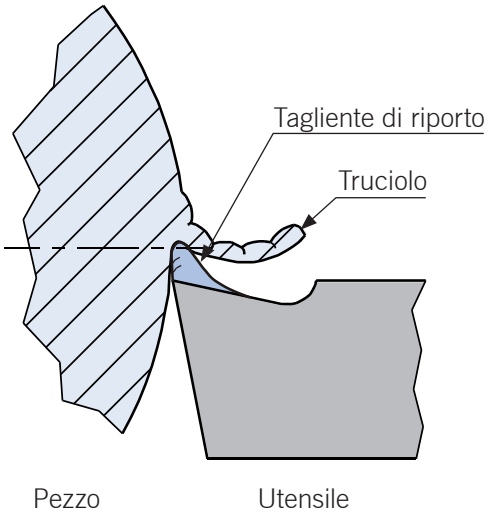
Usura

Con il termine usura si intende il deterioramento del tagliente che si verifica utilizzando l'utensile.



Durante la lavorazione, tra il pezzo e l'utensile si verifica un attrito.
Il materiale che fa attrito contro la superficie dell'utensile asporta delle particelle dalle superfici corrispondenti. In questo modo il tagliente si consuma.

Tagliente di riporto



Nella formazione del truciolo un'incrinatura precorre il tagliente nella radice del truciolo e forma una cavità cuneiforme. Questa cavità durante il processo di truciolatura si riempie di particelle di truciolo piccolissime. A causa della pressione di taglio, queste particelle vengono premute contro il petto e si forma così un caratteristico cappuccio a forma di torretta, il quale agisce come tagliente di riporto.

Non appena il tagliente di riporto ha raggiunto una determinata dimensione, una parte di esso viene asportata dalla superficie di spoglia. Le parti asportate contribuiscono in misura rilevante all'usura della superficie di spoglia. Un'altra parte del tagliente di riporto preme attraverso il tagliente dell'utensile nella superficie del pezzo. Questa diventa quindi ruvida e incrinata. Una parte restante del tagliente di riporto si salda con il tagliente dell'utensile e conferisce a questo un aspetto squamiforme.

Per i lavori di sgrossatura i taglienti di riporto non rappresentano un grande inconveniente. Al contrario, per i lavori di finitura occorre evitare la formazione di taglienti di riporto perché ciò comporterebbe una perdita di qualità delle superfici.

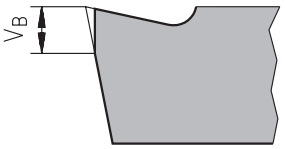
La formazione dei taglienti di riporto dipende dal materiale del tagliente dell'utensile da tornio e dal materiale del pezzo. Può essere evitato efficacemente aumentando la velocità di taglio, mediante affilatura del petto dell'utensile da tornio, aumentando lo spessore del truciolo e utilizzando prodotti lubrorefrigeranti idonei.

Teoria

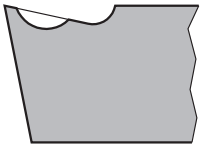
Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

Tipologie di usura

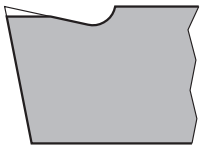
L'usura della superficie di spoglia viene creata dall'attrito tra il pezzo e il petto dell'utensile. L'ampiezza dell'usura V_B è la dimensione determinante per stabilire l'intervallo tra due affilature.



L'usura a cratere viene creata dall'attrito tra il truciolo e il petto dell'utensile. Il petto viene scavato dietro il tagliente. Il tagliente diviene quindi più debole e si rompe.



L'usura del petto viene anch'essa creata dall'attrito tra il truciolo e il petto dell'utensile. Diversamente dall'usura a cratere il deterioramento inizia già sul tagliente.



Causa dell'usura

La causa principale dell'usura, oltre allo sforzo totale di truciolatura, sono le temperature elevate che agiscono direttamente sul tagliente.

Intervallo tra due affilature

L'intervallo tra due affilature è il tempo che trascorre tra utensile nuovo, o riaffilato, e l'utensile usurato quindi da riaffilare. Nel caso di placchette intercambiabili, ruotate o sostituite. Se l'ampiezza dell'usura V_B diventa eccessiva, non è più possibile mantenere la rugosità superficiale o le misure richieste.

Il tempo tra due affilature può essere aumentato impiegando l'utensile con dati di taglio ottimali o raffreddando l'utensile, es. lubrorefrigeranti.

4. Cercate nella vostra azienda alcuni utensili usati. Osservate attentamente i loro taglienti con una lente d'ingrandimento. Cercate di stabilire le tipologie d'usura e di misurare l'ampiezza dell'usura. Annotate le vostre osservazioni.

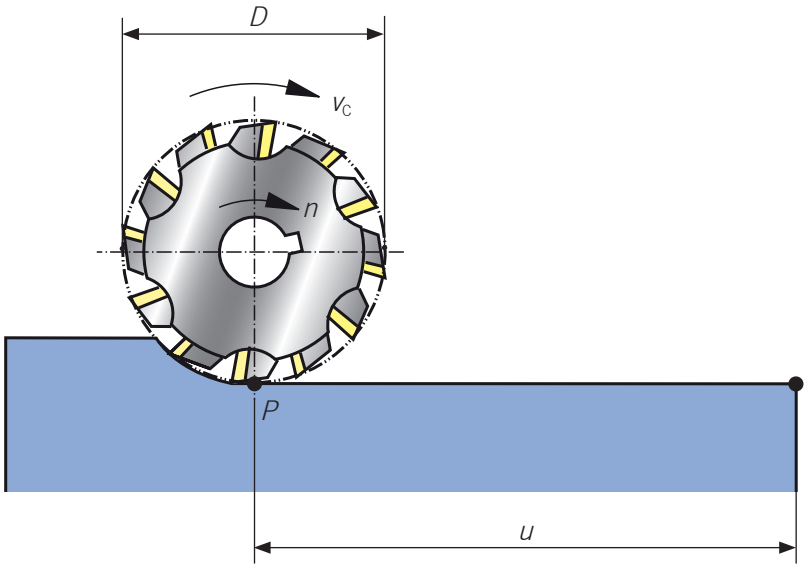
SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

Velocità di taglio

La velocità che muove il tagliente dell'utensile viene chiamata velocità di taglio. Nel caso si utilizzano metodi di lavorazione con utensili rotanti, es. Tornitura, fresatura, foratura, ecc., questa corrisponde alla velocità periferica del punto più esterno del tagliente. Per la lavorazione ad asportazione di truciolo la velocità di taglio è una delle grandezze più importanti. La velocità di taglio che occorre scegliere per la lavorazione dipende in primo luogo dal materiale del pezzo che occorre lavorare, nonche dal materiale del tagliente, es. HM, HSS, ecc. Essa tuttavia viene influenzata anche dalla sezione del truciolo, dal quantitativo del liquido refrigerante e dalla stabilità del pezzo e della macchina.

Grandezze, simboli



Segni convenzionali:

v_C:	Velocità di taglio	[m/min]
D:	Diametro	[mm]
n:	Numero di giri	[giri/min] o [min^{-1}]
π:	3,14	[–]
u:	Circonferenza = corsa del punto P per giro = $D \times \pi$	

Formula

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \qquad n = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Velocità di taglio per utensili HSS (valori indicativi, i valori possono essere anche notevolmente superiori)

Materiale da lavorare	Velocità di taglio [m/min] Sgrossatura	⇒	Finitura
Acciaio inferiore a 600 N/mm²	20	⇒	40
Acciaio superiore a 600 N/mm²	12	⇒	25
Acciaio inossidabile	8	⇒	16
Ghisa con grafite lamellare	15	⇒	25
Leghe di alluminio	60	⇒	100
Bronzo	15	⇒	60
Ottone	45	⇒	100

Per i valori esatti consultate i cataloghi dei fornitori di utensili.

SWISSMEM

Teoria

Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

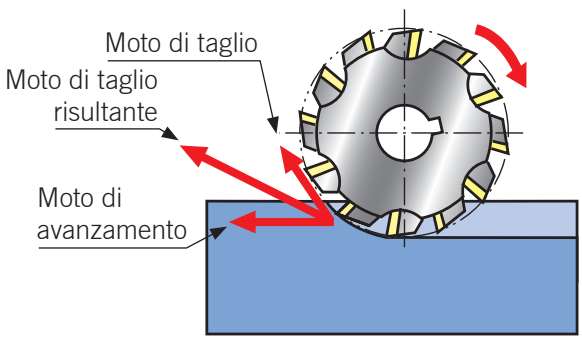
5. Completate la tabella.

Materiale	**Lavorazione**	**Velocità di taglio** [m/min]	**Diametro** [mm]	**Numero di giri** [giri/min]
Ottone	Sgrossatura	45	28	_____
Acciaio inossidabile	Sgrossatura	8	_____	509
Ghisa con grafite lamellare	Sgrossatura	_____	9,5	_____
Acciaio inferiore a 600 N/mm²	Finitura	40	_____	2122
Alluminio	Finitura	_____	6	_____
Bronzo	Finitura	60	_____	3183

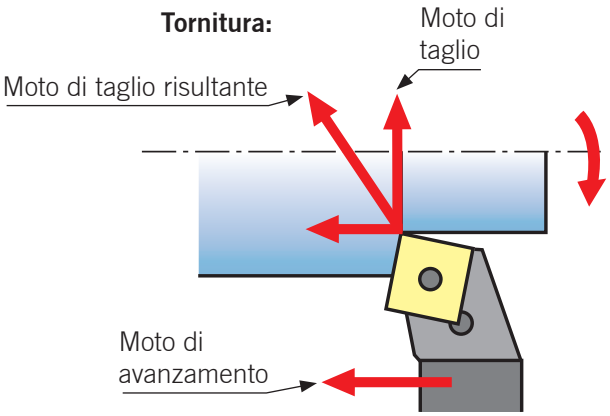
Procedure di movimento sulle macchine utensili

Affinché con le macchine utensili sia possibile ottenere l'asportazione di truciolo, sono sempre necessarie determinate procedure di movimento dell'utensile e, spesso, anche del pezzo.
Si distingue tra:
– **Moto di taglio**
– **Moto di avanzamento**
– Moto di avvicinamento
– Moto di avanzamento in profondità
– Regolazione della profondità di taglio

Fresatura:



Tornitura:



SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

Moto di taglio

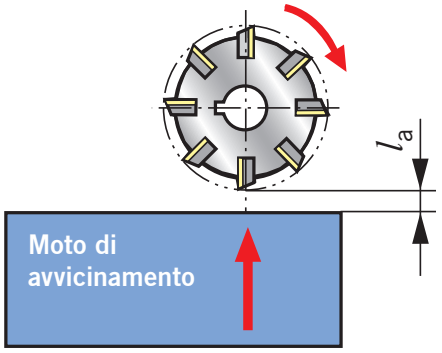
Il moto di taglio è il movimento tra il pezzo e il tagliente dell'utensile.

Moto di avanzamento

Con il moto di avanzamento l'utensile viene spinto verso il pezzo oppure il pezzo verso l'utensile.

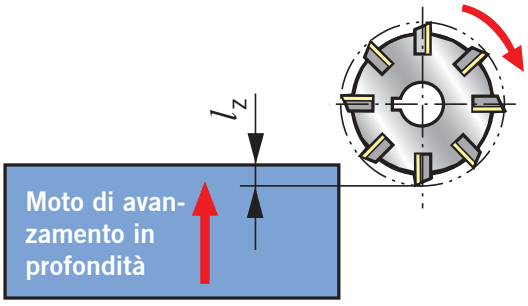
Moto di avvicinamento l_a

Con il moto di avvicinamento l'utensile e il pezzo vengono portati ad una certa distanza uno dall'altro, prima della fase di asportazione del truciolo. A seconda della macchina, il moto di avvicinamento può essere eseguito o con il pezzo e/o con l'utensile. .



Moto di avanzamento in profondità l_z

Con il moto di avanzamento in profondità viene stabilita in anticipo la profondità di taglio. Il moto di avanzamento in profondità (come il moto di avvicinamento) può essere eseguito sia con il pezzo sia con l'utensile sia con entrambi.



Durante il moto di avanzamento in profondità l'utensile non deve essere a contatto con il pezzo, cioè non deve verificarsi alcuna asportazione di truciolo.

Regolazione della profondità di taglio

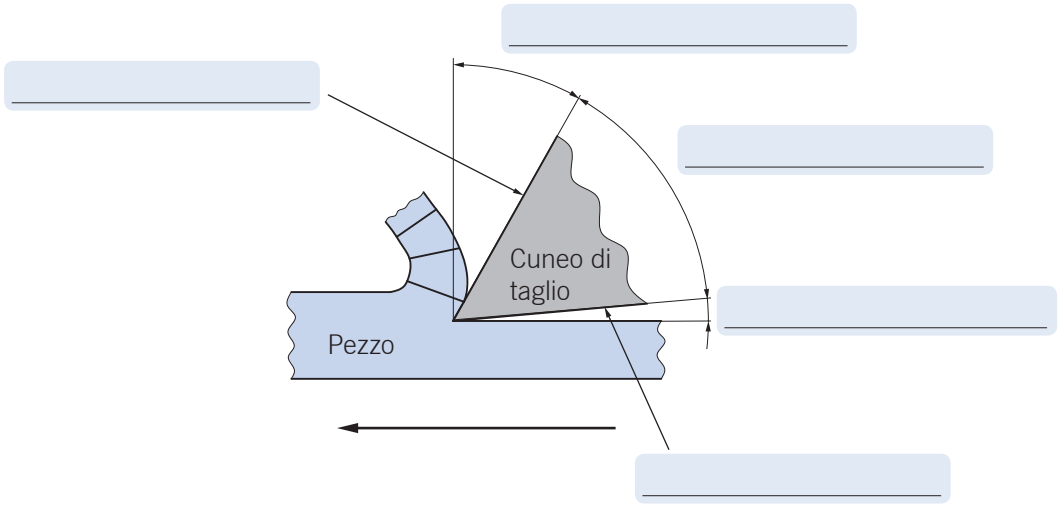
Con la regolazione della profondità di taglio si muove l'utensile verso il pezzo (o viceversa) e si imposta l'asportazione desiderata.

Verifica delle conoscenze

Nozioni di base sulla lavorazione ad asportazione di truciolo

Domande di verifica

1. Scrivete i dati mancanti.



2. Perché i trucioli continui lunghi sono sconvenienti?

3. Cosa s'intende per moto di taglio di un tornio?

4. Quali fattori determinano la formazione del truciolo?

5. Come potete ridurre l'usura del tagliente dell'utensile?

SWISSMEM

Attività

Materiali del tagliente II



– **Conoscere e determinare i materiali del tagliente**
– **Descrivere le differenze dei materiali del tagliente**

Domande di base



Annotazione:
Materiali del tagliente I
vedere Tecnica di
produzione manuale
pagina 51…54

1. Cosa si intende per materiali del tagliente?

2. In cosa consiste la differenza tra la lavorazione del legno e la lavorazione del vetro?

3. In passato avete mai avuto a che fare con punte "color oro". Perché queste punte sono di color oro?

4. Menzionate i requisiti dei taglienti dell'utensile.

SWISSMEM

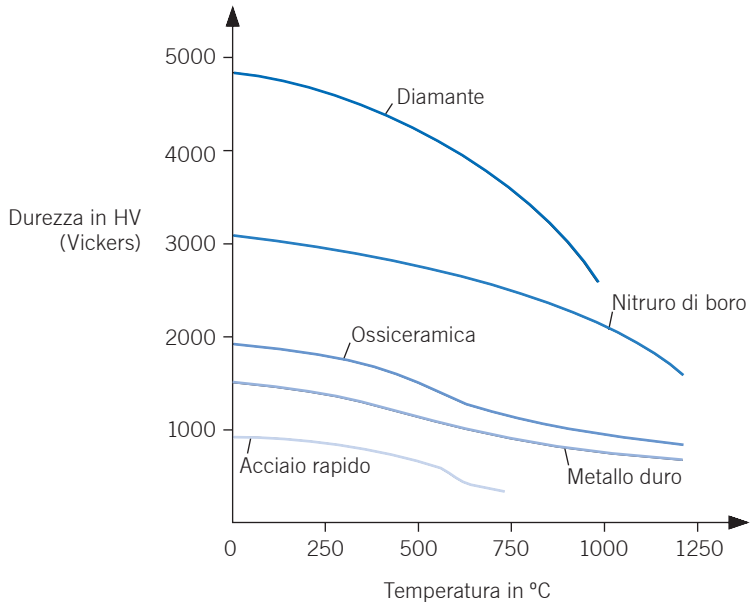
Teoria

Materiali del tagliente II

Requisiti dei materiali del tagliente

Nella lavorazione meccanica i taglienti dell'utensile sono esposti ad elevate sollecitazioni meccaniche e termiche. Pertanto i materiali del tagliente devono disporre delle seguenti proprietà:

– **Elevata durezza alle alte temperature**
La durezza del materiale del tagliente, anche alle elevate temperature, dovrebbe essere molto superiore alla durezza del materiale da lavorare.



– **Buona resistenza agli sbalzi termici**
Il materiale non deve formare fessure anche in caso di rapido cambiamento delle temperature di lavoro.

– **Elevata resistenza all'usura**
I materiali del tagliente devono possedere un elevato grado di resistenza contro l'ossidazione, la saldatura e la diffusione di particelle di materiale.

– **Elevata tenacità e resistenza alla flessione**
I taglienti dell'utensile devono sopportare carichi al piegamento alterni, o addirittura urti, senza danneggiarsi.

Metalli duri

I metalli duri sono materiali sinterizzati composti da materiali duri e leganti. I materiali duri determinano un incremento della resistenza all'usura e della durezza, i leganti aumentano la tenacità. La resistenza all'usura ottenuta con i metalli duri è ca. 40 volte maggiore di quella ottenuta con i taglienti HSS. Al contrario i metalli duri sono sensibili agli urti, ai colpi e agli improvvisi sbalzi di temperatura. In base alla composizione vengono distinti due tipi di metalli duri:

– Per i metalli duri **HW** viene utilizzato prevalentemente il carburo di tungsteno (WC) come materiale duro e il cobalto (Co) come legante.
– Per i metalli duri **HT** vengono impiegate miscele di carburo di titanio e carburo di tantalio (TiC, TaC) o nitriti (TiN, TaN) come materiali duri e una miscela di nichel (Ni), cobalto (Co) e molibdeno (Mo) come legante. Questi metalli duri vengono chiamati anche **Cermets** (ceramics + metals). I Cermets sono più duri e resistenti all'usura dei normali metalli duri (HW).
– I metalli duri rivestiti vengono indicati con **HC**.

SWISSMEM

Teoria

Materiali del tagliente II

Come materiali del tagliente i metalli duri vengono suddivisi in diversi gruppi di truciolatura conformemente alla norma ISO. I criteri adottati per tale suddivisione sono rappresentati dalla resistenza all'usura e dalla tenacità:

Gruppo principale/ sigla	Valori dei materiali del tagliente		Gruppi di truciolatura e d'applicazione		Valori della truciolatura	
			Materiale	Metodo di lavoro e condizioni di taglio		
P01	↑ Aumento della resistenza all'usura	↓ Aumento della tenacità	Acciaio, acciaio fuso	Tornitura e alesatura di precisione con elevate velocità di taglio e piccole sezioni del truciolo	↑ Aumento della velocità di taglio	↓ Aumento dell'avanzamento
P10			Acciaio, acciaio fuso, ghisa malleabile a truciolo lungo	Tornitura, fresatura, produzione di filetti; elevata velocità di taglio con sezioni del truciolo piccole e medie		
P20			Acciaio, acciaio fuso, ghisa malleabile a truciolo lungo	Tornitura, tornitura a copiare, fresatura; con velocità di taglio medie e sezioni del truciolo medie; piallatura con avanzamento piccolo		
P30			Acciaio, acciaio fuso con formazione di cavità d'attrito	Tornitura, piallatura e stozzatura con basse velocità di taglio e grandi sezioni del truciolo		
P40			Acciaio, acciaio fuso	Lavorazioni in condizioni di truciolatura sfavorevoli; possibilità di grandi angoli di spoglia superiore		
M10	↑ Aumento della resistenza all'usura	↓ Aumento della tenacità	Acciaio, acciaio fuso, ghisa, acciaio al manganese	Tornitura con velocità di taglio da medie a elevate e sezioni del truciolo da piccole a medie	↑ Aumento della velocità di taglio	↓ Aumento dell'avanzamento
M20			Acciaio, acciaio fuso, ghisa, acciaio austenitico	Tornitura e fresatura; con velocità di taglio medie e sezioni del truciolo medie		
M30			Acciaio, ghisa, leghe ad elevata resistenza termica	Tornitura, fresatura, piallatura, con velocità di taglio medie e sezioni del truciolo da medie a elevate		
M40			Acciaio automatico, metalli non ferrosi, metalli leggeri	Tornitura, troncatura, soprattutto su macchie utensili automatiche		
K01	↑ Aumento della resistenza all'usura	↓ Aumento della tenacità	Ghisa dura, leghe Al-Si, termoindurenti	Tornitura, pelatura, fresatura, raschiettatura	↑ Aumento della velocità di taglio	↓ Aumento dell'avanzamento
K10			GJL HB ≥ 220, acciaio duro, roccia, ceramica	Tornitura, tornitura interna, fresatura, alesatura, brocciatura, raschiettatura		
K20			GJL HB ≤ 220, metalli non ferrosi	Tornitura, fresatura, piallatura, tornitura interna; se è necessaria una grande tenacità del materiale del tagliente		
K30			Acciaio, ghisa, bassa durezza	Tornitura, fresatura, piallatura, stozzatura, fresatura di sedi; possibilità di grandi angoli di spoglia superiore		
K40			Metalli non ferrosi, legno	Lavorazione con grandi angoli di spoglia superiore		

La maggior parte delle tipologie di metalli duri dei produttori di utensili sono **tipologie multisettore**. Possono cioè essere impiegate per differenti materiali in diversi gruppi di truciolatura. Nei cataloghi dei produttori sono presenti di norma delle tabelle che riportano quali qualità sono indicate per i diversi gruppi di truciolatura:

Qualità[1]	Gruppo di truciolatura ISO					
		10	20	30	40	50
GC4025	P		•	•		
	M					
	K		•	•		
GC435	P		•	•	•	
	M					
	K			•	•	
GC235	P			•	•	•
	M			•	•	
	K					

[1] Questi dati dipendono dal produttore.

SWISSMEM

Teoria

Materiali del tagliente II

Normalmente nella documentazione dei produttori è anche possibile trovare delle tabelle nelle quali ciascun materiale viene abbinato al rispettivo gruppo di truciolatura. In questo modo sarete in grado di scegliere per ciascun materiale la qualità di metallo duro appropriata.

1. Scegliete dal catalogo di un produttore la qualità di metallo duro per la lavorazione dell'acciaio inossidabile (X12CrNiS18 - 8).

Ceramica da taglio

La ceramica da taglio è un materiale sinterizzato ottenuto mediante legami chimici di metalli e non metalli. La ceramica è più dura, termoresistente e resistente all'usura del metallo duro. Vengono distinte tre qualità:

– **Ossiceramica**
  È composta sostanzialmente da ossido di alluminio (Al_2O_3).

– **Ceramica mista**
  Viene prodotta con ossido di alluminio e materiali duri metallici, come il carburo di titanio.

– **Ceramica di nitruro**
  È composta sostanzialmente da nitruro di silicio (Si_3N_4).

Nitruro di boro

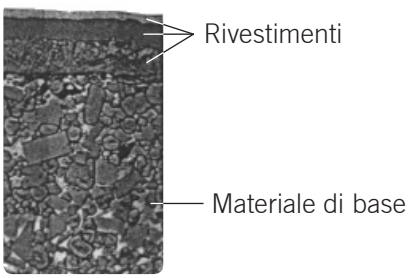
Nitruro cubico di boro (CBN) è un materiale da taglio ceramico estremamente resistente alle alte temperature.

Diamante

Il diamante è il materiale da taglio più duro in assoluto, ma è anche il più caro. Non viene mai utilizzato il diamante naturale, bensì un **diamante policristallino prodotto in modo sintetico (PCD)**.

Rivestimenti

Con un rivestimento è possibile aumentare ulteriormente la resistenza all'usura degli utensili HSS e in metallo duro. Vengono prevalentemente realizzati strati multipli di materiale duro composti da nitruro di titanio (TiN), carburo di titanio (TiC), carbonitruro di titanio (TiCN) o ossido di alluminio (Al_2O_3). I singoli strati raggiungono uno spessore compreso tra 5 µm e 10 µm.



I rivestimenti consentono di incrementare la durezza di taglio senza che venga perduta la tenacità del materiale di base. Con gli utensili HSS ciò consente un aumento della durezza in misura superiore al 100% a parità di sensibilità agli urti (tenacità).

Teoria

Materiali del tagliente II

I colori dipendono dal produttore!

Colori dei rivestimenti:

– Utensili HSS con rivestimento TiN:	oro
– Utensili HSS con rivestimento TiCN:	grigio scuro, marrone
– Utensili in metallo duro con rivestimento TiN o TiCN:	oro
– Utensili in metallo duro con rivestimento Al_2O_3:	grigio

Metodi di rivestimento:
Rivestimento **PVD** (Physical Vapor Deposition) e **CVD** (Chemical Vapor Deposition).

Scelta dei materiali del tagliente

Valore indicativo per la scelta dei materiali del tagliente		
Materiali del tagliente	Proprietà	Velocità di taglio in m/min
Acciai super rapidi (HSS)	Tenace, temperatura di taglio fino a 600 °C	20 … 200
Metallo duro (HM)	Duro, sensibile agli urti, Temperatura di taglio fino a 900 °C	60 … 500
Materiali del tagliente ceramici	Estremamente duri e resistenti all'usura, molto sensibili agli urti, temperatura di taglio fino a 1200 °C	100 … 1600

Rivestimento del HSS:
Gli utensili per tornitura e fresatura possono essere impiegati per la lavorazione di quasi tutti i materiali.

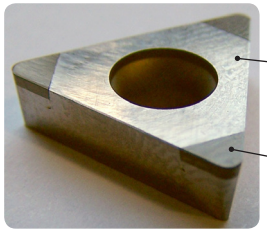
Metallo duro:
Placchette intercambiabili per utensili di alesatura, tornitura e fresatura o punte e frese in metallo duro integrale che sono indicate per pressoché tutti i materiali.

Ossiceramica:
Placchette intercambiabili per utensili di tornitura, per la lavorazione di ghisa a grafite sferoidale (GJS), leghe di titanio o acciai altolegati.

Ceramica mista:
Placchette intercambiabili per utensili di tornitura che possono essere impiegate per la lavorazione di acciai temprati, acciai ad alta resistenza a caldo (ad es. X32CrMoV33) o ghisa con grafite sferoidale.

Ceramica di nitruro:
Placchette intercambiabili per utensili di tornitura e fresatura per la lavorazione di ghisa con grafite sferoidale.

CBN:
Placchette intercambiabili in metallo duro dotate di CBN di utensili per tornitura e fresatura che possono essere impiegate per la lavorazione di acciai temprati, ghise temprate o ghisa con grafite sferoidale.



PCD:
Placchette in metallo duro dotate di PCD per la lavorazione di metalli non ferrosi (ad es. alluminio) o materiali non metallici. Con il diamante **non** è ammessa la lavorazione dell'acciaio.

SWISSMEM

Teoria

Materiali del tagliente II

Avvertenze pratiche:

– Quanto più duro è il materiale del tagliente, tanto maggiore sarà la sua fragilità. La ceramica da taglio, il nitruro di boro e il diamante sono sì molto duri, ma per questo motivo sono anche molto sensibili agli urti.
– I rivestimenti incrementano la durezza di tagliente e la resistenza all'usura, senza ridurre la tenacità del materiale del tagliente.
– L'impiego di ceramica da taglio, nitruro di boro e diamante è possibile solo su macchine resistenti e potenti (potenza di azionamento, gamma dei numeri di giri).
– La scelta del materiale del tagliene è decisiva, bisogna tenere in considerazione il rapporto rendimento/ prezzo, visto il costo degli utensili, quindi, se c'è la possibilita, tenere in considerazione le diverse alternative di scelta. Affinchè siate in grado di eseguire questo calcolo, occorre che affrontiate i **moduli "Dati tecnologici tornitura e fresatura"**.

Domande di verifica

1. Come vengono distinti gli acciai per utensili?

2. Cosa si intende per HSS?

3. Quali proprietà devono possedere i materiali del tagliente?

4. Quale materiale del tagliente scegliete per la lavorazione di:

Acciaio inossidabile

Acciaio per costruzioni

5. Cosa si ottiene rivestendo gli utensili HSS?

6. Quali materiali del tagliente vengono impiegati nella vostra azienda? Per quali applicazioni tipiche vengono utilizzati?

SWISSMEM

Attività

Materiali lubrorefrigeranti

– **Distinguere i materiali lubrorefrigeranti e spiegarne l'utilizzo**

Domande di base

1. Quali esperienze avete fatto fino ad oggi con i materiali lubrorefrigeranti?

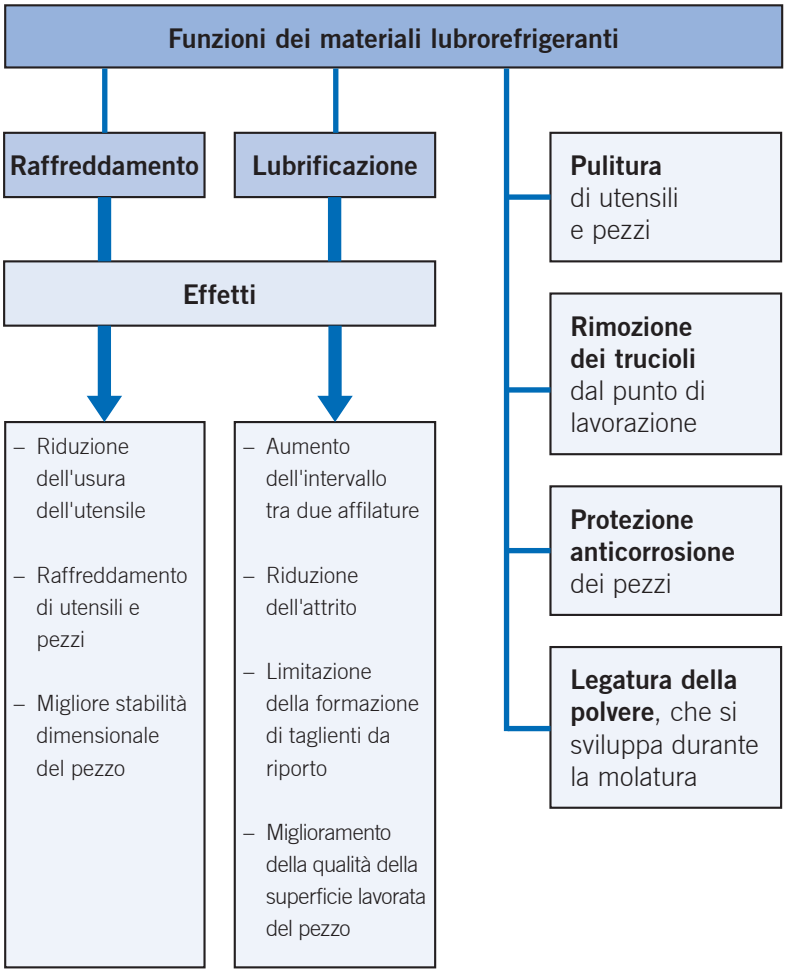
2. Cosa si intende per manutenzione dei materiali lubrorefrigeranti?

3. Come tenete a magazzino i materiali lubrorefrigeranti nella vostra azienda?

Teoria

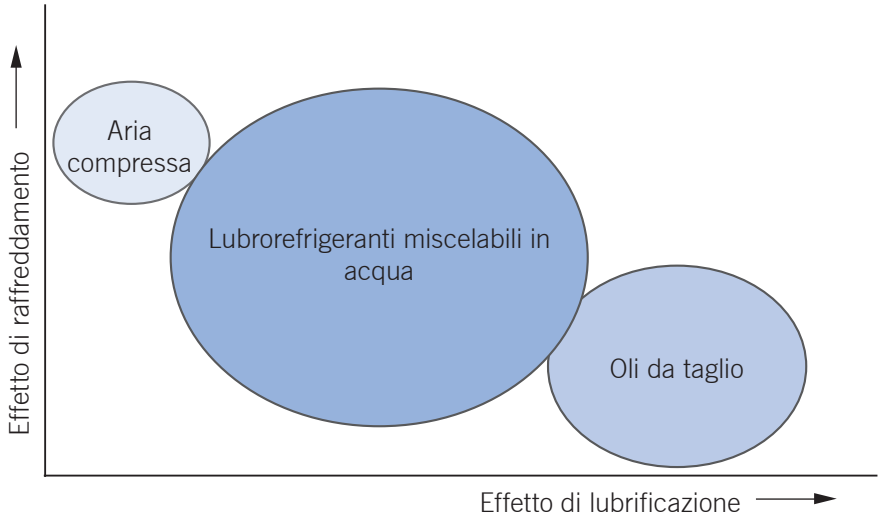
Materiali lubrorefrigeranti

Funzioni dei materiali lubrorefrigeranti



Tipi di materiali lubrorefrigeranti

I materiali lubrorefrigeranti possono essere suddivisi in tre gruppi principali:
– Oli da taglio
– Lubrorefrigeranti miscelabili in acqua
– Aria compressa



SWISSMEM

Teoria

Materiali lubrorefrigeranti

Emulsioni di raffreddamento



Le emulsioni di raffreddamento hanno in primo luogo la funzione di raffreddare. Devono dissipare il più rapidamente possibile il calore prodotto dalla truciolatura. Poiché l'acqua assorbe il calore circa il doppio dell'olio minerale, l'olio viene utilizzato in emulsioni acquose. All'acqua vengono aggiunti oli idrosolubili per ottenere comunque un'azione lubrificante. Esistono emulsioni di raffreddamento contenenti oli minerali ed emulsioni di raffreddamento prive di oli minerali. Quelle contenenti oli minerali sono di color bianco latte. Quelle prive di oli minerali sono trasparenti e quasi limpide.
Le emulsioni di raffreddamento vengono utilizzate per i metodi di lavorazione con
– **elevata sollecitazione termica dei taglienti dell'utensile** e
– **elevata velocità di taglio**.

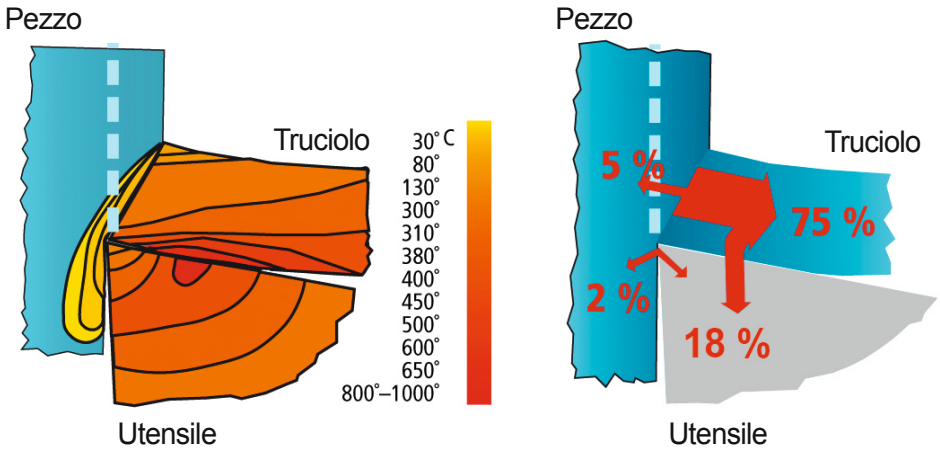
Oli da taglio



Gli oli da taglio hanno in primo luogo la funzione di lubrificare. Questi evitano l'attrito tra il truciolo e il petto nonché tra il pezzo e la superficie di spoglia dell'utensile. In questo modo viene limitata l'usura e viene migliorata la qualità della superficie del pezzo. Gli oli da taglio non sono idrosolubili.
Gli oli da taglio vengono utilizzati per i metodi di lavorazione con
– **elevate pressioni di taglio** e
– **bassa velocità di taglio**.

Distribuzione del calore

Normalmente in un processo di lavorazione occorre sia raffreddare sia lubrificare.



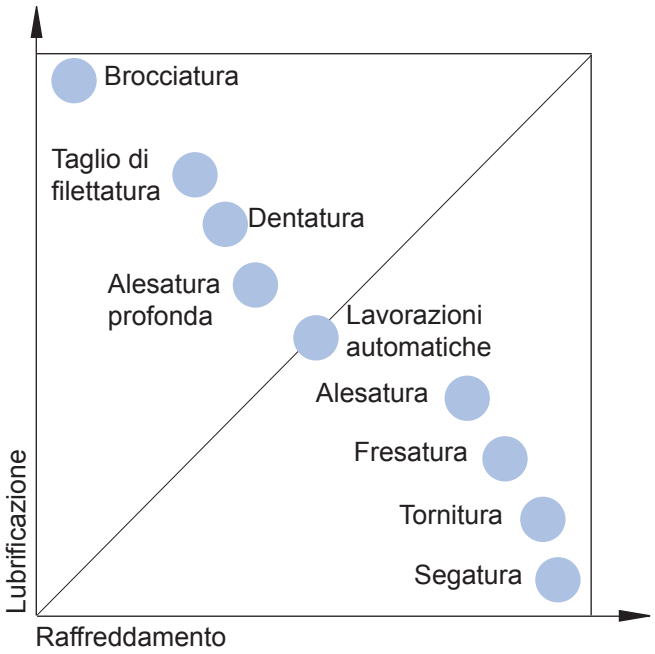
Teoria

Materiali lubrorefrigeranti

1. Cosa ottenete utilizzando molto materiale lubrorefrigerante durante la lavorazione?

Scelta

La scelta del lubrorefrigerante dipende dalla pressione di taglio, dalla velocità di taglio e dal materiale da lavorare.



Avvertenze pratiche:
I materiali in ghisa possono essere lavorati a secco, cioè senza impiego di lubrorefrigeranti. Da un lato la grafite combinata nel materiale ha un effetto lubrificante, dall'altro la polvere di grafite liberata dalla lavorazione sporca fortemente l'emulsione.
Gli utensili in metallo duro devono essere raffreddati adeguatamente (forte getto di lubrorefrigerante direttamente sulla superficie di truciolatura). Diversamente, rinunciate all'impiego dei lubrorefrigeranti.
Orientate il getto del refrigerante in modo tale che l'emulsione di raffreddamento giunga direttamente sulla superficie di truciolatura.

SWISSMEM

Teoria

Materiali lubrorefrigeranti

Manutenzione

Con la cura corretta dei prodotti lubrorefrigeranti è possibile ottenere un aumento della loro durata utile. In questo modo si tutela l'ambiente e si abbassano i costi di smaltimento e riacquisto.
Durante la lavorazione, trucioli, materiale abrasivo e oli esterni (olio di trafilamento della lubrificazione della macchina o del circuito idraulico, olio anticorrosione dei pezzi) giungono nel lubrorefrigerante. Soprattutto l'olio e i solventi influiscono negativamente sulla lubrorefrigerazione. Ciò può causare anche la formazione di funghi e la proliferazione batterica. L'emulsione diviene inutilizzabile. Effettuando gli interventi di riparazione, manutenzione e pulizia prestate molta attenzione, evitare che solventi e oli giungano nel serbatoio del lubrorefrigerante. L'emulsione, tra l'altro, è anche un ottimo detergente per le macchine. Dopo un periodo di fermo prolungato della macchina, ad esempio dopo il finesettimana, l'olio estraneo galleggia sull'emulsione ed è quindi possibile aspirarlo. Sulle macchine utensili moderne, nel circuito sono spesso integrati sistemi di purificazione del liquido lubrorefrigerante, con separatore magnetico, filtri, vasche di sedimentazione e separatori d'olio.

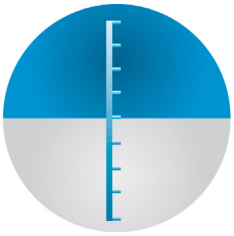
Concentrazione delle emulsioni

È possibile variare il rapporto di miscelazione dell'acqua e dell'olio a seconda dell'effetto lubrificante desiderato. Poiché l'acqua evapora durante il raffreddamento, la concentrazione di olio aumenta progressivamente. È quindi importante controllare la concentrazione ad intervalli di tempo regolari.
Il controllo viene effettuato utilizzando un rifrattometro. Una goccia di emulsione di raffreddamento viene "bloccata" tra il prisma e la piastrina di incidenza della luce. Osservando in controluce è possibile leggere la concentrazione su una scala. Per informazioni dettagliate potete consultare le istruzioni di impiego del vostro rifrattometro.

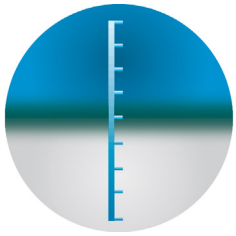
Rifrattometro



Emulsione fresca e pulita



Emulsione resa impura da olio estraneo o regolata in modo errato



Una linea sfumata sul rifrattometro indica la presenza di olio estraneo o oppure un errore di miscelazione dell'emulsione.

In caso di concentrazione eccessiva (troppo olio), per diluirla versate un'emulsione avente percentuali inferiori. Non utilizzate mai solo acqua, pericolo di corrosione!

Danni alla pelle

Le emulsioni di raffreddamento possono causare malattie della pelle e allergie.
Proteggersi da questi pericoli
– applicando sulle mani speciali creme protettive prima di iniziare il lavoro;
– lavando accuratamente le mani dopo il lavoro e applicando una crema lenitiva;
– curando correttamente il lubrorefrigerante. I lubrorefrigeranti infestati da funghi e batteri sono particolarmente pericolosi..

Verifica delle conoscenze

Materiali lubrorefrigeranti

Domande di verifica

1. Su cosa orientate direttamente il getto del liquido lubrorefrigerante?

2. Dovete rabboccare il lubrorefrigerante sulla vostra macchina utensile. A cosa dovete prestare particolare attenzione?

3. Vi accorgete che il lubrorefrigerante ha un cattivo odore. Quali possono essere le cause?

4. Per quale motivo le emulsioni contengono additivi?

5. Quanto maggiore è il carico dell'utensile tanto maggiore sarà …

6. I prodotti lubrorefrigeranti possono essere gestiti in funzione del volume o della pressione. Quali sono i vantaggi:

Elevata pressione?

Elevato volume?

Attività

Tutela ambientale e smaltimento

– Smaltire i rifiuti in modo ecocompatibile

Domande di base

1. Quale contributo fornite per la tutela ambientale?

2. Cosa si intende per riciclaggio?

3. Come vengono smaltiti i veicoli vecchi?

4. Quali sostanze nocive possono essere sviluppate durante la lavorazione ad asportazione di truciolo?

Teoria

Tutela ambientale e smaltimento

Introduzione

Ove possibile dovrebbero essere impiegati solo materiali e prodotti ausiliari che non siano nocivi alla salute e che possano essere prodotti, lavorati e smaltiti senza arrecare danni all'ambiente.

Se arrechiamo danni all'ambiente, danneggiamo noi stessi.

Per proteggere il nostro ambiente, maneggiando le sostanze inquinanti dobbiamo prestare attenzione a quanto segue:
– Evitare quanto più possibile le sostanze inquinanti
– Limitarne le quantità
– Utilizzare più volte i materiali
– Smaltire i residui correttamente

1. In un'azienda vengono prodotte anche sostanze inquinanti. Indicate che sostanza dannosa rappresentano le foto sottostanti.





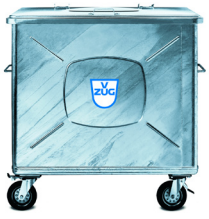














Teoria

Tutela ambientale e smaltimento

Raccolta differenziata

Nel corso dei processi di lavorazione si generano residui di materiale, ad es. trucioli, scarti dello stampaggio, residui di fonderia e scarti. Questo rottame metallico viene raccolto separatamente in funzione del tipo di materiale. Ciò vale particolarmente per l'alluminio e il rame. In virtù della rilavorazione (riciclaggio) vengono prodotti dei nuovi materiali.





Teoria

Tutela ambientale e smaltimento

Smaltimento dell'olio sausto e dei materiali di raffreddamento

I materiali lubrorefrigeranti sono inquinanti. Devono essere smaltiti separatamente. Potete fornire un importante contributo alla tutela dell'ambiente
– riducendo, attraverso la cura opportuna, la quantità di prodotti lubrorefrigeranti che devono essere smaltiti
– stoccando e smaltendo correttamente i prodotti lubrorefrigeranti
– stoccando correttamente i prodotti lubrorefrigeranti nuovi
– smaltendo separatamente i prodotti lubrorefrigeranti e gli oli esausti (con risparmio sui costi).



Domande di verifica

1. Perché i trucioli e i residui di materiale devono essere smaltiti separatamente?

2. Come vengono raccolti e smaltiti nella vostra azienda il materiale e i prodotti ausiliari?

3. Come vengono smaltiti nella vostra azienda i trucioli contenenti olio?

SWISSMEM

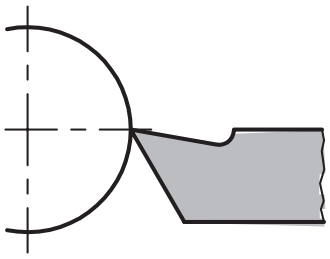
Attività

Dati tecnologici "Tornitura"

– Menzionare la geometria di taglio sugli utensili per tornitura in HSS e in metallo duro
– Stabilire i dati di taglio di utensili per tornitura in HSS e in metallo duro
– Regolare i numeri di giri, gli avanzamenti e le profondità di truciolatura su torni.

Domande di base

1. Nella tecnica di produzione manuale, come ad esempio nel caso della foratura, avete acquisito dimestichezza con termini quali angolo di spoglia inferiore, angolo di spoglia superiore e angolo di taglio. Disegnate questi angoli nell'illustrazione.



2. Menzionate i fattori che determinano sostanzialmente la velocità di taglio.

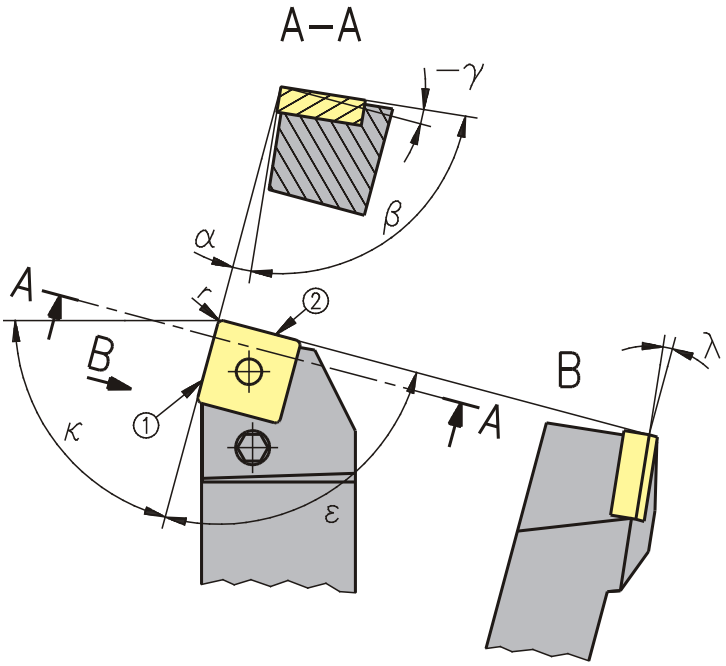
3. Scrivete la formula per il calcolo del numero di giri.

SWISSMEM

Teoria

Dati tecnologici "Tornitura"

Geometria di taglio con gli utensili per tornitura



① Tagliente principale
② Tagliente secondario
α Angolo di spoglia inferiore
β Angolo di taglio
γ Angolo di spoglia superiore
ε Angolo placchetta
κ Angolo di registrazione
λ Angolo d'inclinazione
r Raggio placchetta

Il **tagliente principale** ① è rivolto nella direzione d'avanzamento ed assolve principalmente il compito di truciolatura.

Il **tagliente secondario** ② partecipa solo in misura limitata all'asportazione di truciolo.

L'**angolo di spoglia inferiore** α (Alfa) determina una riduzione dell'attrito tra utensile e pezzo. In questo modo vengono limitati anche lo sviluppo di calore e l'usura. Per i materiali duri deve essere scelto un angolo di spoglia inferiore piccolo (~ 6°), mentre per i materiali dolci deve essere scelto un angolo di spoglia inferiore maggiore (~ 10°).

Un grande **angolo di spoglia superiore** γ (Gamma) consente un facile scorrimento del truciolo. Questo però determina anche un **angolo di taglio** β (Beta) piccolo, il quale riduce la stabilità del tagliente. Pertanto i grandi angoli di spoglia superiore sono indicati solo per i materiali dolci e plastici.
Un angolo di spoglia superiore piccolo o addirittura negativo determina un tagliente molto stabile ed è quindi indicato per i materiali duri e fragili. Poiché con un angolo di spoglia superiore piccolo il truciolo viene più tranciato che tagliato, ne risultano elevate forze di taglio ed è necessaria un'elevata potenza di azionamento.

L'angolo di spoglia inferiore e l'angolo di taglio insieme formano l'**angolo di lavoro** δ (Delta). L'angolo di lavoro e l'angolo di spoglia superiore sommati formano un angolo di 90°.

SWISSMEM

Teoria

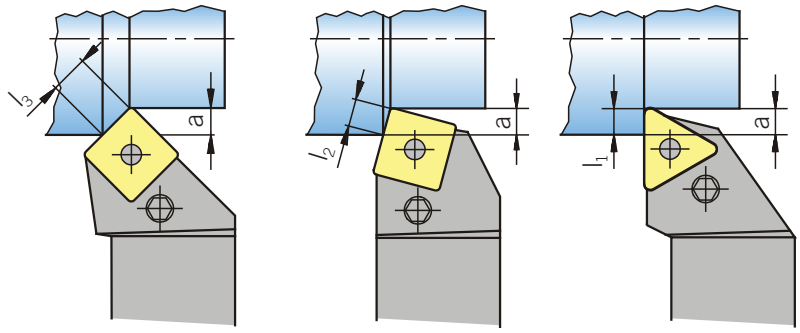
Dati tecnologici "Tornitura"

Nella seguente tabella trovate i **valori indicativi** per gli angoli di taglioper gli utensili in HSS e in metallo duro. Questi valori indicativi non valgono per gli utensili con placchette intercambiabili, poiché in questo caso la maggior parte dei materiali viene lavorata con angoli simili.

Materiale	Angolo di spoglia inferiore α		Angolo di spoglia superiore γ	
	HSS	HM	HSS	HM
Acciaio fino a 500 N/mm²	8°	6 ... 8°	20°	14 ... 16°
Acciaio oltre 500 N/mm²	8°	6 ... 8°	14°	10 ... 12°
Ghisa con grafite lamellare	8°	6 ... 8°	6°	2 ... 4°
Ottone	8°	6°	0 ... 3°	8°
Bronzo	6°	6°	7°	8°
Alluminio	8°	8°	25 ... 35°	20 ... 25°

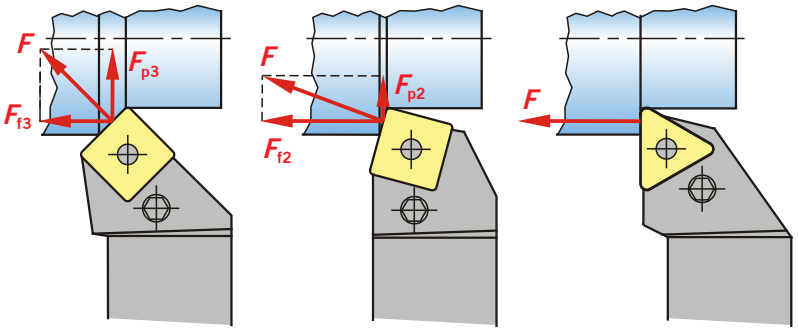
L'angolo placchetta ε (Epsilon) si trova tra il tagliente principale e il tagliente secondario. Misura di norma un valore compresa tra 35° e 90°. Quanto maggiore è l'angolo placchetta, tanto più stabile diviene il tagliente e tanto minore risulterà il pericolo di rottura.

L'angolo tra il tagliente principale e l'asse del pezzo è **l'angolo di registrazione** κ (Kappa). Generalmente l'angolo di registrazione misura un valore compreso tra 45° e 107,5°. Se, a parità di profondità di taglio, viene ridotto l'angolo di registrazione, aumenta la lunghezza d'azione del tagliente principale.



$l_3 > l_2 > l_1$

Una grande lunghezza d'azione del tagliente principale determina una migliore distribuzione delle sollecitazione causate dal taglio e un migliore dissipamento del calore. Pertanto per i lavori di sgrossatura dovrebbero essere scelti angoli di registrazione piccoli. D'altro canto, un angolo di registrazione piccolo origina una grande forza trasversale rispetto all'asse di rotazione (forza passiva F_p). In caso di alberi lunghi e sottili sussiste pertanto il pericolo che l'albero si fletta.



$F_{p3} > F_{p2} > F_{p1}$

Per la tornitura di alberi lunghi e sottili scegliete quindi un angolo di registrazione di ~ 90°.

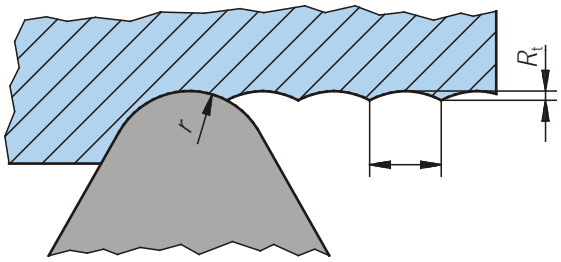
Teoria

Dati tecnologici "Tornitura"

L'**angolo d'inclinazione** λ (Lambda) può essere sia positivo che negativo. È negativo se il tagliente principale si abbassa verso il pezzo. Un angolo d'inclinazione negativo determina una riduzione del carico sullo spigolo del tagliente. Pertanto è particolarmente adatto in caso di grandi sollecitazioni, che si presentano nella sgrossatura o con taglio interrotto. L'angolo d'inclinazione positivo, al contrario, viene impiegato prevalentemente per la finitura.

Il **raggio placchetta *r*** influisce in modo decisivo sulla stabilità del taglio e sulla qualità della superficie ottenibile. Un ampio raggio garantisce un bordo di taglio stabile e consente un avanzamento elevato. Se tuttavia sussiste il pericolo di vibrazioni, il raggio placchetta deve essere ridotto. La qualità teorica risultante (rugosità R_t) può essere calcolata dall'avanzamento f e dal raggio placchetta r.

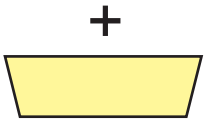
$$R_t = \frac{f^2}{8 \cdot r}$$



Geometria delle placchette intercambiabili

La geometria delle placchette intercambiabili può essere sia positiva sia negativa.





– Affinché con le placchette negative si origini un angolo di spoglia inferiore, queste devono essere fissate in un portautensile/portaplacchette con angolo di spoglia superiore e angolo di registrazione negativi ($\gamma < 0°$ e $\lambda < 0°$).

– Poiché le superfici piane superiore ed inferiore hanno le stesse dimensioni, per la truciolatura possono essere utilizzate fino a 8 bordi di taglio.
– Bordi di taglio su entrambi i lati

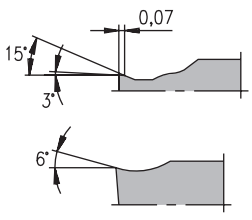
– Le placchette negative necessitano di un'elevata potenza di azionamento, tuttavia sono estremamente stabili e, pertanto, sono particolarmente indicate per la sgrossatura.

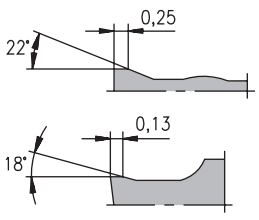
– Le placchette positive hanno un angolo di spoglia inferiore di ~ 7° e vengono fissate in portautensile/portaplacchette neutri o positivi ($\gamma \geq 0°$ e $\lambda \geq 0°$).

– Con le placchette intercambiabili positive sono disponibili solo 4 bordi di taglio per la truciolatura.
– Bordo di taglio su un solo lato

– Le placchette positive facilitano lo scorrimento dei trucioli e con esse si presentano forze di taglio contenute. Pertanto sono molto indicate per la finitura.

La geometria del bordo di taglio dipende dal relativo produttore. È tuttavia comune a tutti il rinforzo del bordo di taglio per le grandi forze di taglio.





Teoria

Dati tecnologici "Tornitura"

Velocità di taglio

L'entità della **velocità di taglio** v_c dipende essenzialmente dai seguenti fattori:
– Materiale del tagliente dell'utensile
– Materiale del pezzo
– Stabilità/potenza della macchina
– Intervallo desiderato tra due affilature
– Avanzamento desiderato (sgrossatura/finitura)

$$v_C = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

v_C = velocità di taglio in m/min
D = diametro pezzo in mm
n = numero di giri in min^{-1}
π = 3.141

Per stabilire la velocità di taglio dovete orientarvi in funzione dei dati forniti dal costruttore dell'utensile. I seguenti valori devono essere considerati solo come dati indicativi.

Valori indicativi per la velocità di taglio v_c in m/min

	Materiale del tagliente	Materiale									
		Acciaio fino a 600 N/mm²		Acciaio fino a 800 N/mm²		Acciaio fino a 1200 N/mm²		Ghisa con grafite lamellare		Leghe di alluminio	
		Sgrossatura	Finitura	Sgrossatura	Finitura	Sgrossatura	Finitura	Sgrossatura	Finitura	Sgrossatura	Finitura
Tornitura	HSS senza rivestimento	35	75	30	50	20	35	20	40	160	250
	HSS TiN/TiCN	75	95	65	80	55	70	60	80	200	280
	HM senza rivestimento	120	190	95	145	60	100	70	130	250	400
	HM con rivestimento	250	400	175	260	140	220	175	250	550	820
	Cermet	380	550	210	320	190	280	25	330	...	...

I valori proposti nelle tabelle valgono normalmente per un **intervallo tra due affilature** ***T*** di 15 min e buone condizioni di lavoro. Se desiderate un intervallo tra due affilature maggiore o se le condizioni di lavoro non sono ottimali, i valori delle tabelle devono essere moltiplicati per il **fattore di correzione**.

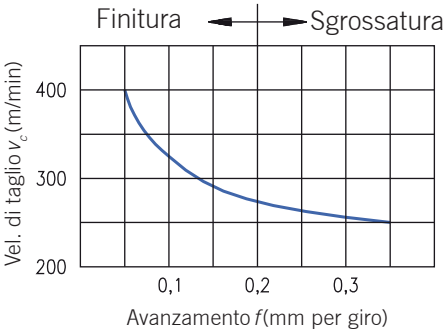
Esempio:

Dovete rimuovere la superficie di un pezzo in ghisa con grafite lamellare e desiderate raggiungere un intervallo tra due affilature di 30 min. Come materiale del tagliente scegliete un metallo duro rivestito. La velocità di taglio della tabella é 175 m/min. Il fattore di correzione per l'intervallo tra due affilature è pari a 0,8 e quello per la superficie è 0,8. Ne risulta la seguente velocità di taglio v_C:

175 m/min × 0,8 × 0,8 = **112 m/min**

Condizione	Fattore
Intervallo tra due affilature 30 min	0,8
Intervallo tra due affilature 60 min	0,6
Superficie risultante da forgiatura, laminazione o fusione	0,8
Taglio interrotto	0,7
Tornitura interna	0,9
Macchina non stabile	0,8

La velocità di taglio deve essere scelta in funzione dell'avanzamento desiderato.
Se viene scelto un **avanzamento maggiore** (*f*) (sgrossatura), deve essere anche scelta una **velocità di taglio bassa** (v_C). Per la finitura occorre scegliere un avanzamento basso, ma una velocità di taglio elevata.



SWISSMEM

Teoria — Dati tecnologici "Tornitura"

Placchette intercambiabili per lavorazioni al tornio generali

Codice numero di ordinazione

C	N	M	G	12	04	08	–			–	PF
1	2	3	4	5	6	7		8	9		12

C	N	M	G	12	04	08	–	T	010	20
1	2	3	4	5	6	7		8	10	11

1 Forma placchetta

C	80°	D	55°
K	55°	R	
S		T	
V	35°	W	80°

2 Angolo di spoglia inferiore tagliente principale

B	5°	C	7°
E	20°	N	0°
P	11°	O	Altri angoli di spoglia inferiori

4 Tipo di placchetta intercambiabile

A		Q	
G		R	
M		T	
N		W	
P		X	Versione speciale

3 Tolleranze ± per *s* e *iC*/*iW*

Classe	*s*	*iC* / *iW*
G	±0.13	±0.025
M	±0.13	±0.05 – ±0.15 [1]
U	±0.13	±0.08 – ±0.25 [1]
E	±0.025	±0.025

[1] Varia in base alla grandezza di *iC*. Vedere sotto.

Cerchio inscritto *iC* mm	Classe di tolleranza M	U
3.97 5.0 5.56 6.0 6.35 8.0 9.525 10.0	±0.05	±0.08
12.0 12.7	±0.08	±0.13
15.875 16.0 19.05 20.0	±0.10	±0.18
25.0 25.4	±0.13	±0.25
31.75 32.0	±0.15	±0.25

5 Dimensione placchetta intercambiabile = lunghezza tagliente, /mm

iC mm	*iC* pollice	C	D	R	S	T	V	W	K
3.18	1/8"					05			
3.97	5/32"					06			
5.0				05					
5.56	7/32"					09			
6.0				06					
6.35	1/4"	06	07			11	11		
8.0				08					
9.525	3/8"	09	11	09	09	16	16	06	16 *)
10.0				10					
12.0				12 [1]					
12.7	1/2"	12	15	12 [2]	12	22	22	08	
15.875	5/8"	16		15	15	27			
16.0				16					
19.05	3/4"	19		19	19	33			
20.0				20					
25.0				25 [1]					
25.4	1"	25		25 [2]	25				
31.75				31					
32				32					

*) Per la forma K (KNMX, KNUX) della placchetta intercambiabile è indicata solo la lunghezza del tagliente

[1] Versione metrica

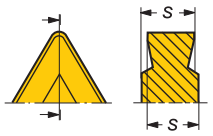
[2] Versione in pollici

SWISSMEM

Teoria — Dati tecnologici "Tornitura"

Placchette intercambiabili per lavorazioni al tornio generali

6 Spessore placchetta, *s* mm



01	s =	1.59
T1	s =	1.98
02	s =	2.38
03	s =	3.18
T3	s =	3.97
04	s =	4.76
05	s =	5.56
06	s =	6.35
07	s =	7.94
09	s =	9.52
10	s =	10.00
12	s =	12.00

7 Raggio angolo, r_ε mm

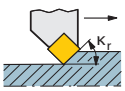


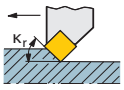
M0, 02	r_ε =	0.2
04	r_ε =	0.4
08	r_ε =	0.8
12	r_ε =	1.2
16	r_ε =	1.6
24	r_ε =	2.4

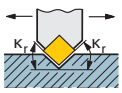
8 Versione tagliente

F	Tagliente vivo
E	Tagliente arrotondato (ER)
T	Tagliente con faccetta
K	Tagliente con doppia faccetta
S	Tagliente arrotondato con faccetta

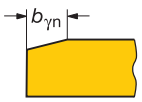
9 Versione supporto

R  Avanzamento

L Avanzamento 

N Avanzamento  Avanzamento

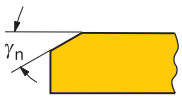
10 Larghezza faccetta, mm



010	bγn =	0.10
025	bγn =	0.25
070	bγn =	0.70
150	bγn =	1.50
200	bγn =	2.00

Per maggiori informazioni, vedere il codice di ordinazione a pagina A60

11 Angolo faccetta



15	γn =	15°
20	γn =	20°

12 Opzione produttore

Il codice ISO è composto da nove simboli, di cui i simboli 8 e 9 vengono utilizzati solo in caso di necessità. Il produttore può aggiungere altri due simboli, ad esempio.

- WF = Spianatore - Finitura
- PF = ISO P - Finitura
- PR = ISO P - Sgrossatura

SWISSMEM

Teoria

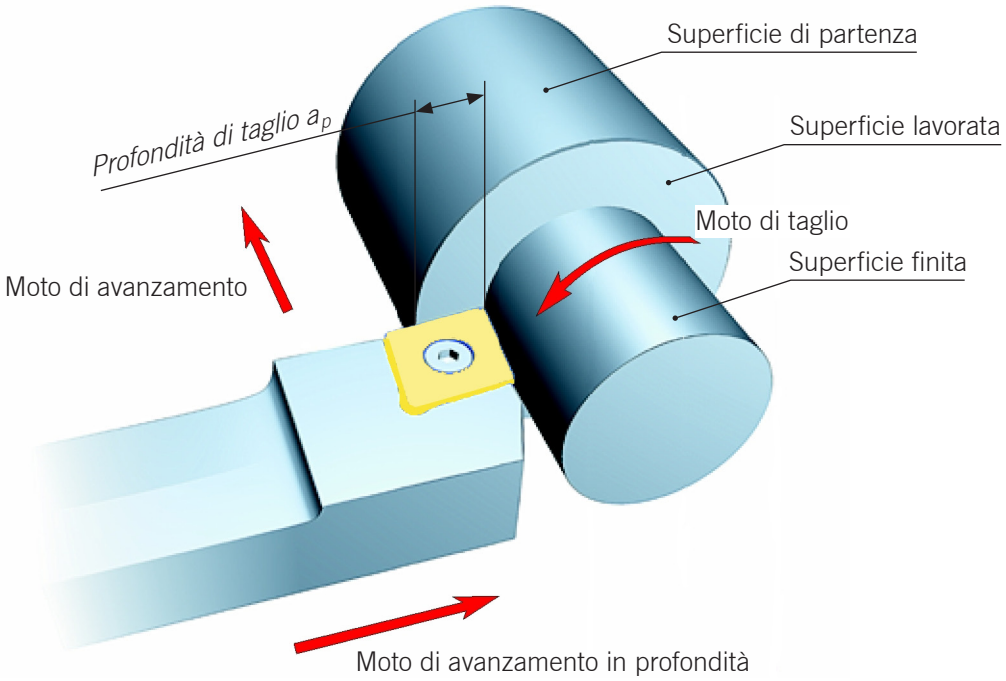
Dati tecnologici "Tornitura"

Movimenti sulle macchine da tornire

Moto di taglio
Il movimento rotatorio del pezzo si chiama moto di taglio. Il numero delle rotazioni del pezzo al minuto viene definito numero di giri. Il **numero di giri** (n) viene indicato con l'unità di misura **giri al minuto** (min^{-1}).

Moto di avanzamento (avanzamento)
Con il moto di avanzamento l'utensile da tornio viene guidato lungo il pezzo in rotazione. Insieme al moto di taglio, il moto di avanzamento determina una costante asportazione di truciolo. L'**avanzamento** (f) viene indicato con l'unità di misura **millimetri per giro**.

Moto di avanzamento in profondità (profondità del taglio)
Con il moto di avanzamento in profondità l'utensile viene regolato sulla profondità di taglio necessaria. La **profondità di taglio** (a_p) viene indicata con l'unità di misura **millimetri**.



Teoria

Dati tecnologici "Tornitura"

Avanzamento

L'avanzamento ***f*** deve essere scelto in funzione della qualità della superficie richiesta e della potenza della macchina. Nella tornitura l'avanzamento viene indicato in ***f*** in mm (mm per giro).

Valori indicativi per l'avanzamento *f* in mm		
	Tornitura	
	Sgrossatura	Finitura
HSS	0,2 ... 0,5	0,05 ... 0,2
HM	0,2 ... 0,8	0,05 ... 0,2

Per la sgrossatura occorre scegliere possibilmente un avanzamento elevato, osservando i valori limite forniti dal costruttore dell'utensile. Per la finitura occorre non scendere al di sotto di un avanzamento minimo di 0,05 mm perché, diversamente, l'utensile preme e l'usura aumenta fortemente. L'avanzamento massimo teorico per la tornitura può essere calcolato in base alla rugosità desiderata e al raggio placchetta.

Esempio: volete ottenere una superficie di Ra 1,6 µm (N7) e utilizzate un utensile da tornio con raggio placchetta di 0,4 mm.

$$f = \sqrt{R_t \times 8 \times r} = \sqrt{0{,}0016 \times 8 \times 0{,}4} = 0{,}07\ \text{mm}$$

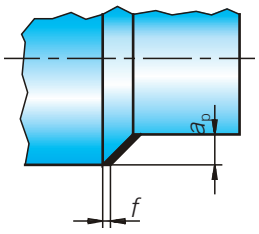
Per la tornitura la **velocità d'avanzamento** v_f in mm/min viene calcolata per la tornitura da avanzamento *f* e numero di giri *n*.

Tornitura: $v_f = f \cdot n$

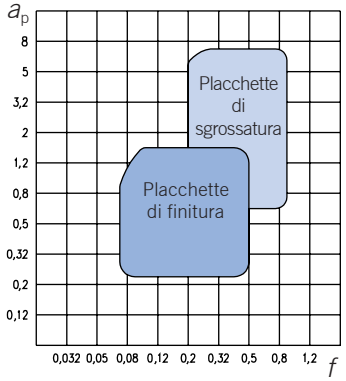
Profondità di taglio

La **profondità di taglio** a_p per la tornitura deve essere scelta in modo che abbia una relazione favorevole con l'avanzamento. Ciò influisce positivamente sulla formazione del truciolo. Prestare attenzione alla scala del carrello del tornio, se lavora sul raggio o sul diametro.

$a_p : f = 4 : \text{da } 1 \text{ a } 10 : 1$



Con le placchette intrercambiabili HM è possibile scostarsi da queste relazioni. In tal caso, tuttavia, occorre attenersi ai dati di un diagramma *a-f* del produttore dell'utensile



SWISSMEM

Teoria

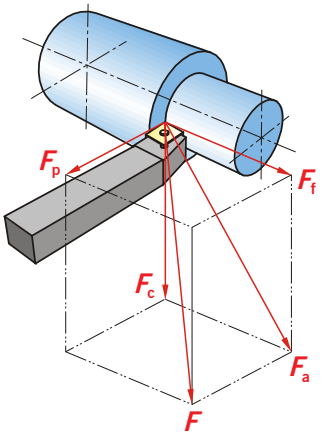
Dati tecnologici "Tornitura"

1. Redigete un elenco con i dati di taglio degli utensili utilizzati più frequentemente. Non annotate solo i valori del costruttore dell'utensile, bensì informatevi in primo luogo nella vostra azienda su eventuali valori stabiliti con l'esperienza.

Forze di taglio

In ogni lavorazione che comporti l'asportazione di truciolo subentrano determinate forze che agiscono sia sull'utensile sia sul pezzo.

La somma di queste forze è lo **sforzo totale di truciolatura** ***F***. Questo è composto dalla **forza passiva** F_p e dalla **forza attiva** F_a. La forza attiva è composta dalla **forza di taglio** F_c e dalla **forza di avanzamento** F_f. Il disegno sul lato destro mostra le forze che agiscono sull'utensile. Sul pezzo le forze agiscono in modo esattamente opposto.

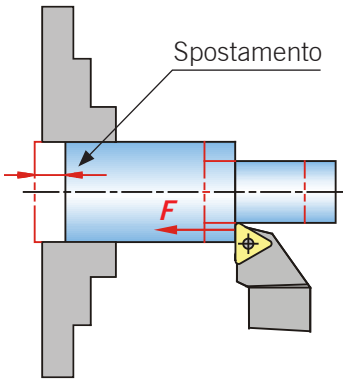


L'entità della forza di taglio viene influenzata da:

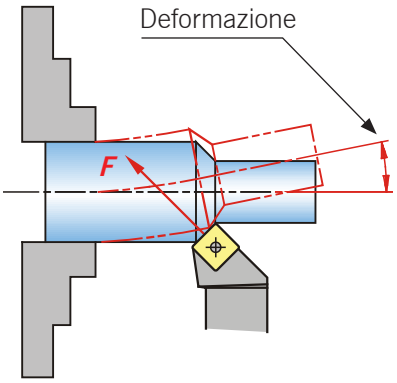
Fattori influenti	Entità della forza di taglio
resistenza del materiale più elevata	aumenta ⇗
avanzamento più elevato	aumenta ⇗
profondità di taglio maggiore	aumenta ⇗
angolo di spoglia superiore maggiore	diminuisce ⇘
aumento dell'usura	aumenta ⇗
velocità di taglio più elevata	diminuisce ⇘

Sicurezza sul lavoro

Se la forza di taglio diventa eccessiva, sussiste il pericolo che:
- **l'utensile venga danneggiato (rottura degli spigoli).**
- **il pezzo venga spinto o, nel peggiore dei casi, venga espulso dal dispositivo di fissaggio.**
- **il pezzo si deformi; in tal caso non è più garantita l'esattezza di forma e dimensione.**



Contromisure possibili:
- Serrare con maggiore forza il pezzo
- Serrare il pezzo contro una battuta fissa



Contromisure possibili:
- Evitare che il pezzo sporga troppo dal mandrino
- Applicare al pezzo un contropunta girevole

SWISSMEM

Teoria

Dati tecnologici "Tornitura"

Tempo d'impiego principale

Il calcolo del tempo d'impiego principale t_h consente di determinare il tempo di produzione e, conseguentemente, i costi di un pezzo. Il tempo d'impiego principale è il tempo nel quale la macchina viene utilizzata per la lavorazione ad asportazione di truciolo del pezzo. Il tempo d'impiego principale viene ottenuto dalla corsa di spostamento necessaria (corsa d'avanzamento) e dalla velocità di spostamento (velocità di avanzamento).

$$t_h = \frac{\text{Corsa}}{\text{Velocità}} = \frac{L \times i}{v_f}$$

L: corsa d'avanzamento
i: numero passate
v_f: velocità d'avanzamento

La corsa d'avanzamento L è composta dalla lunghezza di taglio effettiva l, dall'avvicinamento l_a e dall'oltrecorsa l_u.

Per la **tornitura cilindrica longitudinale** ciò significa:

$$L = l_a + l + l_u$$

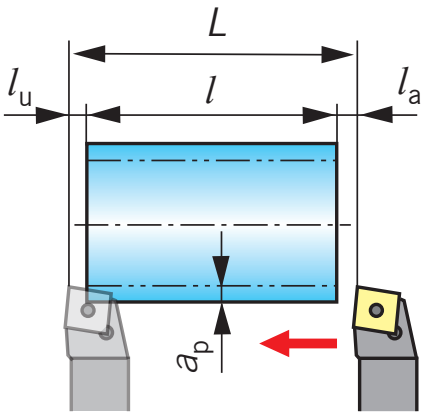
l_u: Distanza di sicurezza (~ 2mm)

Per κ (angolo di registrazione) < 90° vale:

$$l_a = \frac{a_p}{\tan\kappa} + \text{Sicurezza (~ 2mm)}$$

Per $\kappa \geq 90°$ vale:

l_a = Distanza di sicurezza (~ 2mm)



Per la **tornitura in piano trasversale** ciò significa:

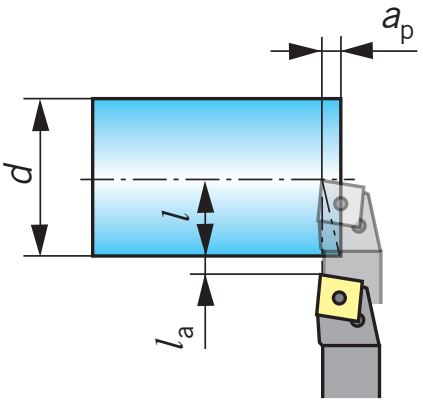
$$L = l_a + l \qquad l = \frac{d}{2}$$

Per $\kappa < 90°$ vale:

$$l_a = a_p \times \tan\kappa + \text{Sicurezza (~ 2mm)}$$

Per $\kappa \geq 90°$ vale:

l_a = Distanza di sicurezza (~ 2mm)



Teoria

Dati tecnologici "Tornitura"

Esempio:

Compito
Cinque alberi in 11SMnPb 30+C (acciaio automatico) con diametro di 60 mm e una lunghezza di 100 mm devono essere torniti e ridotti ad un diametro di 50 mm. Per la sgrossatura viene utilizzato un utensile con placchetta intercambiabile in metallo duro rivestito ed un angolo di registrazione di 45°. La finitura viene eseguita con un angolo di registrazione di 95°. La qualità della superficie deve essere pari a Ra 1.6.
Calcolate il tempo d'impiego principale t_h.

Soluzione

1. Determinazione delle profondità di taglio:
I 10 mm di variazione del diametro devono essere suddivisi in 9 mm per la sgrossatura e 1 mm per la finitura. Da ciò risulta una profondità di taglio a_{p2} di 4,5 mm e una profondità a_{p1} di 0,5 mm.

2. Determinazione degli avanzamenti:
Scegliere dalla tabella un avanzamento $f_2 = 0{,}5$ mm per la sgrossatura e $f_1 = 0{,}1$ mm per la finitura. I rapporti tra profondità di taglio e avanzamento risultanti sono quindi 9:1 o 5:1. Entrambi questi rapporti rientrano nel campo corretto.

3. Calcolo delle velocità di taglio e del numero di giri:
Per la sgrossatura: $v_{c2} = 250$ m/min; $n_2 = 1326$ 1/min
Per la finitura: $v_{c1} = 350$ m/min; $n_1 = 2184$ 1/min

4. Calcolo del tempo d'impiego principale:

Sgrossatura:

$$l_{a2} = \frac{a_p}{\tan\kappa} + 2\text{mm} = \frac{4{,}5\text{mm}}{\tan 45°} + 2\text{mm} = 6{,}5\text{mm};\ l_{u2} = 2\text{mm};\ l = 100\text{mm}$$

$$L = l_{a2} + l + l_{u2} = 6{,}5\text{mm} + 100\text{mm} + 2\text{mm} = 108{,}5\text{mm}$$

$$t_{h2} = \frac{L_2 \times i}{n_2 \times f_2} = \frac{108{,}5 \times 5}{1326 \times 0{,}5} = 0{,}82\text{min}$$

Finitura:

$$l_{a1} = 2\text{mm};\ l_{u1} = 2\text{mm};\ l = 100\text{mm}$$

$$L = l_{a1} + l + l_{u1} = 2\text{mm} + 100\text{mm} + 2\text{mm} = 104\text{mm}$$

$$t_{n1} = \frac{L_1 \times i}{n_1 \times f_1} = \frac{104 \times 5}{2184 \times 0{,}1} = 2{,}38\text{min}$$

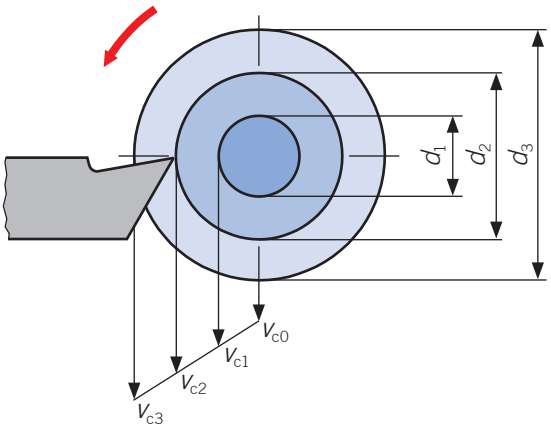
Tempo d'impiego principale $t_h = t_{h2} + t_{h1} = 0{,}82$ min + 2,38min = 3,2min

Verifica delle conoscenze

Dati tecnologici "Tornitura"

Domande di verifica

1. Quale conoscenza ricavate dall'illustrazione con numero di giri costante?



Se la differenza tra il diametro maggiore e quello minore non è eccessivamente grande, quale v_c si sceglie?

In caso di maggiore differenza tra i due diametri quale v_c si sceglie?

In caso di grande differenza tra i due diametri quale v_c si sceglie?

SWISSMEM

Verifica delle conoscenze

Dati tecnologici "Tornitura"

Domande di verifica

2. Nella tornitura come viene indicato il moto di avanzamento?

3. In caso di aumento della velocità di taglio oltre il valore consigliato si profilano delle conseguenze. Menzionatele.

4. Menzionate i criteri principali per la determinazione della velocità di taglio.

5. Quale angolo del tagliente dell'utensile viene indicato con β?

Attività

Dati tecnologici "fresatura"

– Menzionare la geometria di taglio sugli utensili per fresatura in HSS e in metallo duro
– Stabilire i dati di taglio di utensili per fresatura in HSS e in metallo duro
– Regolare i numeri di giri, gli avanzamenti e le profondità di truciolatura sulle frese

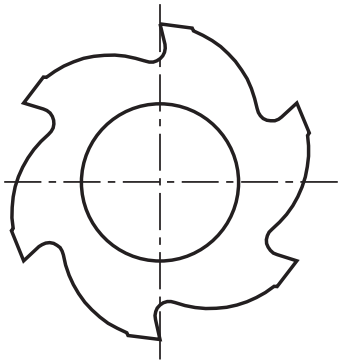
Domande di base

1. Cosa vi attendete da questo capitolo?

2. In cosa si distinguono in linea generale la fresatura e la tornitura?

3. Cosa si intende con la nozione "avanzamento" nella fresatura?

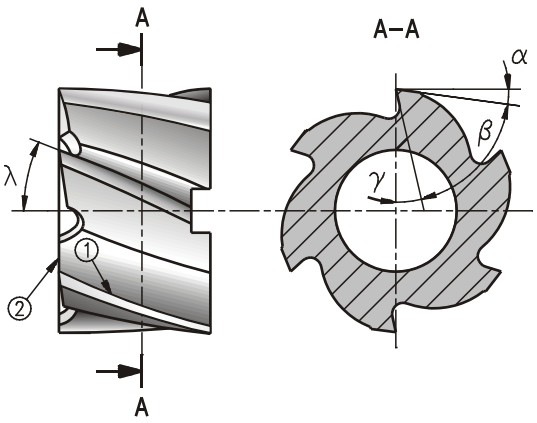
4. Disegnate l'angolo di taglio nell'illustrazione.



Teoria

Dati tecnologici "fresatura"

Geometria di taglio delle frese



①: Tagliente principale
②: Tagliente secondario
α: Angolo di spoglia inferiore
β: Angolo di taglio
γ: Angolo di spoglia superiore
λ: Angolo d'elica

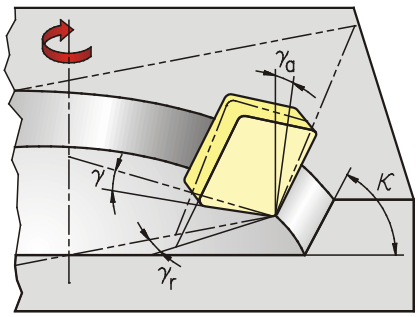
Oltre agli angoli di taglio conosciuti (α, β, γ) sul **tagliente principale** ① delle **frese HSS** viene indicato anche l'**angolo dell'elica** λ. Questo angolo rappresenta l'angolo di spoglia superiore del **tagliente secondario** ②.

Gli angoli consueti per tre tipi di frese sono:

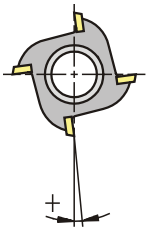
Tipo	W	N	H
Angolo di spoglia inferiore α	10°	8°	6°
Angolo di spoglia superiore γ	20°	15°	8°
Angolo dell'elica λ	38°	30°	24°

– Tipo di fresa N: per materiali normali
– Tipo di fresa H: per materiali particolarmente duri (hart) e tenaci
– Tipo di fresa W: per materiali particolarmente dolci (weich) e plastici

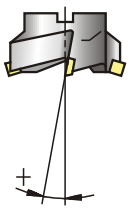
Per le **frese** con placchette intercambiabili sono particolarmente importanti l'**angolo di registrazione** κ, l' **angolo di spoglia superiore radiale** γ_r (angolo di spoglia superiore laterale) e l'**angolo di spoglia superiore assiale** γ_a (angolo di spoglia superiore posteriore). Gli angoli di spoglia superiore possono essere sia positivi che negativi.



Con la **geometria doppio positiva** sono positivi sia l'angolo di spoglia superiore posteriore sia l'angolo di spoglia superiore laterale. Conseguentemente si presentano forze di taglio contenute ed è necessaria una potenza d'azionamento modesta. Questa geometria è particolarmente indicata per la lavorazione degli acciai e dell'alluminio a trucioli lunghi.



Angolo di spoglia superiore laterale



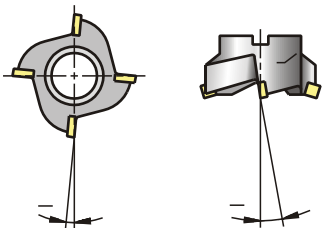
Angolo di spoglia superiore posteriore

SWISSMEM

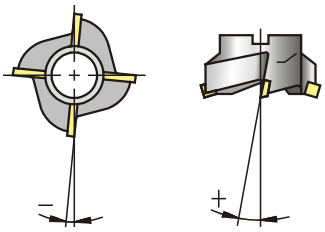
Teoria

Dati tecnologici "fresatura"

La **geometria doppio negativa** causa elevate forze di taglio e necessita pertanto di elevate potenze della macchina. I bordi di taglio, tuttavia, sono molto stabili e possono essere utilizzati tutti e otto. Queste frese vengono impiegate soprattutto per la sgrossatura di acciai duri e ghisa con grafite lamellare.



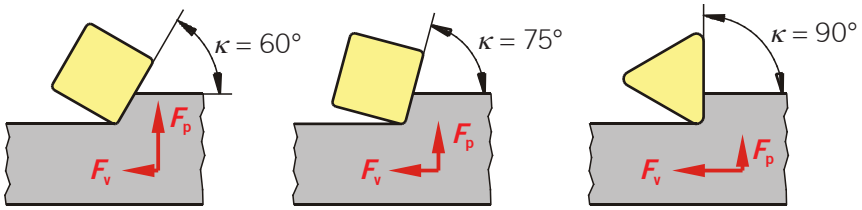
La **geometria positivo negativa** consente una buona asportazione del truciolo e produce forze di taglio vantaggiose. Il bordo di taglio è reso molto stabile dall'angolo di spoglia superiore laterale. Le frese con questa combinazione di angoli possono essere impiegate con pressoché tutti i materiali.



Angolo di spoglia superiore laterale | Angolo di spoglia superiore posteriore

1. Quali geometrie delle frese (positiva, negativa) vengono impiegate nella vostra ditta? Prendete nota e redigete un elenco che riporti quali geometrie vengono impiegate con i diversi materiali e per i diversi lavori (sgrossatura, finitura).

L'**angolo di registrazione** κ influisce soprattutto sul rapporto tra forza di avanzamento F_v e forza passiva F_p. I normali angoli di registrazione per le frese a spianare sono compresi tra 45° e 75°. Le frese con un angolo di registrazione di 90° sono frese ad angolo.



Con un angolo di registrazione di 90° il carico sul mandrino viene reso sconveniente dalla grande forza di avanzamento e sussiste un elevato pericolo di vibrazioni. Pertanto le frese ad angolo devono essere utilizzate solo laddove con la fresatura si debbano ottenere profili rettangolari.

2. Annotate gli angoli di registrazione delle frese a spianare normalmente utilizzate nella vostra azienda. Qual è l'angolo di registrazione maggiormente utilizzato? Chiedete informazioni sul perché tale angolo sia quello maggiormente utilizzato.

Geometria delle placchette intercambiabili

Le placchette intercambiabili delle frese hanno una geometria simile a quella delle placchette degli utensili per tornio. Spesso tuttavia queste placchette non sono dotate di raggio placchetta bensì di un **piano per spianatura**. Per la lavorazione di finitura di materiali a truciolo corto (ghisa con grafite lamellare, ottone) possono essere impiegati anche inserti raschianti.



Raggio agli spigoli | Piano per spianatura | Piano di finitura largo

SWISSMEM

Teoria

Dati tecnologici "fresatura"

Velocità di taglio

L'entità della **velocità di taglio v_c** dipende essenzialmente dai seguenti fattori:

– Materiale del tagliente dell'utensile
– Materiale del pezzo
– Stabilità/potenza della macchina
– Intervallo desiderato tra due affilature
– Avanzamento desiderato (sgrossatura/finitura)

Per stabilire la velocità di taglio dovete orientarvi in funzione dei dati forniti dal costruttore dell'utensile. I seguenti valori devono essere considerati solo come dati indicativi.

Valori indicativi per la velocità di taglio v_c in m/min

	Materiale del tagliente	Materiale									
		Acciaio fino a 600 N/mm²		Acciaio fino a 800 N/mm²		Acciaio fino a 1200 N/mm²		Ghisa con grafite lamellare		Leghe di alluminio	
		Sgrossatura	Finitura	Sgrossatura	Finitura	Sgrossatura	Finitura	Sgrossatura	Finitura	Sgrossatura	Finitura
Fresatura	HSS senza rivestimento	20	35	18	25	14	20	15	25	150	220
	HSS Tin/TiCN	55	75	50	65	18	36	20	40	160	250
	HM senza rivestimento	125	200	80	125	65	95	75	120	500	800
	HM con rivestimento	190	335	150	270	125	220	155	225	...	...
	Cermet	335	375	285	350	220	255	...	...	...	...

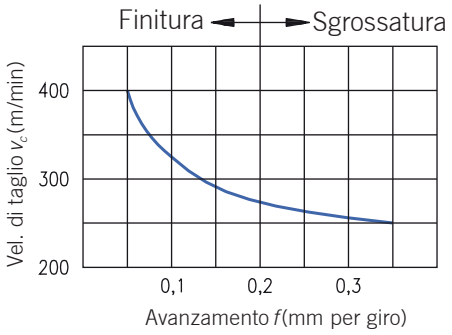
I valori proposti nelle tabelle valgono normalmente per un intervallo tra due affilature T di 15 min e buone condizioni di lavoro. Se desiderate un intervallo tra due affilature maggiore o se le condizioni di lavoro non sono ottimali, i valori delle tabelle devono essere moltiplicati per il **fattore di correzione**.

Esempio:

Dovete rimuovere la pelle di un pezzo in ghisa con una fresa a spianare e desiderate raggiungere un intervallo tra due affilature di 30 min. Come materiale del tagliente scegliete un metallo duro rivestito. La velocità di taglio della tabella é 155 m/min. Il fattore di correzione per l'intervallo tra due affilature è pari a 0,8 e quello per la superficie è 0,8. Ne risulta la seguente velocità di taglio v_c:
155 m/min × 0,8 × 0,8 = **99 m/min**

Condizione	Fattore
Intervallo tra due affilature 30 min	0,8
Intervallo tra due affilature 60 min	0,6
Superficie risultante da forgiatura, laminazione o fusione	0,8
Taglio interrotto	0,7
Tornitura interna	0,9
Macchina non stabile	0,8

La velocità di taglio deve essere scelta in funzione dell'avanzamento desiderato. Se viene scelto un **avanzamento maggiore** (sgrossatura), deve essere anche scelta una **velocità di taglio bassa**. Per la finitura occorre scegliere un avanzamento basso, ma una velocità di taglio elevata.



SWISSMEM

Teoria

Dati tecnologici "fresatura"

Numero di giri

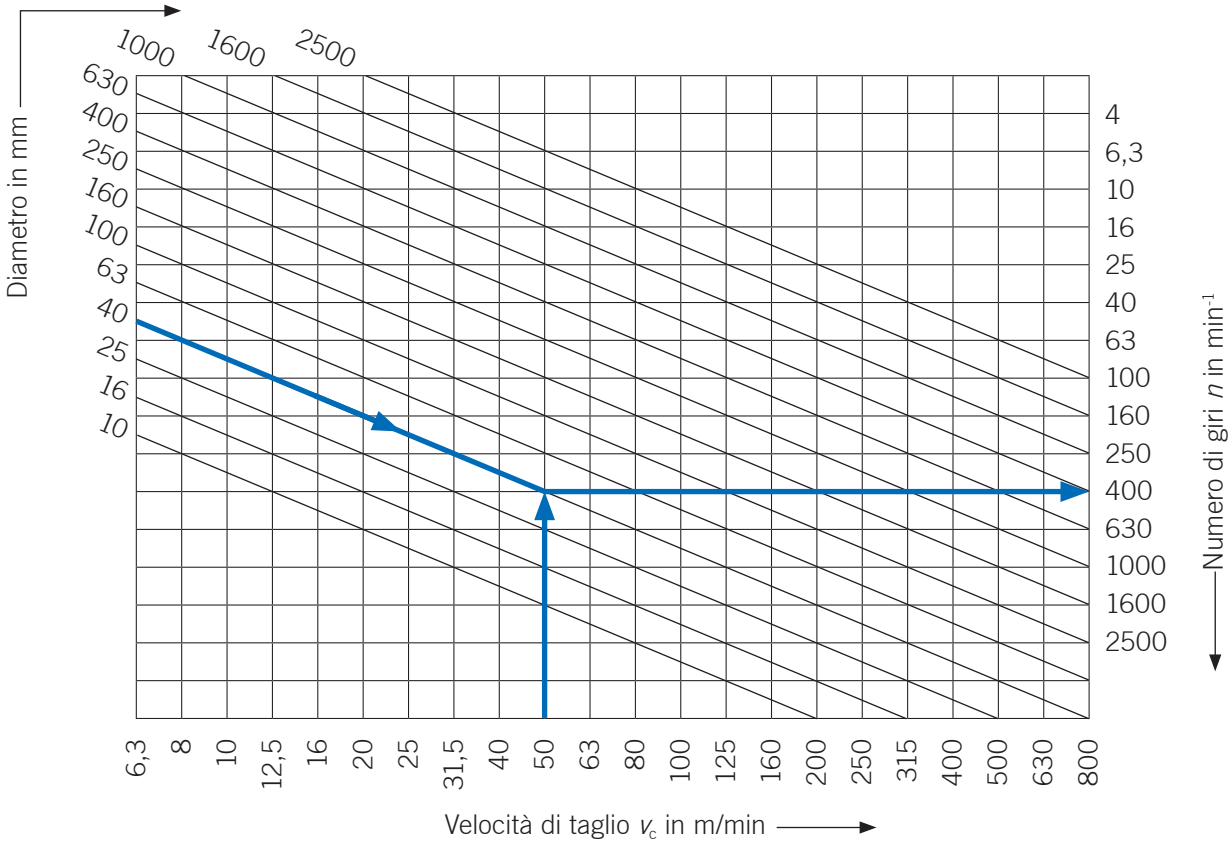
Dalla velocità di taglio può essere calcolato il numero di giri necessario al mandrino:

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

v_c = velocità di taglio in m/min
D = diametro fresa in mm
n = numero di giri in min^{-1}
π = 3.141

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

Il numero di giri può essere letto anche nelle tabelle.
Esempio di lettura: È dato d = 40 mm, v_c = 50 m/min ⇒ n = 400 min^{-1}



2. Quanto misura il diametro d se sono dati i seguenti valori:
n = 1600 min^{-1}, v_c = 125 m/min?

SWISSMEM

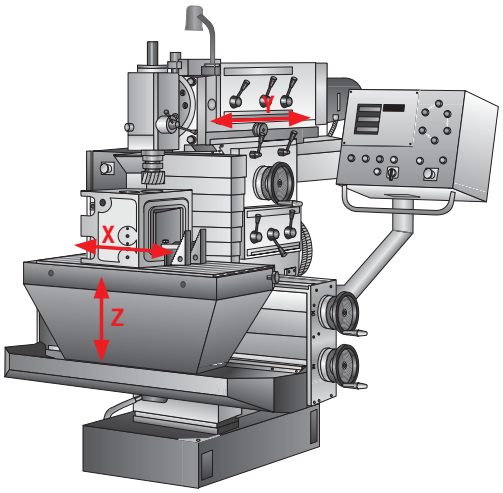
Teoria

Dati tecnologici "fresatura"

Moto di taglio

Nella fresatura l'asportazione del truciolo avviene mediante un moto di taglio circolare che viene eseguito dalla fresa. Il numero dei giri eseguiti dall'utensile corrisponde al **numero di giri *n*** impostato.

Moto di avanzamento

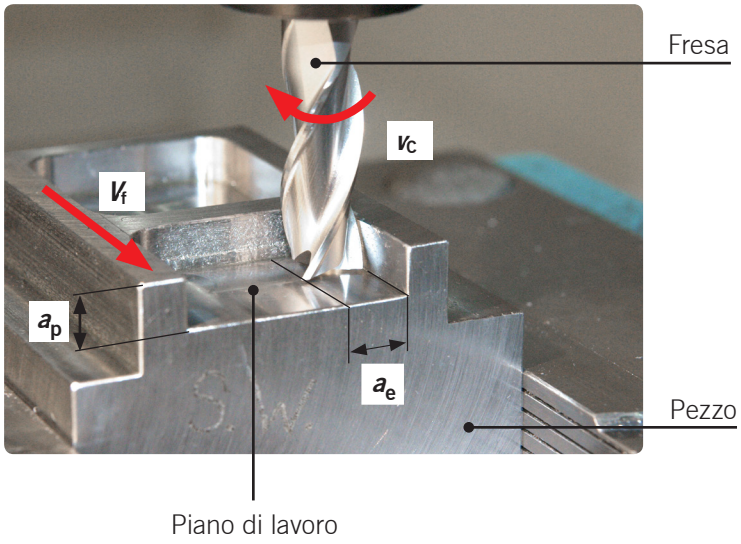


Nella fresatura il pezzo da lavorare viene fissato sul banco della macchina fresatrice. Grazie ai dispositivi di spostamento il banco può essere spostato in diverse direzioni. Con lo spostamento in altezza viene realizzata la modifica sull'**asse Z**. Gli **assi X (longitudinale)** e **Y (trasversale)** contrassegnano la posizione del pezzo nello spazio sul piano orizzontale. Sulla macchina fresatrice riportata nell'illustrazione qui accanto, lo spostamento sull'asse Y non avviene tramite la tavola della fresatrice, bensì tramite la testa portafresa. La tavola della macchina fresatrice o la testa della macchina fresatrice esegue quindi l'avanzamento. L'**avanzamento *f*** corrisponde alla corsa del banco della macchina fresatrice o della testa riferita ad un giro della fresatrice.

Poiché non tutti i taglienti della fresatrice partecipano al processo di truciolatura contemporaneamente, all'interno dell'avanzamento si considera anche l'avanzamento di un tagliente **(avanzamento al dente f_z)**.

Larghezza di taglio

Nella fresatura la larghezza di taglio nel pezzo è contrassegnato dalla **profondità di taglio (a_p)** e dalla **larghezza di taglio (a_e)**. L'illustrazione mostra tra l'altro la direzione di taglio della fresa e la direzione d'avanzamento del pezzo.
La profondità di taglio (a_p) viene sempre misurata perpendicolarmente rispetto al piano di lavoro. La larghezza di taglio di lavoro (a_e) della fresa avviene parallelamente rispetto al piano di lavoro.



SWISSMEM

Teoria

Dati tecnologici "fresatura"

Avanzamento

L'**avanzamento f_z** deve essere scelto in funzione della qualità della superficie richiesta e della potenza della macchina.

Valori indicativo per l'avanzamento f_z in mm		
	Fresatura	
	Sgrossatura	Finitura
HSS	0,1 ... 0,2	0,05 ... 0,1
HM	0,2 ... 0,4	0,05 ... 0,2

Per la sgrossatura occorre scegliere possibilmente un avanzamento elevato, osservando i valori limite forniti dal costruttore dell'utensile. Per la finitura occorre non scendere al di sotto di un avanzamento minimo di 0,05 mm perché, diversamente, l'utensile preme e l'usura aumenta fortemente.

Avanzamento per dente:

$$f_z = \frac{v_f}{n \cdot Z}$$

Velocità d'avanzamento:

$$v_f = f_z \cdot n \cdot Z$$

Avanzamento per giro:

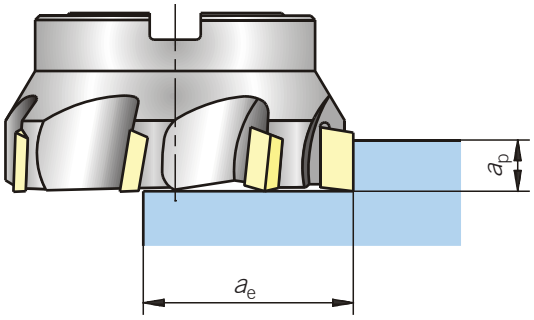
$$f = f_z \cdot Z$$

v_f = velocità d'avanzamento (mm/min)
n = numero di giri (min^{-1})
Z = numero denti
f_z = avanzamento per dente (mm)
f = avanzamento per giro (mm)

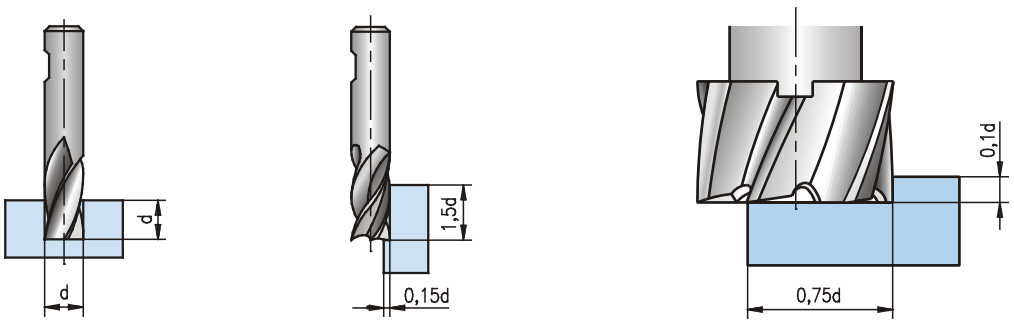
Teoria

Dati tecnologici "fresatura"

La **profondità di taglio a_p** per la fresatura viene sempre misurata in direzione assiale, la **larghezza di taglio a_e** in direzione radiale.



Entrambi questi valori vengono prevalentemente indicati in funzione del diametro della fresa e devono essere quindi scelti sulla base dei dati del relativo costruttore degli utensili. Tre possibili esempi di larghezze e profondità di taglio:



Per la sgrossatura devono essere scelte profondità di taglio il più possibile grandi. Occorre tuttavia osservare i valori massimi degli utensili utilizzati. Siccome però grandi profondità di taglio producono grandi forze di taglio, occorre prendere in considerazione anche la stabilità (dimensionale) dei pezzi. Per la finitura non si deve scendere al di sotto di una determinata profondità di taglio minima perché diversamente l'utensile preme e l'usura aumenta fortemente.

Procedimento per la determinazione dei dati di taglio

	Sgrossatura	Finitura
1°	Scelta della profondità di taglio	Scelta dell'avanzamento
	Il più grande possibile Osservare il valore limite dell'utensile In caso di più tagli occorre scegliere una suddivisione opportuna (ad es. per 10 mm: 2 x 5 mm, non 7 + 3 mm)	In base alla qualità della superficie desiderata Osservare l'avanzamento minimo
2°	Scelta dell'avanzamento	Scelta della profondità di taglio
	Il più grande possibile Osservare il rapporto rispetto alla profondità di taglio scelta Osservare il valore limite dell'utensile	Osservare la profondità di taglio minima Osservare il rapporto rispetto all'avanzamento scelto
3°	Scelta della velocità di taglio	Scelta della velocità di taglio
	Osservare il materiale, il materiale del tagliente e l'avanzamento In caso di vibrazioni o potenza di azionamento insufficiente occorre abbassare la velocità di taglio	Osservare il materiale, il materiale del tagliente e l'avanzamento Un'elevata velocità di taglio può consentire una maggiore qualità delle superfici

SWISSMEM

Teoria

Dati tecnologici "fresatura"

Tempo d'impiego principale

Il calcolo del tempo d'impiego principale t_h consente di determinare il tempo di produzione e, conseguentemente, i costi di un pezzo. Il tempo d'impiego principale è il tempo nel quale la macchina viene utilizzata per la lavorazione ad asportazione di truciolo del pezzo. Il tempo d'impiego principale viene ottenuto dalla corsa di spostamento necessaria (corsa d'avanzamento) e dalla velocità di spostamento (velocità di avanzamento).

$$t_h = \frac{\text{Corsa}}{\text{Velocità}} = \frac{L \times i}{v_f}$$

L: corsa d'avanzamento
i: numero passate
v_f: velocità d'avanzamento

La corsa d'avanzamento L è composta dalla lunghezza di taglio effettiva l, dall'avvicinamento l_a e dall'oltrecorsa l_u.

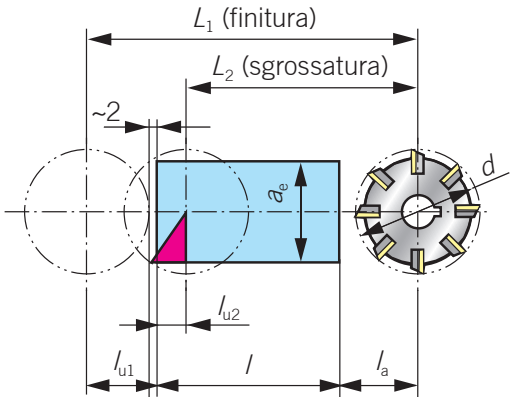
Per la **fresatura frontale** ciò significa:

Finitura:

$$L_1 = l_a + l + l_{u1}$$

Sgrossatura:

$$L_2 = l_a + l - l_{u2}$$



$$l_a = l_{u1} = \frac{d}{2} + \text{Sicurezza (~ 2mm)}$$

$$l_{u2} = \frac{1}{2}\sqrt{d^2 - a_e^2} - \text{Sicurezza}$$

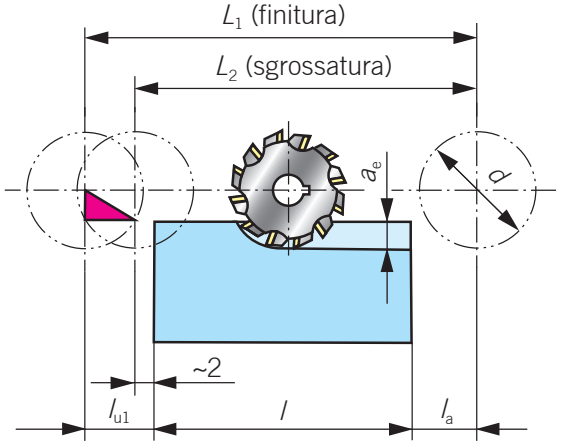
Per la **fresatura periferica** ciò significa:

Finitura:

$$L_1 = l_a + l + l_{u1}$$

Sgrossatura:

$$L_2 = l_a + l + \text{sicurezza (~2mm)}$$



$$l_a = \frac{d}{2}$$

$$l_{u1} = \sqrt{d \cdot a_e - a_e^2} + \textit{Sicurezza (~ 2mm)}$$

SWISSMEM

Teoria

Dati tecnologici "fresatura"

3. Con una fresa a spianare occorre creare delle guide aventi lunghezza 500 mm e larghezza 60 mm (C45E) su un solo lato. La fresa a spianare ha un diametro di 80 mm e può essere dotata o di sei placchette intercambiabili HSS o di sei placchette in metallo duro. Una placchetta in metallo duro costa CHF 12.–, ha un intervallo tra due sostituzioni di 15 min e possono essere utilizzati quattro taglienti. Una placchetta HSS costa CHF 26.–, ha un intervallo tra due sostituzioni di 60 min e anche in questo caso possono essere utilizzati quattro taglienti. I costi macchina sono pari a CHF 120.– l'ora.

Quali sono i costi di lavorazione e degli utensili derivanti dalla produzione di 100 guide? Calcolate i costi sia per una lavorazione con HSS sia per una lavorazione in metallo duro.

I costi di lavorazione si ottengono moltiplicando il tempo d'impiego principale per il costo macchina:

$BK = t_h \times MK$

BK: costi di lavorazione
MK: costi macchina
t_h: tempo d'impiego principale

I costi degli utensili si ottengono moltiplicando il numero dei taglienti consumati per il costo di un tagliente:

$PS = PP/4$

$WK = AS \times PS$

$AS = (t_h / T) \times Z$

AS: numero dei taglienti consumati
Z: numero denti
T: Intervallo tra due affilature
PS: prezzo di un tagliente
PP: prezzo della placchetta
WK: costi utensile

Vengono prescritti i dati di taglio per

Metallo duro:
v_c = 190 m/min
f_Z = 0,2 mm

HSS:
v_c = 60 m/min
f_Z = 0,15 mm

Verifica delle conoscenze

Dati tecnologici "fresatura"

Domande di verifica

1. Quali sono i parametri utilizzati nella fresatura?

2. Come deve essere scelta la velocità di taglio v_c nella fresatura?

3. Cosa si ottiene se nella fresatura sono impiegati più taglienti contemporaneamente?

4. Con quale angolo di spoglia superiore si ottiene un effetto raschiante?

5. Per la fresatura di un pezzo con incavo passante di 10 mm di larghezza viene impiegata una fresa a candela di diametro 10 mm. La velocità di taglio deve misurare v_c 26 m/min.
Calcolate il numero di giri n necessario.

SWISSMEM

Verifica delle conoscenze

Dati tecnologici "fresatura"

Domande di verifica

6. In un albero occorre fresare un incavo chiuso di 50 mm di lunghezza. Per realizzare l'incavo sono necessari 13 passate. La velocità di taglio v_c è di 24 m/min e la velocità di avanzamento v_f è di 80 mm/min. La fresa a candela ha un diametro di 16 mm. Calcolate il numero di giri n e il tempo d'impiego principale.

Attività

Macchine per tornire (torni)

- **Preparare ed effettuare la manutenzione del tornio**
- **Menzionare e spiegare le possibilità di impiego del tornio**
- **Spiegare il funzionamento e le possibilità di lavorazione al tornio e degli accessori**
- **Mettere in esercizio e fuori esercizio la macchina**

Domande di base

1. Quali tipologie di macchine per tornire conoscete?

2. Quanto stimate che possa costare mediamente un tornio convenzionale?

3. Quanto tempo dovrà passare prima che impariate ad operare su un tornio (stima)?

Teoria

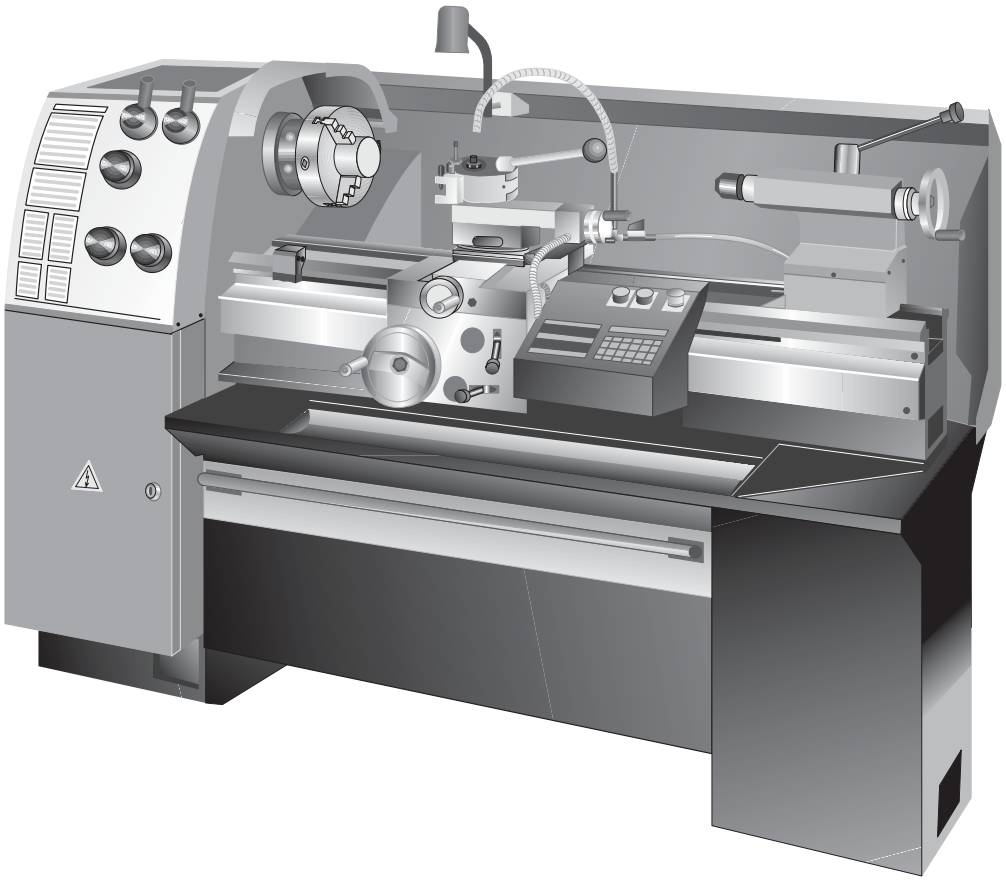
Macchine per tornire (torni)

Tipologie di macchine

La grande varietà di forme dei pezzi torniti richiede molteplici tipologie di torni. Queste vengono suddivise in:
– Tornio universale
– Tornio verticale o a giostra
– Tornio frontale
– Tornio a copiare
– Tornio a revolver

Tornio universale

Queste tornire sono indicate pressoché per tutti i lavori di tornitura. Queste macchine utensili vengono chiamate anche torni paralleli, perché il pezzo può essere fissato anche tra le punte della macchina. Se i torni universali sono dotati di una vitemadre conduttrice e una barra di trasmissione, si parla anche di torni paralleli **a vitemadre transmissione e barra**.

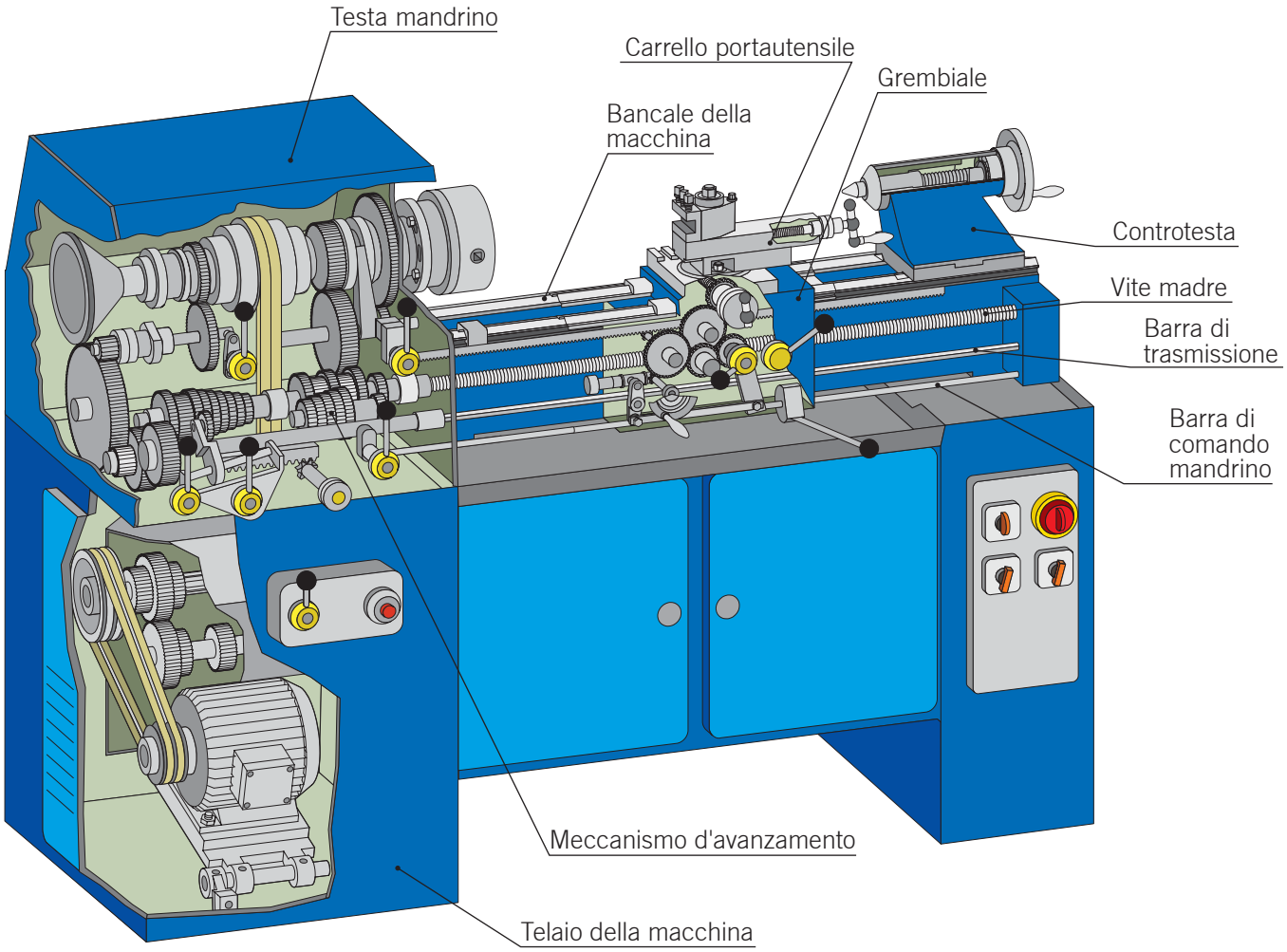


Teoria

Macchine per tornire (torni)

Struttura della macchina per tornire

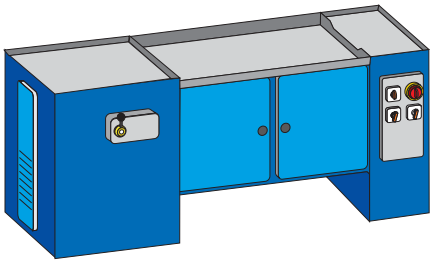
Utilizzando come esempio un tornio universale, vengono illustrati di seguito i gruppi principali
– Telaio della macchina
– Bancale della macchina
– Testa mandrino
– Meccanismo d'avanzamento
– Carrello portautensile
– Vite madre
– Barra di trasmissione
– Mandrino di comando
– Grembiale
– Controtesta
che verranno descritti esaustivamente nelle pagine seguenti.



Teoria

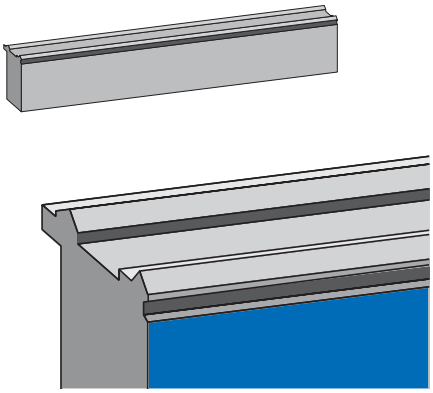
Macchine per tornire (torni)

Telaio della macchina



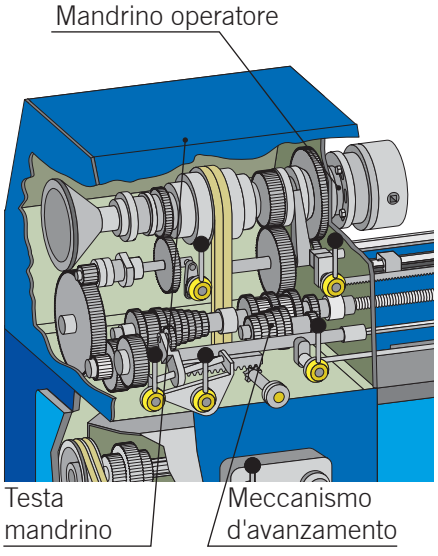
La forma del telaio della macchina viene determinata dal tipo di macchia utensile. Il telaio viene di norma realizzato con materiali in fusione di ghisa, cemento polimerizzato o come struttura d'acciaio saldata.

Bancale del tornio



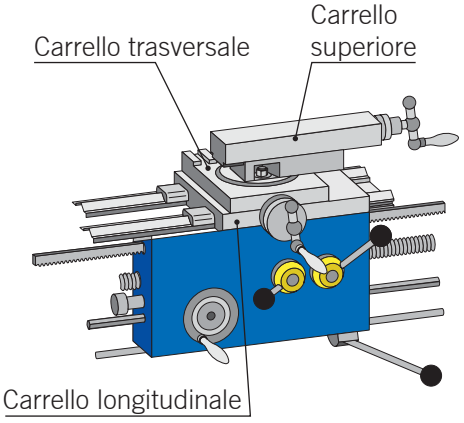
Il bancale è avvitato sul telaio e supporta la testa mandrino, il grembiale e la controtesta. L'estremità superiore del bancale, che è ricavato per fusione è rappresentata **dai binari guida** rettificati e temprati.

Testa mandrino



Nella testa mandrino è alloggiato il **mandrino**. Questo viene azionato da una leva tramite un cambio ad ingranaggi scorrevoli. Il mandrino aziona **la barra di trasmissione** tramite il cambio e le ruote intercambiabili. Il cambio consente l'inversione della direzione d'avanzamento. La vite madre e la barra di trasmissione vengono azionate dal meccanismo d'avanzamento. L'attivazione, la disattivazione o la rotazione avviene tramite la leva del comando mandrino.

Carrello portautensili



Il carrello portautensili é composto da **grembiale, carrello longitudinale**, **carrello trasversale** e **carrello superiore**. Il movimento longitudinale dell'utensile viene eseguito con il carrello longitudinale, il movimento trasversale viene eseguito con il carrello trasversale. Il carrello superiore è prevalentemente di tipo orientabile e può quindi eseguire il movimento in una direzione a piacere. Sul carrello superiore è montato il dispositivo di fissaggio utensile (ad es. un supporto a cambio rapido).

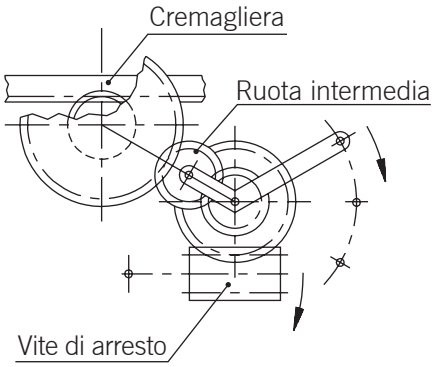
SWISSMEM

Teoria

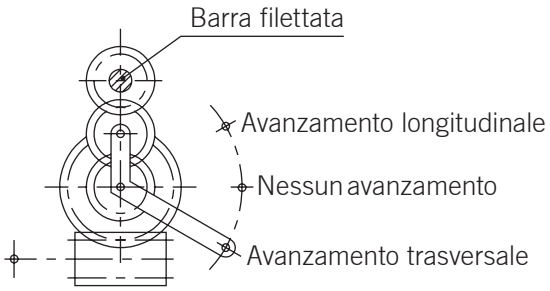
Macchine per tornire (torni)

Nel grembiale avviene la trasformazione del movimento rotatorio della **barra di trasmissione** in avanzamento longitudinale o trasversale. Per consentire la tornitura contro una battuta fissa, la trasmissione della forza avviene tramite una **sicurezza in caso di sovraccarico** (vite di arresto o giunto a frizione). Successivamente viene azionato il carrello longitudinale tramite una cremagliera o il carrello trasversale tramite una barra filettata.

Movimento longitudinale:

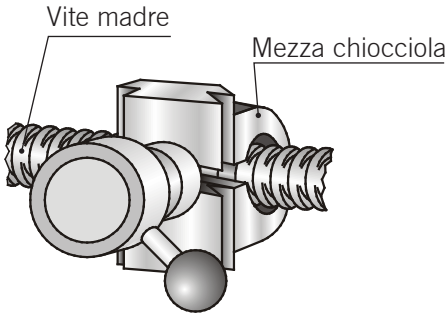


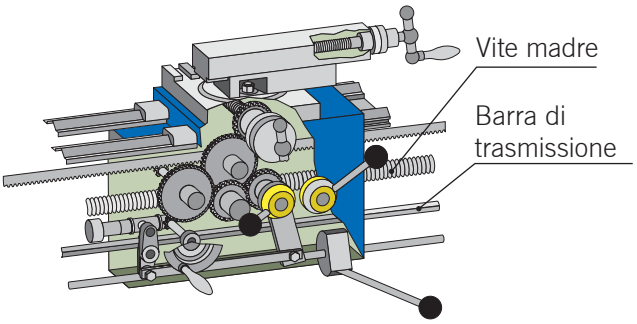
Movimento trasversale:



Vite madre e barra di trasmisssione

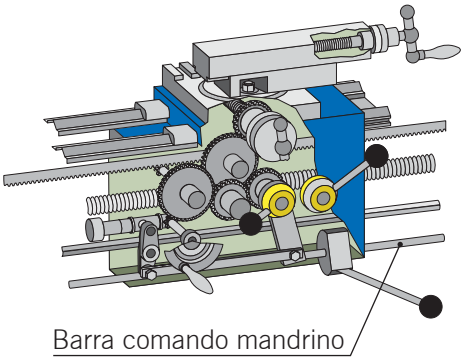
La **vite madre** è una vite con filetto trapezoidale e viene utilizzata solo per filettare. La trasmissione della forza avviene tramite due mezze chiocciole e sul grembiale utensili. Qui non agisce **alcuna sicurezza in caso di sovraccarico**. Non è quindi possibile spostarsi fino ad una battuta.





La barra di trasmissione è un albero con incavo longitudinale o profilo esagonale. Nella tornitura in piano o longitudinale trasmette l'energia cinetica dal meccanismo d'avanzamento al grembiale.

Barra comando mandrino



La barra comando mandrino serve per attivare o disattivare la rotazione del mandrino. Inoltre con esso è possibile invertire la direzione di rotazione (orario/antiorario).

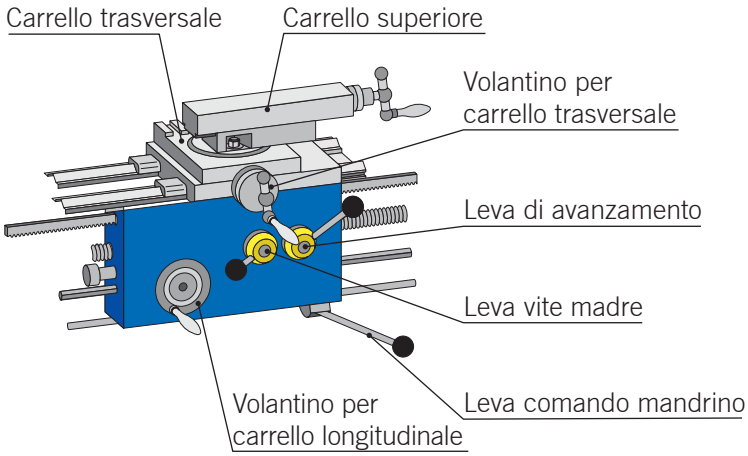
SWISSMEM

Teoria

Macchine per tornire (torni)

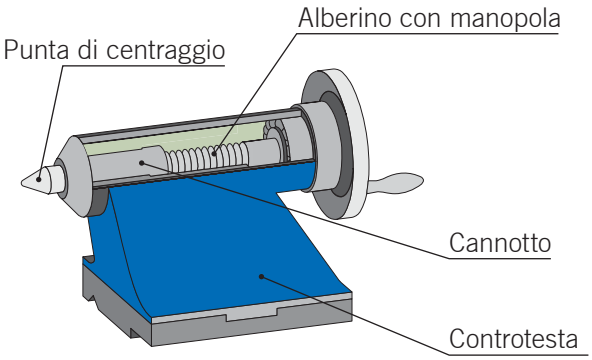
Grembiale

Il meccanismo del carrello longitudinale trasforma il movimento rotatorio della barra di alimentazione in un moto di avanzamento rettilineo (avanzamento trasversale, longitudinale). L'avanzamento viene attivato e disattivato con la leva d'avanzamento.
Solo nel caso della filettatura il movimento del carrello longitudinale viene trasmesso tramite la vite madre. Questa è dotata di una filettatura trapezoidale che assicura una guida precisa. La filettatura trapezoidale garantisce anche un facile inserimento della chiocciola, composta da due parti, la quale realizza il collegamento con il carrello longitudinale. Quando la chiocciola é inserita alla vite madre, il carrello viene mosso, a seconda della direzione di rotazione, in avanti o indietro.



Controtesta

La controtesta è fissata in modo regolabile sul bancale della macchina. Serve come controsupporto dei pezzi lunghi tramite contropunta, e per la verifica dell'altezza degli utensili. Tramite un alberino con manopola è possibile muovere il cannotto. Per la tornitura conica la contropunta può essere spostata lateralmente all'asse di rotazione.

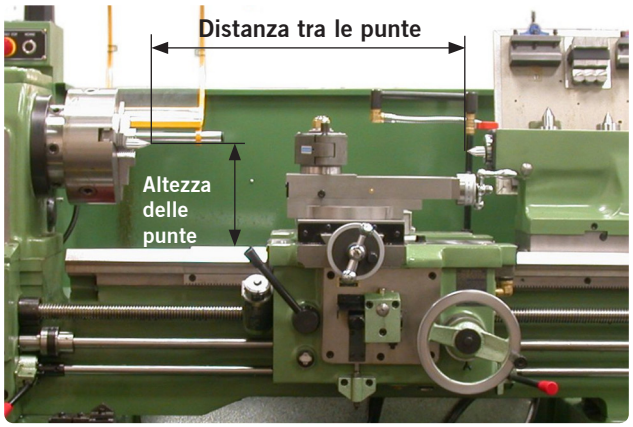


Teoria

Macchine per tornire (torni)

Grandezze di riferimento

Le possibilità di impiego di una macchina per tornire risultano dalle seguenti grandezze di riferimento:



Distanza tra le punte
È la distanza tra le due punte di centraggio impiegate. Da questo valore risulta la lunghezza massima possibile del pezzo.

Altezza delle punte
È la distanza tra il bancale della macchina e l'asse di rotazione. Il diametro massimo del pezzo corrisponde alla doppia distanza tra carrello trasversale e asse di rotazione.

Campo di velocità di funzionamento
Dopo che avete stabilito la velocità di taglio per la lavorazione del pezzo, occorre controllare se il tornio raggiunge il numero di giri necessario.

Campo di avanzamento
Normalmente il campo d'avanzamento dei torni è sufficiente.
Il numero dei passi selezionabili per la filettatura è però limitato. Sostituendo gli ingranaggi sono possibili ulteriori passi della filettatura.

Potenza di lavorazione
Effettuando sgrossature pesanti può accadere che raggiungiate i limiti di potenza della macchina. Se, nel momento d'inizio lavorazione il numero di giri della macchina si abbassa considerevolmente, dovrete scegliere un'altra macchina oppure ridurre l'avanzamento o la profondità di taglio.

1. Realizzate una tabella con i nomi, i dati caratteristici e le particolarità delle macchine per tornire convenzionali del vostro campo di lavoro. Aggiungete alla tabella una colonna nella quale annotare le applicazioni tipiche di tali macchine.

Tipo, denominazione	Tipologia	Larghezza tra le punte Altezza delle punte	Potenza d'aziona-mento	Peculiarità	Applicazione
Schaublin 102N	Tornio parallelo	800/100 mm	2 kW	Vite madre piccola	Realizzazioni di pezzi piccoli
Weiler DA 260	Tornio con vite madre e barra di trasmissione	2000/260 mm	7,5 kW	Indicatore digitale	Lavori di sgrossatura pesante

SWISSMEM

Verifica delle conoscenze

Macchine per tornire (torni)

Domande di verifica

1. Interpretate i dati tecnici evidenziati in rosso. (Annotazione: i dati si riferiscono ad una macchina per tornire CNC).

Dati tecnici CTX 310

Campo di lavoro	
Diametro massimo lavorabile sul bancale	500 mm
Diametro lavorabile su carrello X	375 mm
Passaggio barra	51 mm
Diametro mandrino di serraggio	170/210 mm
Corsa trasversale (X)	202 mm
Corsa longitudinale (Z)	450 mm
Corsa verticale (Y)	+/- 40 mm
Avanzamenti	
Traslazione rapida assi X/Z	24/30 m/min
Traslazione rapida asse Y	10 m/min
Testa motrice	
Testa portamandrino (flangia piatta)	140 h5 mm
Diametro mandrino nel supporto anteriore	100 mm
Foro mandrino	69 mm
Azionamento principale	
Coppia (100% ED)	115 Nm
Campo di velocità di funzionamento	20…6000 giri/min
Potenza dell'azionamento principale a corrente alternata (100% ED)	12 kW

Attività

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

- **Menzionare differenti utensili di tornitura per differenti utilizzi e materiali**
- **Selezionare gli utensili di tornitura, serrarli negli alloggiamenti e montarli sul tornio**
- **Valutare gli utensili di tornitura relativamente alle condizioni e all'usura**
- **Scegliere gli elementi di fissaggio per la tornitura, montarli sulla macchina e posizionarli**
- **Posizionare i pezzi per la tornitura e fissarli**

Domande di base

1. Perché vengono impiegati differenti utensili per la tornitura?

2. Menzionate delle applicazioni per le quali è necessaria una lavorazione interna?

3. Quali differenti materiali del tagliente conoscete?

4. Come possono essere fissati i pezzi che devono venir torniti?

5. Come riuscite a capire se un utensile è usurato?

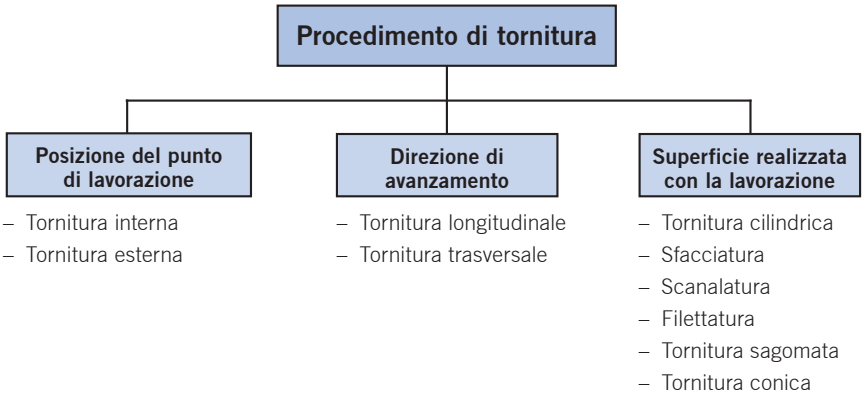
6. Cosa significa per voi sgrossatura e finitura?

Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Introduzione al metodo della tornitura

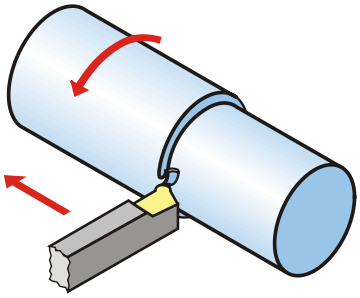
Il procedimento di tornitura viene suddiviso nel modo seguente:



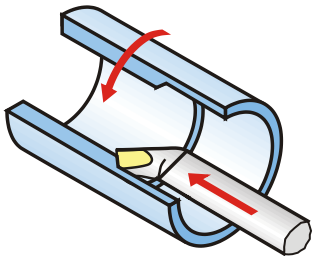
Secondo la posizione del punto di lavorazione

Con la **tornitura cilindrica longitudinale** viene realizzato un cilindro. Il moto di avanzamento avviene parallelamente all'asse di rotazione.

Tornitura esterna



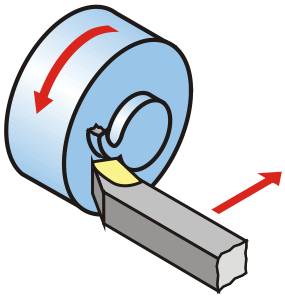
Tornitura interna



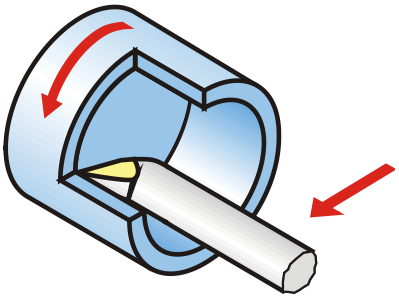
Secondo il moto di avanzamento

Con la **sfacciatura** viene realizzata una superficie piatta che si trova in posizione ortogonale rispetto all'asse di rotazione. Viene definita superficie piana. L'avanzamento avviene in direzione trasversale rispetto all'asse di rotazione.

Tornitura esterna



Tornitura interna



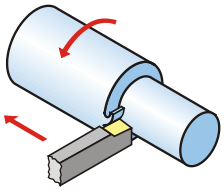
Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

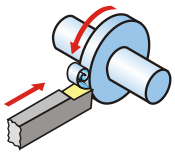
Secondo la superficie di lavorazione ottenuta

Tornitura cilindrica

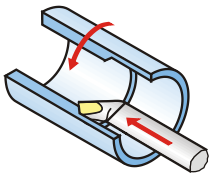
Tornitura cilindrica longitudinale



Tornitura cilindrica trasversale

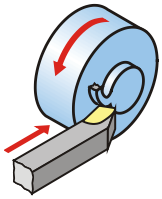


Tornitura cilindrica interna

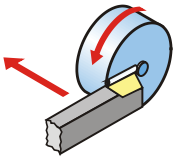


Sfacciatura

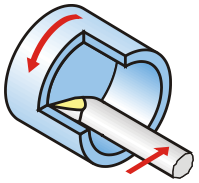
Sfacciatura longitudinale



Sfacciatura trasversale

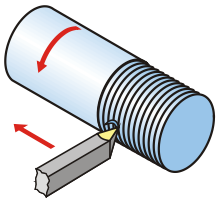


Sfacciatura interna

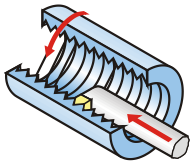


Filettatura

Filettatura esterna

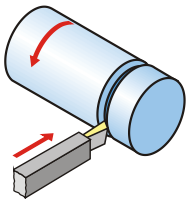


Filettatura interna

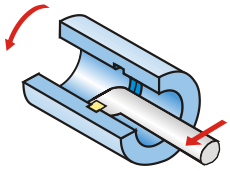


Scanalatura

Scanalatura trasversale

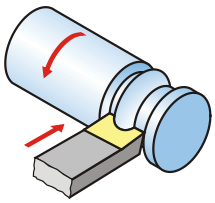


Scanalatura interna

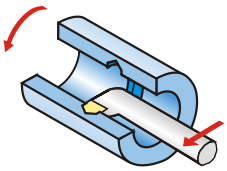


Tornitura sagomata

Tornitura sagomata trasversale esterna

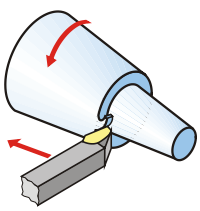


Tornitura sagomata trasversale interna

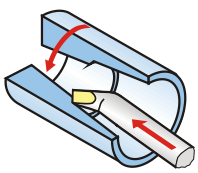


Tornitura conica

Tornitura conica



Tornitura conica interna



Teoria

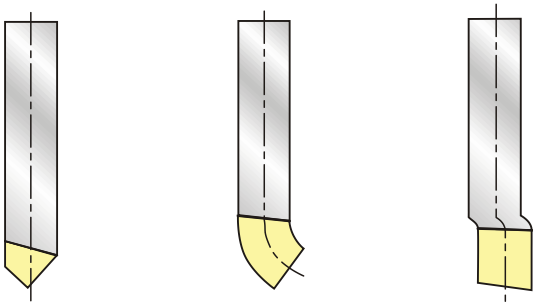
Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Utensili per tornitura

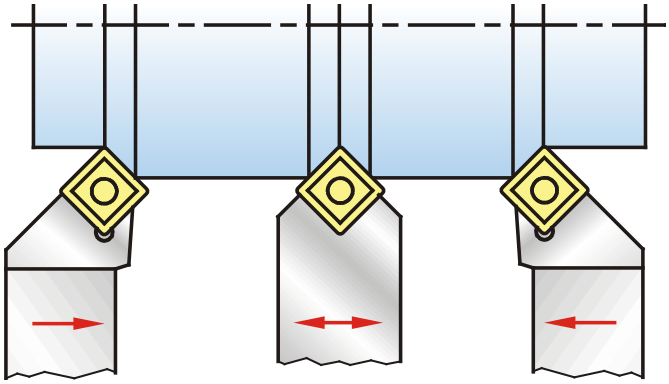
Conformemente alle forme dei pezzi richiesti, per la lavorazione vengono utilizzati differenti utensili per tornitura.

Forme base degli utensili per tornitura
La forma base degli utensili per tornitura è determinata dalla posizione spaziale del tagliente rispetto al gambo.

Utensile da tornio diritto | Utensile da tornio curvato | Utensile da tornio a gradino



Utensili da tornio a taglio sinistrorso e destrorso



sinistrorso (L) | neutrale (N) | destrorso (R)

Suggerimento:
- Osservate dal tagliente in direzione del codolo.
- Se constatate che il tagliente principale si trova sul lato destro, si tratta di un utensile con tagliente destrorso.
- Se invece il tagliente principale si trova sul lato sinistro, si tratta di un utensile con tagliente sinistrorso.



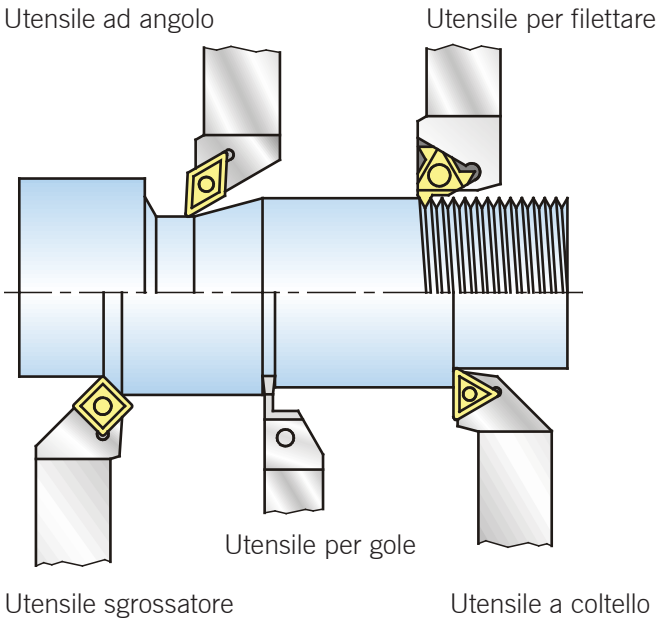
Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

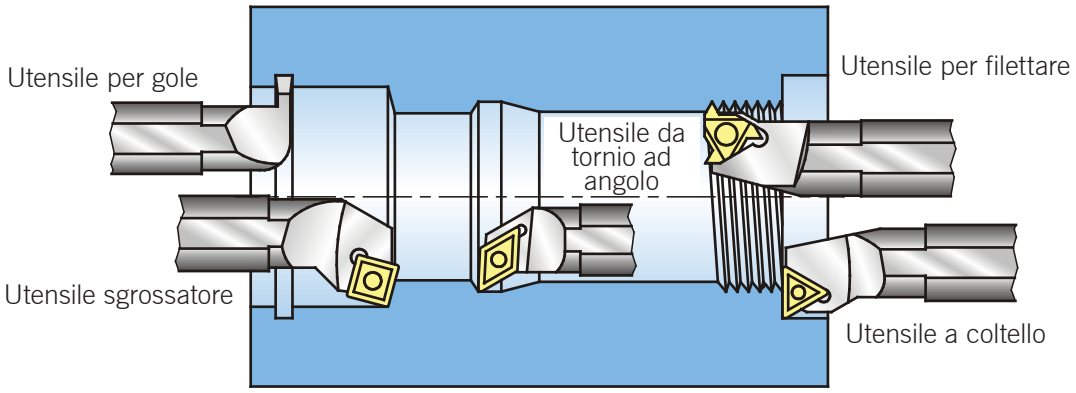
Differenziazione degli utensili per tornitura

Gli utensili per la tornitura vengono differenziati secondo vari criteri, quali la forma, la direzione di taglio, il tipo di taglio e il materiale del tagliente. Sulla base di queste caratteristiche risulta una denominazione dell'utensile come, ad esempio, utensile da tornio ad angolo, destrorso, per taglio esterno con placchette intercambiabili in metallo duro.

Utensili per tornitura esterna:



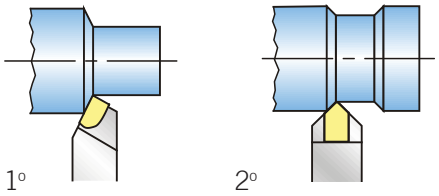
Utensili per tornitura interna:



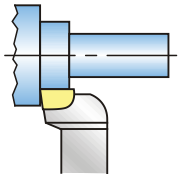
Esercizio — Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

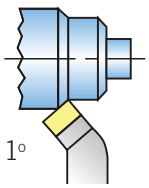
1. Menzionate i singoli metodi di tornitura e stabilite la denominazione dell'utensile in modo analogo al primo esempio.

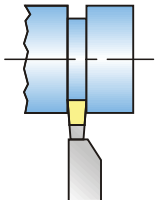
Tornitura cilindrica longitudinale

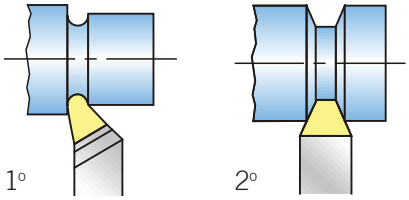


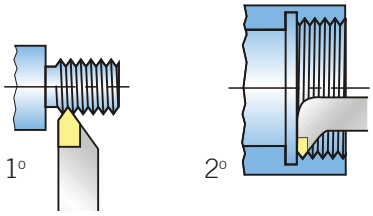
1° Utensile diritto destrorso
2° Utensile neutro

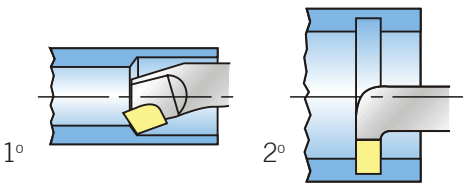


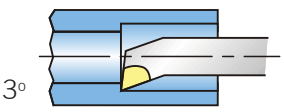












SWISSMEM

Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Tipologie e materiali del tagliente

Gli utensili per tornitura sono disponibili sia con taglienti **fissi** sia con taglienti intercambiabili. Come materiali da taglio vengono utilizzati prevalentemente l'**HSS** (acciaio super rapido) e il **metallo duro**.

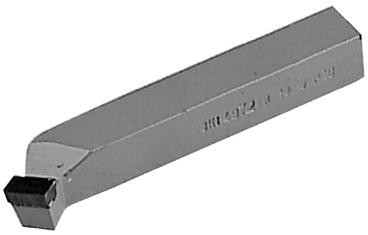
Gli **elementi grezzi in HSS** sono disponibili in forma rotonda, rettangolare e quadrata. Da questi elementi grezzi è possibile ottenere mediante affilatura gli utensili da tornio desiderati in base alle specifiche esigenze.



Impiegherete questi utensili prevalentemente per la produzione di speciali forme o esecuzione di cavità su macchine convenzionali. La forma degli utensili per tornitura profilati può essere ottenuta tramite molatura a mano o mediante macchine affilatrici per utensili.



Utensili da tornio con taglienti fissi:
Gli utensili da tornio con **placchetta in metallo duro brasata** sono composti da un codolo in acciaio per utensili e da una piastra in metallo duro non rivestita. Sono disponibili numerose qualità di metallo duro. Le più diffuse sono il P30 per l'acciaio e il K10 per la ghisa.



Questi utensili da tornio sono disponibili in tutte le forme standard e il loro petto può essere riaffilato. Vengono impiegati prevalentemente nella lavorazione singola.

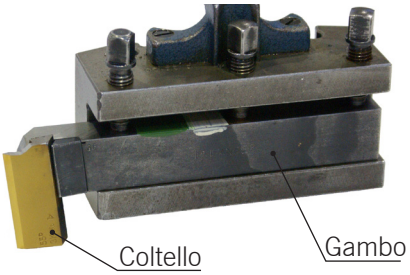
SWISSMEM

Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Utensili da tornio con taglienti intercambiabili
Oltre agli utensili con placchette intercambiabili sono anche disponibili utensili con taglienti riaffilabili.

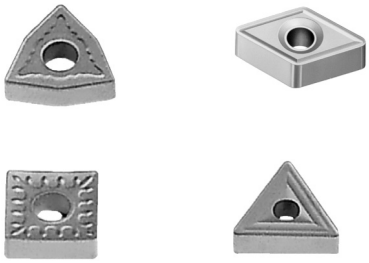
Gli utensili con **tagliente riaffilabile** vengono riaffilati solo sul petto. Sono disponibili sia per lavorazioni esterne sia per lavorazioni interne. Sugli utensili per tornitura interna è sostituibile l'intera testa, sugli utensili per tornitura esterna è sostituibile solo il tagliente. Come materiali da taglio vengono impiegati l'HSS e il metallo duro.





Gli utensili con **placchette intercambiabili** sono composti da gambo, sistema di fissaggio e placchetta intercambiabile.

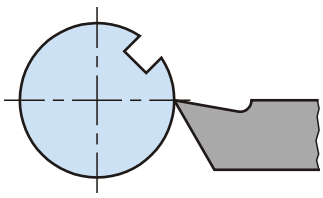




Le placchette intercambiabili sono standardizzate relativamente alla forma e alle dimensioni e vengono prodotte con i seguenti materiali da taglio:

HSS
Le placchette intercambiabili HSS sono prive di rivestimento oppure dotate di rivestimenti in TiN, TiCN o TiAlN (vedere anche **la sessione di formazione "Materiali del tagliente** nel paragrafo "Rivestimenti"). Possono essere impiegate per la lavorazione di quasi tutti i materiali.

Da un punto di vista economico è più vantaggioso l'impiego del HSS:
– con potenza della macchina limitata
– per la lavorazione di pezzi poco stabili, quali tubi con pareti sottili o alberi sottili
– con taglio interrotto



In virtù della sua elevata tenacità l'HSS è sempre più idoneo del metallo duro. Sono tuttavia disponibili delle qualità di metallo duro che potete impiegare anche con il taglio interrotto.

SWISSMEM

Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Metallo duro
In virtù della grande possibilità di scelta relativamente a tipologie, rivestimenti, forme e dimensioni, le placchette intercambiabili in metallo duro coprono pressoché tutte le esigenze del settore tornitura. Rappresentano molto spesso la prima scelta per le produzioni di serie.

Ceramica da taglio
Le placchette intercambiabili in ceramica da taglio vengono utilizzate prevalentemente nella lavorazione dei getti. Questi utensili richiedono una macchina molto potente.

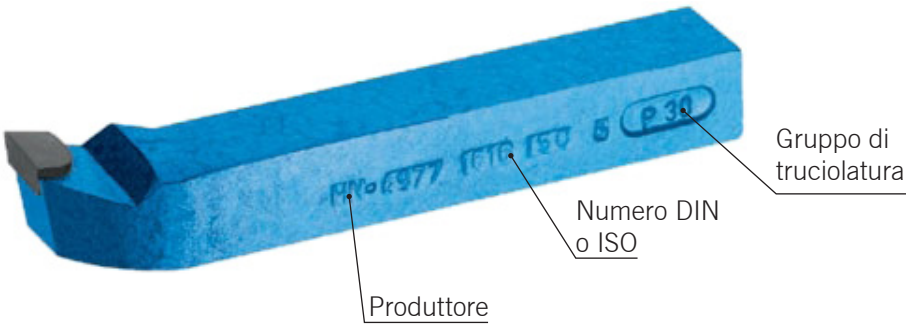
Nitruro cubico di boro (CBN), diamante policristallino (PCD)
Il CBN viene impiegato nella lavorazione fine dell'acciaio temprato e dei getti temprati. Il PCD è indicato per la finitura dei metalli non ferrosi o delle materie plastiche.

Denominazione degli utensili da tornio

La denominazione degli utensili da tornio è illustrata nel seguente esempio.

Utensile da tornio DIN 4977 - L 20 20 - P30

- Denominazione con numero DIN: utensile curvato
- Utensile sinistrorso
- Altezza gambo 20 mm
- Larghezza gambo 20 mm
- Qualità metallo duro P30 per lavorazione acciaio



Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Denominazione

Per gli utensili con placchette intercambiabili si applica il sistema di denominazione conforme alla norma ISO. Questa denominazione consente di conoscere le dimensioni, le forme e le geometrie delle placchette intercambiabili o dei gambi.

Sistema di denominazione per il **supporto gambo per lavorazione esterna** secondo ISO:

P	C	L	N	R		16	16	H	09	–	
1	2	3	4	5		6	7	8	9		10

1. Quale significato hanno le dieci posizioni? Troverete la risposta nella letteratura specialistica o nei cataloghi dei produttori.

1	2
3	4
5	6
7	8
9	10

Sistema di denominazione per **supporto gambo per lavorazione interna** (barra alesatrice) secondo ISO:

S	40	V	–	S	C	L	C	R	–	12	–	
1	2	3		4	5	6	7	8		9		10

2. Quale significato hanno le dieci posizioni?

1	2
3	4
5	6
7	8
9	10

SWISSMEM

Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Le placchette intercambiabili vengono suddivise secondo i seguenti criteri:

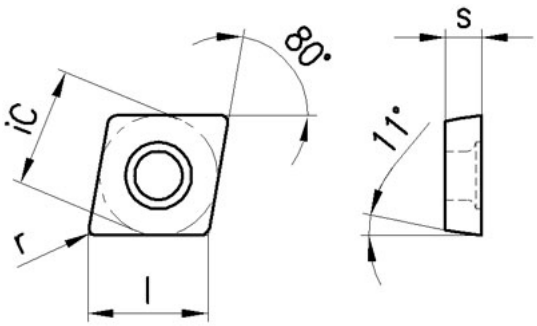
Placchetta DIN 4987 - C P M R 12 07 08 F N - P10

– Forme base delle placchette intercambiabili
– Angolo di spoglia inferiore normale sulla placchetta intercambiabile non sollecitata
– Classi di tolleranza
– Versione del petto e caratteristiche del fissaggio
– Dimensioni placchetta
– Spessore placchetta
– Raggio placchetta
– Tagliente
– Direzione di taglio
– Materiale del tagliente

Per ragioni di convenienza economica vengono impiegate delle placchette intercambiabili che vengono fissate all'utensile da tornio con collegamenti a vite o a morsetto.

Placchetta intercambiabile di forma a C:





l = lunghezza di taglio
i_C = misura di controllo
s = spessore placchetta
r = raggio placchetta

Sistema di denominazione per le **placchette intercambiabili** secondo la norma ISO:

T	**N**	**G**	**N**	**11**	**03**	**08**	**T**	**R**	–	
1	2	3	4	5	6	7	8	9		10

3. Quale significato hanno le dieci posizioni?

1	2
3	4
5	6
7	8
9	10

Teoria

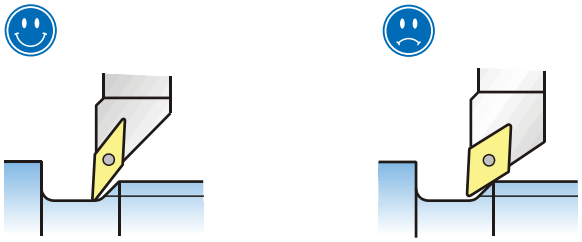
Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Scelta degli utensili giusti

Come avrete certamente notato, soprattutto nel settore delle placchette intercambiabili esiste una grande varietà di tipologie, forme, sistemi di fissaggio e materiali.
È pertanto opportuno che, prima della scelta, vi informiate su quali siano gli utensili maggiormente impiegati nella vostra azienda.

I fattori più importante per la scelta degli utensili sono:

– **La geometria del pezzo**
La forma dell'utensile impiegato dipende sostanzialmente dalla geometria del pezzo. Per i sottosquadri, ad esempio, prestate molta attenzione all'angolo.

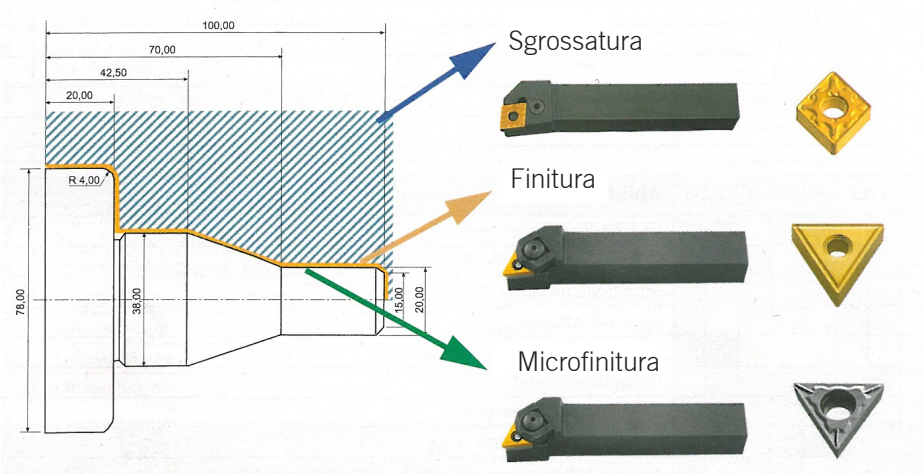


– **Il materiale da lavorare**
Se impiegate utensili HSS, dovrete scegliere il giusto angolo di lavoro per ciascun materiale. Se impiegate metallo duro, dovete scegliere sia la tipologia sia la geometria.

– **La potenza di truciolatura desiderata**
Una grande potenza di truciolatura richiede un'elevata stabilità. Scegliete quindi un utensile quanto più possibile grande con un grande angolo placchetta. Un grande raggio placcchetta determina un ulteriore aumento della stabilità.

– **La qualità delle superfici desiderata**
Se impiegate placchette intercambiabili in metallo duro, per la finitura dovrete scegliere una placchetta diversa da quella usata per la sgrossatura.

– **La potenza, la stabilità e il tipo di macchina impiegata**
Adattate sempre l'utensile alla potenza della vostra macchina. Non impiegate, ad esempio, metallo duro se la macchina non raggiunge il numero di giri desiderato.



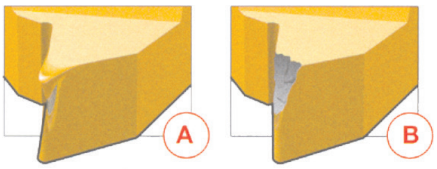
Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Valutazione delle ondizioni degli utensili di tornitura

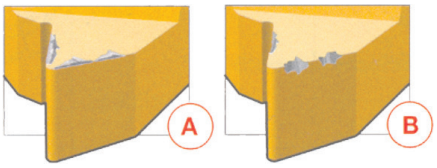
L'usura di un utensile per tornitura è un processo naturale. Diviene riconoscibile quando, ad esempio, la superficie del pezzo risulta ruvida o si presentano scostamenti dimensionali.
Sull'utensile possono verificarsi differenti problemi legati all'usura.

Deformazione plastica



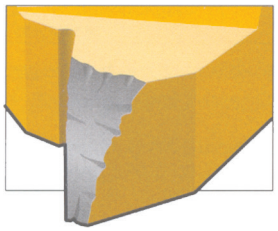
Se si presenta una deformazione plastica (A), la placchetta potrebbe rompersi rapidamente (B).
Motivi: eccessiva temperatura nella zona di taglio, alimentazione non idonea del lubrorefrigerante, qualità di metallo duro errata.

Formazione di tagliente di riporto



Se un tagliente di riporto in aumento (a) si stacca, ciò determina rotture sul bordo di taglio (B).
Motivi: Temperatura del bordo di taglio eccessiva, lavorazione di acciai a bassa percentuale di carbonio.

Rottura del tagliente



La rottura del bordo del tagliente può essere causata da un errore d'altezza dell'asse del pezzo, da un avanzamento in profondità eccessivo o dalla scelta non corretta della qualità di metallo duro.

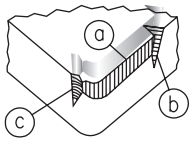
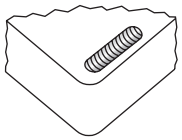
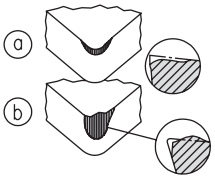
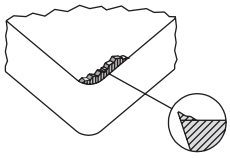
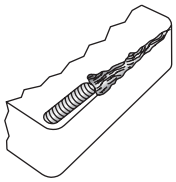
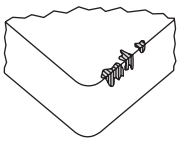
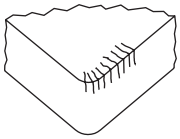
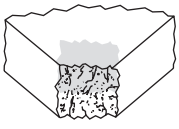
2. Cercate nella vostra azienda alcuni utensili usati. Osservate attentamente i loro taglienti con una lente d'ingrandimento. Cercate di stabilire le tipologie d'usura e di misurare l'entità dell'usura. Annotate le vostre osservazioni.

SWISSMEM

Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Usura delle placchette intercambiabili HM

Tipo di usura	Possibile causa	Provvedimento
a: usura della superficie di spoglia **b/c:** usura all'intaglio 	**a:** – Spessore truciolo troppo piccolo (a causa di un avanzamento insufficiente) – Velocità di taglio eccessiva **b/c:** Indurimento della superficie (incrudimento)	– Aumentare l'avanzamento – Ridurre la velocità di taglio – Ridurre la velocità di taglio
Usura di cratere 	Usura da diffusione a causa di temperature di lavoro eccessive sulla zona dell'angolo di spoglia superiore	– Ridurre l'avanzamento – Ridurre la velocità di taglio – Scegliere una geometria del tagliente positiva
Deformazione plastica 	Forze di taglio eccessive in abbinamento a temperature troppo elevate	**a:** – Ridurre la velocità di taglio **b:** – Ridurre l'avanzamento
Tagliente di riporto 	Il materiale si salda alla placchetta	– Aumentare la velocità di taglio – Scegliere una geometria del tagliente positiva
Fucinatura del truciolo 	I trucioli divengono troppo lunghi e urtano contro il bordo di taglio	– Ridurre o aumentare l'avanzamento – Scegliere una diversa geometria di taglio
Rotture del bordo 	– Qualità del materiale da taglio troppo dura – Avanzamento eccessivo – Deformazione da schiacciamento del truciolo	– Scegliere una qualità di HM più tenace – Ridurre l'avanzamento – Scegliere una differente geometria del tagliente
Incrinature a pettine 	Variazioni della temperatura di taglio a causa di: – Taglio interrotto – Alimentazione di lubrorefrigerante irregolare	– Scegliere una qualità di HM più tenace – Regolarizzare o interrompere l'alimentazione di lubrorefrigerante
Rottura placchetta 	– Carico eccessivo sulla placchetta – Qualità del materiale da taglio troppo dura – Placchetta troppo piccola	– Ridurre l'avanzamento e/o la profondità di taglio – Scegliere una qualità di HM più tenace – Scegliere una placchetta più spessa o più grande

SWISSMEM

Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Fissaggio dei pezzi per la tornitura

I pezzi che devono essere prodotti mediante tornitura, prima della lavorazione devono essere fissati in modo stabile e sicuro sul dispositivo di fissaggio del tornio.

Criteri per la scelta dell'utensile di truciolatura

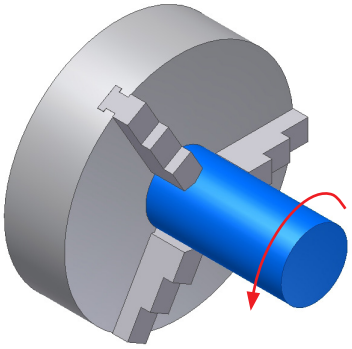
Il principale criterio per la scelta degli strumenti di fissaggio è rappresentato dalla **sicurezza**. L'eventuale distacco del pezzo dal dispositivo di fissaggio può essere causa di gravi incidenti. Verificate sempre con attenzione che la superficie di fissaggio sia adeguatamente grande e che sia stata raggiunta la forza di serraggio necessaria.

Ulteriori criteri di scelta sono:
– La forma e le dimensioni del pezzo.
– La precisione necessaria (ad es. la concentricità).
– Il numero di pezzi da realizzare.
– La possibilità di realizzare il pezzo con un solo fissaggio.

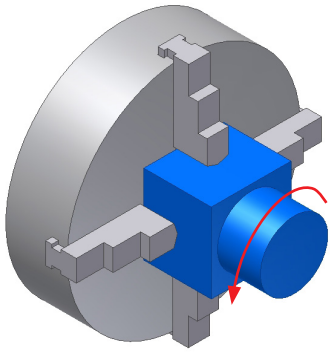
Serraggio dei pezzi

Fissaggio nel mandrino di bloccaggio
Il dispositivo di fissaggio maggiormente utilizzato sui torni è il **mandrino a tre ganasce**. È indicato per il fissaggio di pezzi tondi o a 3, 6 e 12 bordi.
Il **mandrino a quattro ganasce** viene impiegato prevalentemente per pezzi a 4, 8 e 12 bordi.

Mandrino a tre ganasce

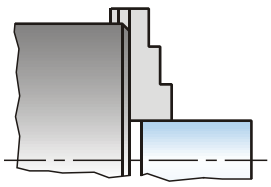


Mandrino a quattro ganasce

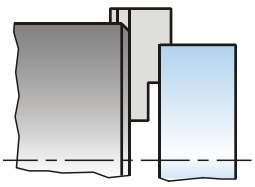


Le ganasce del mandrino di norma sono temprate e dotate di gradini. Possono essere sostituite. A seconda della versione vengono impiegate per **serraggio esterno o interno**.

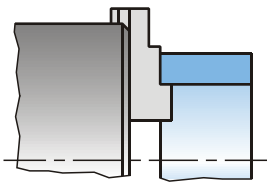
Serraggio esterno



Serraggio esterno



Serraggio interno

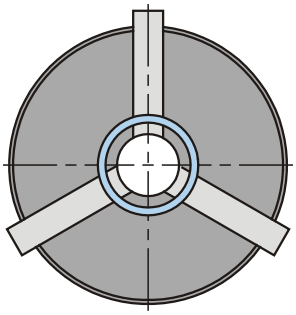


Teoria

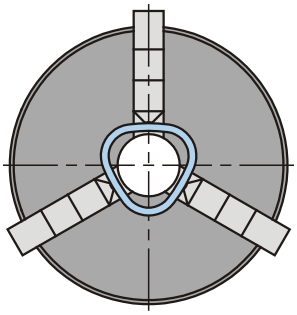
Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Le ganasce non temprate, denominate **ganasce dolci**, vengono tornite fino al raggiungimento del diametro necessario. Con queste si ottiene la necessaria precisione di concentricità, si limitano le sollecitazioni sulla superficie del pezzo (assenza di impronte) e, in virtù della migliore distribuzione delle forze di fissaggio, è possibile una minore deformazione del pezzo.

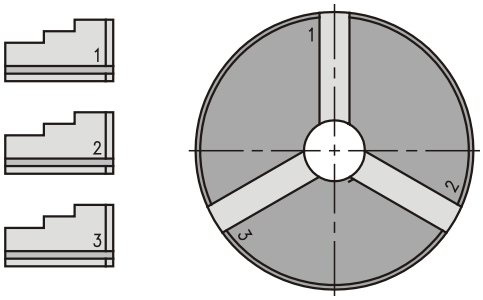
Ganasce dolci



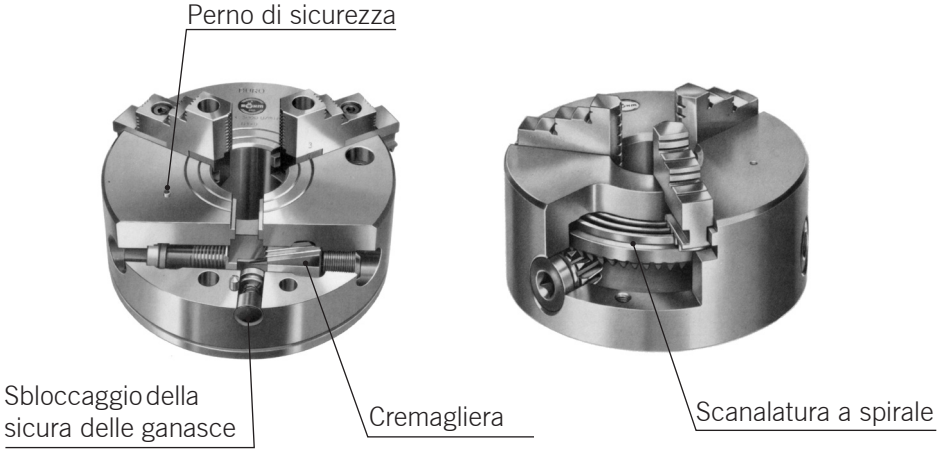
Ganasce temprate



Per ottenere/garantire la necessaria precisione di concentricità, le ganasce devono essere impiegate sempre sullo stesso mandrino e nella medesima posizione. Per questo motivo le ganasce sono **numerate**.



I mandrini possono essere ad azionamento manuale o automatico. Con i mandrini manuali le ganasce vengono mosse da una **scanalatura a spirale** o da **una cremagliera.** I costosi mandrini a cremagliera consentono elevate forze di serraggio e maggiore precisione di concentricità. Per lo spostamento delle ganasce in un nuovo campo di serraggio la cremagliera deve essere aperta girando la chiave in senso antiorario. Dopo lo sbloccaggio della **sicura**, le ganasce possono essere spostate liberamente. I mandrini automatici possono essere ad azionamento idraulico, pneumatico o elettrico. Di norma con questi mandrini è possibile tenere sotto controllo e regolare la forza di serraggio, ad esempio mediante la pressione pneumatica.



Teoria

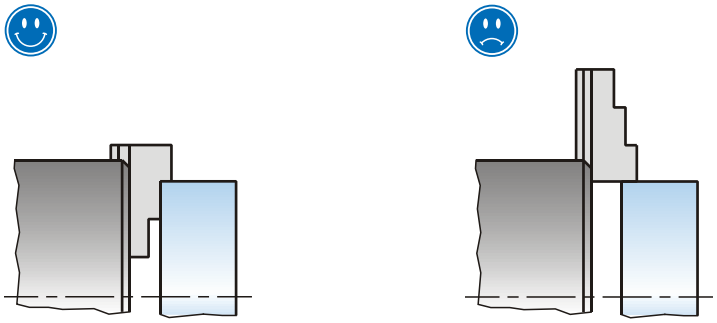
Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Sicurezza sul lavoro

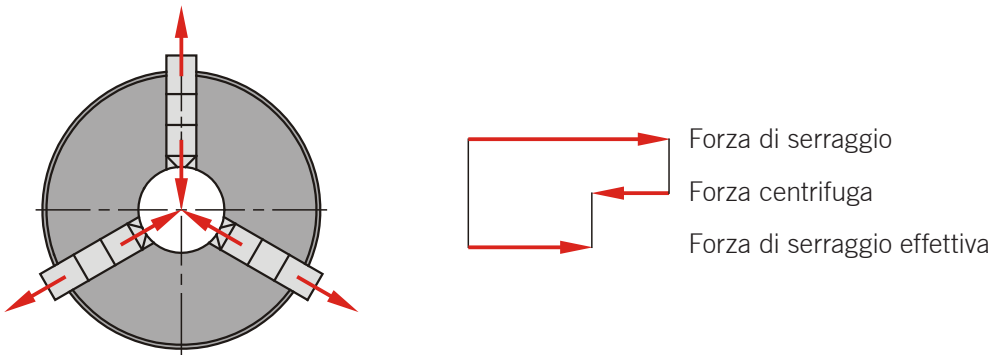


Il *perno di sicurezza* dei mandrini a cremagliera indica se la cremagliera é parzialmente in presa. Ciò significa che il campo di fissaggio scelto per il pezzo è eccessivamente grande oppure eccessivamente piccolo per il campo di serraggio impostato. In tal caso dovrete spostare le ganasce di un dente verso l'interno o verso l'esterno.
Se il perno di sicurezza sporge, il tornio non dev'essere azionato.

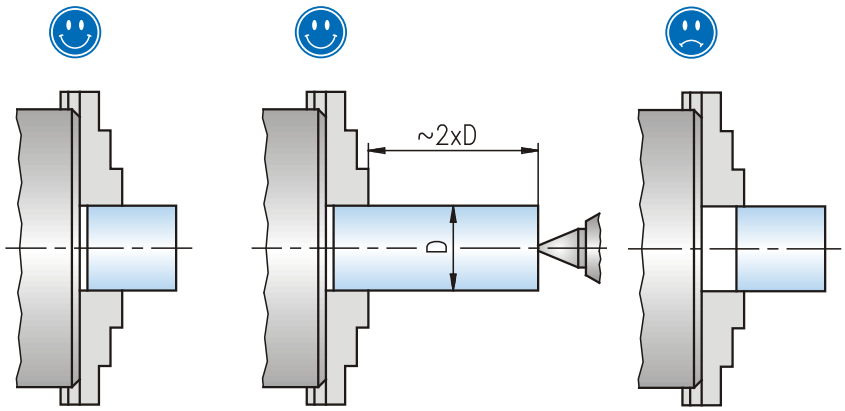
Le ganasce non devono sporgere eccessivamente dal mandrino poiché ciò comporterebbe un elevato pericolo di incidenti e una guida inadeguata. Occorre pertanto che vi atteniate tassativamente al **campo di serraggio massimo** del mandrino.



La forza di serraggio del mandrino deve essere sufficientemente grande, ovvero deve resistere alle forze della truciolatura. La forza centrifuga risultante dagli elevati numeri di giri, tuttavia, riduce in misura rilevante la forza di serraggio. Pertanto sul mandrino è indicato un **numero di giri massimo** che non deve essere superato.



Serrate sempre il pezzo il più a fondo possibile nel mandrino, affinché durante la lavorazione non venga espulso dalla forza centrifuga né si sposti a causa della pressione. Un pezzo che sporge eccessivamente dal mandrino (a partire da 2 × D), dovrebbe essere supportato possibilmente tramite una contropunta mobile nella controtesta.



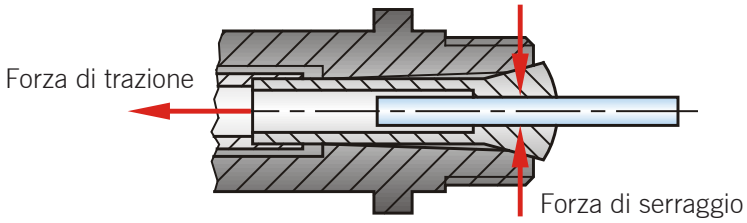
Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

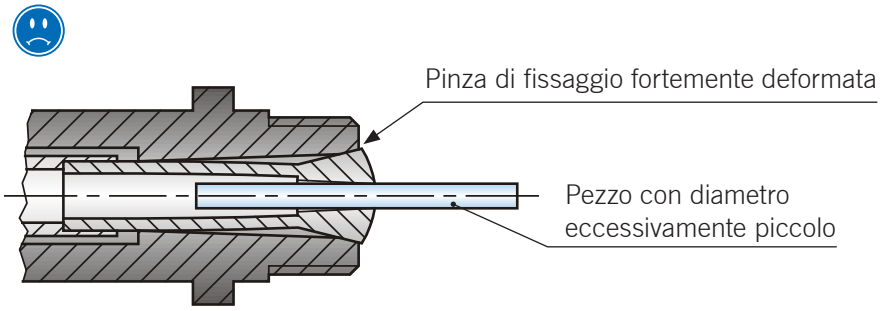
Fissaggio nella pinza

Le pinze di fissaggio vengono impiegate con pezzi di piccoli diametri (fino a 60 mm). Consentono un'**elevata precisione di concentricità**, un'**elevata forza di serraggio** e, in virtù della loro piccola massa volumica, consentono **elevati numeri di giri**. Spesso le pinze di fissaggio vengono impiegate con avanzamento barra automatico o per la lavorazione in barre.

La pinza di fissaggio è un corpo vuoto fessurato che, per il serraggio, viene inserito o premuto in un cono. In questo modo la pinza viene compressa e blocca il pezzo.

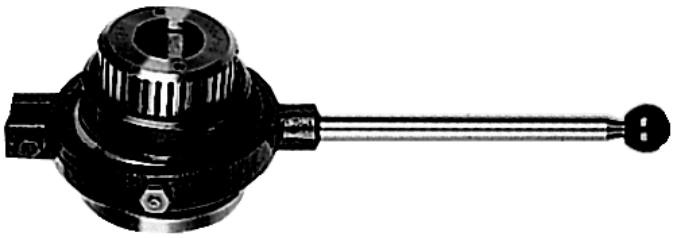


In una pinza è ammesso sempre solo il fissaggio del **diametro nominale**. Se vengono fissati diametri inferiori, la pinza subisce una deformazione permanente che la rende inutilizzabile. Affinché non venga danneggiata la superficie di serraggio della pinza, è ammesso solo il fissaggio di pezzi trafilati o lavorati.



In virtù della corsa di serraggio molto corta, l'operazione di fissaggio risulta estremamente veloce. Il serraggio della pinza avviene manualmente tramite una bussola filettata o una leva di bloccaggio. Il serraggio automatico avviene tramite un tirante ad azionamento pneumatico o idraulico.

Mandrino a serraggio rapido con leva di azionamento a manuale



Teoria

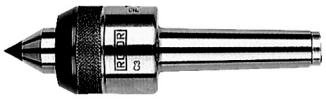
Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Fissaggio tra le punte (solo per la finitura)
I pezzi che dopo uno smontaggio devono presentare un'elevata precisione di concentricità vengono fissati tra le punte.
La guida dei pezzi avviene tramite una **contropunta fissa** ed una **mobile**. La contropunta fissa deve essere inserita nel mandrino del tornio, quella mobile nella controtesta. Effettuando l'inserimento delle punte occorre prestare la massima attenzione alla pulizia dei coni.

Contropunta fissa (lubrificare con grasso)

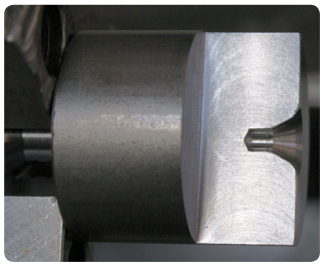


Contropunta mobile



Come fori da centro sono da preferire fori con una **forma a A**.

Foro da centro e punta con forma a A





Il moto rotatorio viene trasmesso al pezzo tramite un **trascinatore** o tramite un **trascinatore a brida con disco menabrida**.

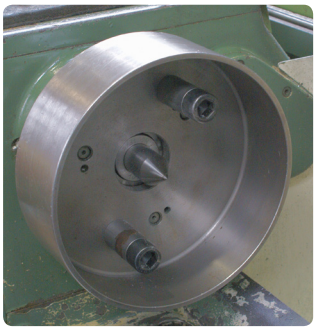
Trascinatore



Trascinatore a brida



Disco menabrida



Nel caso di impiego di un trascinatore il pezzo può essere lavorato sull'intera lunghezza. Sul lato frontale, tuttavia, si formano delle impronte che dovranno eventualmente essere eliminate tramite tornitura. Effettuando lavori con trascinatori è particolarmente importante assicurarsi che la **forza di spinta** delle contropunte sia adeguatamente grande. Per il controllo di tale forza è possibile impiegare una contropunta con indicatore di forza.

Contropunta mobile con indicatore



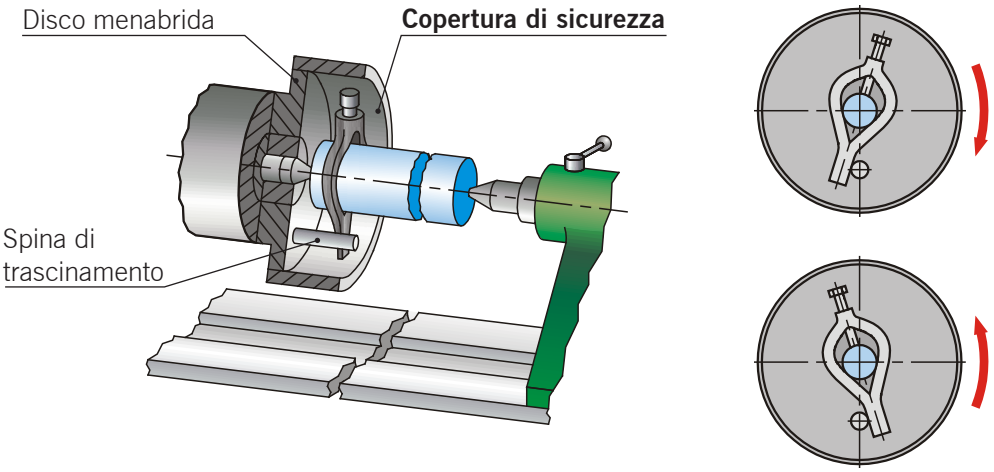
SWISSMEM

Teoria

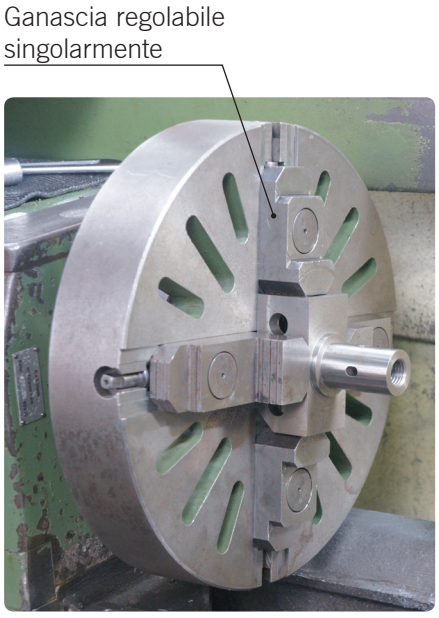
Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

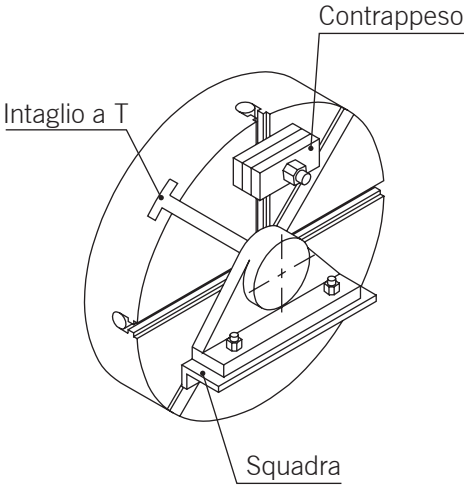
Sicurezza sul lavoro

Durante i lavori con trascinatore a brida sussiste un elevato pericolo di lesioni a causa del movimento rotatorio della spina di trascinamento e del trascinatore a brida. Pertanto devono essere impiegati solo dischi menabrida con *copertura di sicurezza*. Occorre inoltre assicurarsi che il trascinatore a brida, prima dell'avvio del mandrino principale, venga appoggiato sul lato giusto della spina di trascinamento.



Fissaggio su piattaforma
La piattaforma viene utilizzata per fissare pezzi dalla forma irregolare. Spesso le piattaforme sono dotate di quattro ganasce regolabili singolarmente. In questo modo i pezzi rettangolari possono essere fissati in modo eccentrico. Altri pezzi possono essere fissati con elementi di fissaggio usuali, quali ad es. squadre o staffe di bloccaggio. A tal fine la piattaforma è dotata di intagli a T e asole. Lo squilibrio risultante deve essere compensato mediante contrappesi. Il numero di giri massimo è relativamente basso e deve essere tassativamente osservato.



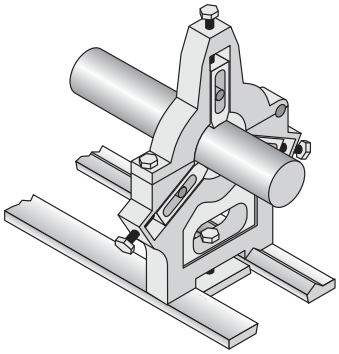


Teoria

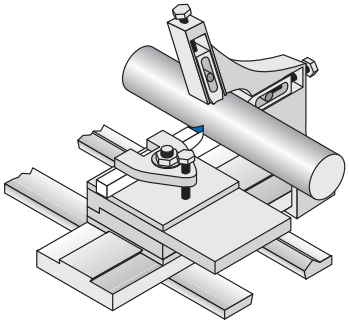
Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Fissaggio mediante lunette

Durante la lavorazione di pezzi lunghi sussiste il pericolo che questi possano piegarsi ovvero possano vibrare o saltellare. Per impedire questo inconveniente, per la lavorazione al tornio i pezzi lunghi vengono supportati da **lunette**.
Si distingue tra:
– lunette fisse
– lunette mobili



La lunetta fissa viene serrata sul bancale della macchina. Viene utilizzata soprattutto per la lavorazione della superficie frontale, ad es. intestatura, tornitura interna, foratura, svasatura.



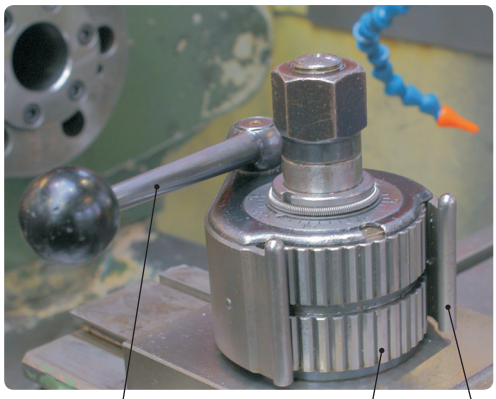
La lunetta mobile viene avvitata sui carrelli della macchina e serve come controsupporto mobile nel processo di tornitura.

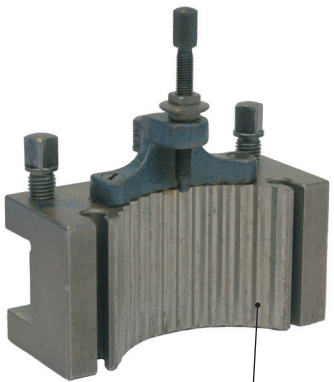
Fissaggio degli utensili per tornitura

Effettuando il fissaggio delle placchette intercambiabili dovrete tassativamente prestare molta attenzione a quanto segue:
– che la placchetta scelta sia adatta al sistema di fissaggio relativamente alla forma, al tipo e alle dimensioni.
– che la sede della placchetta sia assolutamente pulita.
– che la placchetta intercambiabile venga fissata all'utensile fornito dal produttore. L'utensile deve essere fissato in una morsa a vite o nel portautensili.

Normalmente gli utensili per tornitura vengono fissati in un **supporto a cambio rapido**.

Sistema di cambio rapido:





Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

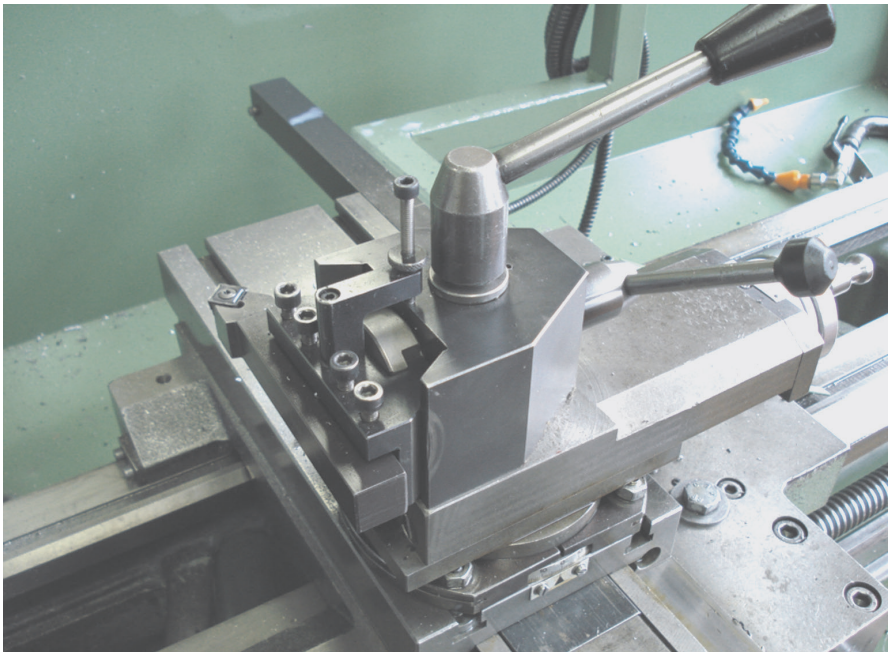
Sulle tornio convenzionali **gli utensili per foratura** vengono fissati nella controtesta mediante un mandrino per punte, una pinza o un cono Morse.

Fissaggio degli utensili

Per mezzo di un supporto a cambio rapido, l'utensile per tornitura viene fissato sul carrello superiore. L'utensile viene regolato con precisione sul centro del pezzo mediante una vite di regolazione.
Il supporto a cambio rapido è composto da un corpo base che viene fissato sul carrello superiore. L'utensile viene fissato nel porta utensile. Il porta utensile con l'utensile viene successivamente fissato al corpo base.

3. Scrivete le lettere nei spazi appositamente predisposti e tracciate delle linee che raggiungano la posizione corrispondente all'interno dell'illustrazione.

A = 4 Viti di fissaggio
B = Leva di bloccaggio del porta utensile
C = Corpo base
D = Vite di regolazione
E = Leva mobile
F = Porta utensile
G = Carrello superiore
H = Utensile

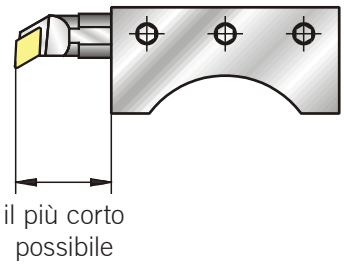


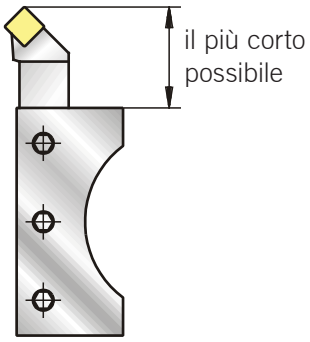
SWISSMEM

Teoria

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

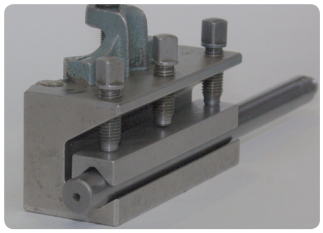
Regole base per il serraggio degli utensili per tornitura:
Serrare sempre gli utensili in modo che risultino il più possibile corti e saldi. In questo modo si evitano vibrazioni dell'utensile e, conseguentemente, una maggiore qualità delle superfici.

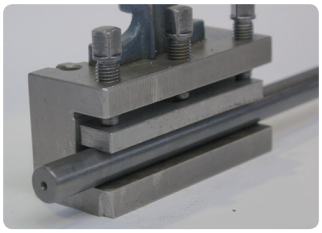


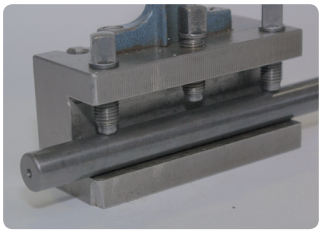


– Nel caso degli utensili per tornitura interna scegliere sempre il diametro del gambo più grande possibile per ottenere un'elevata stabilità. Considerate però attentamente che la testa dell'utensile **deve misurare al massimo ¾ del diametro del foro**. In questo modo si garantisce una buona evacquazione del truciolo.

– Fissate sempre gli utensili per tornitura interna che presentano una sezione rotonda del gambo con un supporto con prisma.

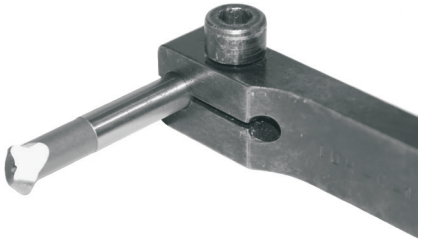






– Soprattutto per le barre alesatrici piccole utilizzate sempre un alloggiamento di fissaggio.



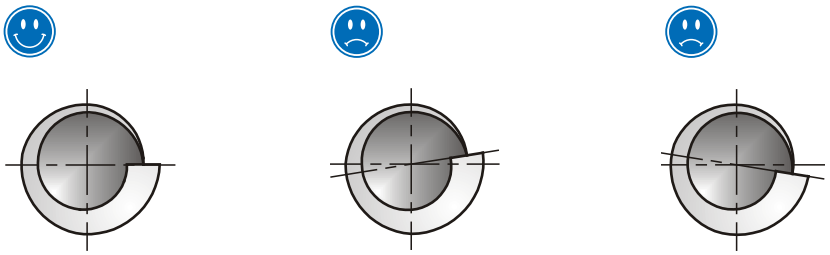


SWISSMEM

Teoria

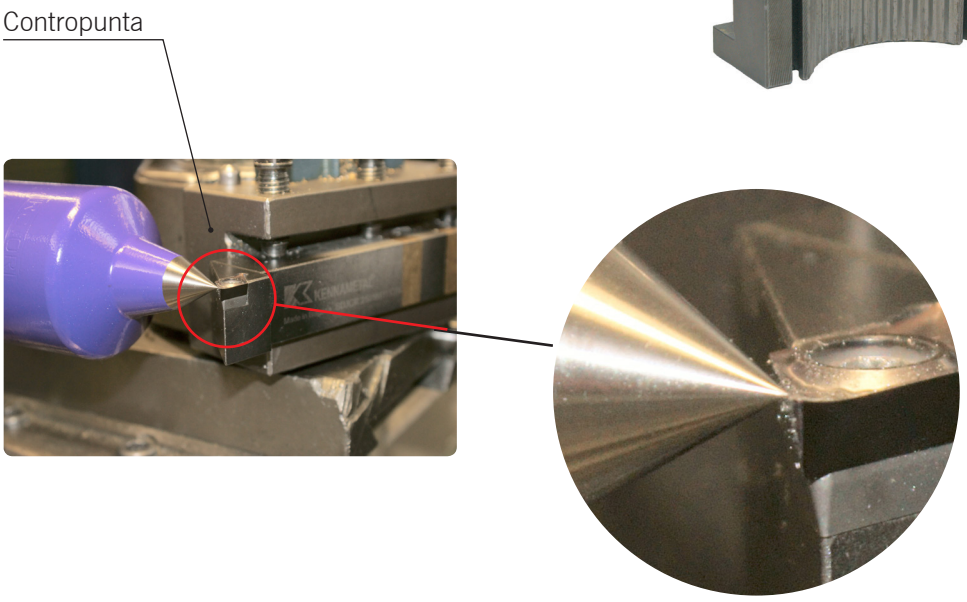
Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

– Nel caso degli utensili per tornitura interna con gambo cilindrico posizionate con precisione il bordo di taglio. Posizionando con precisione il bordo di taglio verificherete che vengano mantenuti gli angoli del tagliente.



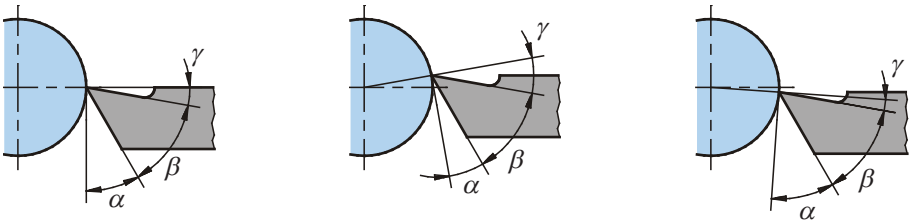
– Regolate l'utensile per tornitura sempre all'altezza del centro del pezzo **(altezza della contropunta)**. Questa regolazione avviene mediante spessori o una vite di regolazione. Controllate la corretta regolazione mediante la contropunta inserita nella controtesta o un calibro di regolazione.





Sicurezza sul lavoro

Se l'utensile non si trova all'altezza corretta, si modifica l'angolo sul tagliente. Un posizionamento sopra il centro può impedire l'asportazione di truciolo (angolo di spoglia inferiore negativo). Con una posizione al di sotto del centro il pezzo tende a sollevarsi sull'utensile causando gravi incidenti.



Verifica delle conoscenze

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Domande di verifica

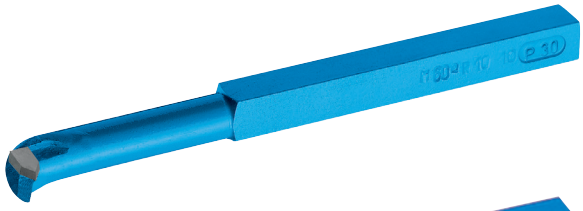
1. Come vengono classificati i processi fondamentali della tornitura?

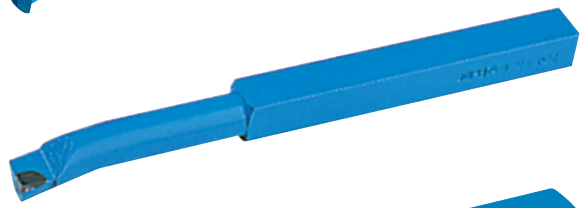
2. A cosa occorre prestare attenzione nella sfacciatura trasversale relativamente alla posizione del tagliente dell'utensile?

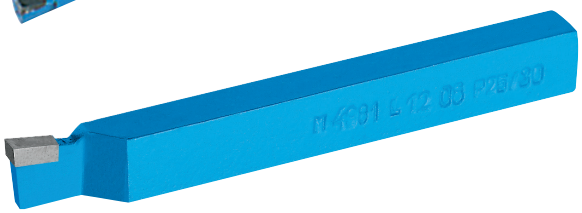
3. Perché nella troncatura con un utensile per troncatura è possibile procedere senza guida?

4. Denominate i 4 utensili per tornitura illustrati.









SWISSMEM

Verifica delle conoscenze

Impiego degli utensili di tornitura e dei dispositivi di fissaggio

Domande di verifica

5. Quando vengono impiegati gli elementi grezzi in HSS?

6. Cosa vi fa venire in mente la denominazione P30?

7. Menzionate il campo di applicazione della ceramica da taglio.

8. Che requisiti deve avere un tornio se volete utilizzare utensili in metallo duro con il massimo rendimento?

9. Cosa si intende per intervallo tra due affilature?

10. Cosa si intende per tagliente di riporto e come si può impedire questo fenomeno?

Nozione:

Contromisura:

Attività

Tornitura esterna dei pezzi



– Tornire diametri esterni
– Tornire i pezzi fino ad una qualità della finitura superficiale inclusa nella classe di rugosità Ra 1,6
– Tornire diametri tollerati all'interno della tolleranza fondamentale IT 7
– Tornire lunghezze tollerate all'interno della tolleranza 0,05 mm
– Eseguire filettature esterne con la filiera
– Eseguire filettature esterne con utensile da tornio
– Eseguire gole, sottosquadri o troncatura dei pezzi

Domande di base



1. Avete a disposizione diversi tipi di torni, sulla base di quali criteri scegliete la macchina?

2. Per la vostra commessa di tornitura avete bisogno dei documenti di fabbricazione. Elencate i documenti necessari.

3. Da dove ricavate i dati per le velocità di taglio?

4. Quale classe di rugosità raggiungete con la tornitura?

5. Quali sono le riflessioni che occorre fare per decidere se utilizzare o meno il lubrorefrigerante?

SWISSMEM

Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

Molti infortuni vengono causati da una errata manipolazione inappropriata di utensili e macchine utensili. Questa sessione di formazione vi aiuterà a riconoscere i pericoli di incidenti durante la tornitura ed adottare un comportamento corretto. Gli incidenti possono essere evitati osservando con scrupolo le norme di sicurezza, adottando un comportamento corretto e riflettendo bene mentre vi trovate sulla postazione di lavoro.

Sicurezza sul lavoro

- **Lavorate solo su torni che conoscete! Imparate per prima cosa dove si trova l'interruttore principale, come si attiva e disattiva il mandrino e come si aziona l'avanzamento. Iniziate la tornitura solo se vi sentite sicuri nell'azionamento dei comandi della macchina!**
- **I dispositivi di protezione e allarme non devono essere rimossi dalla macchina!**
- **Eventuali difetti della macchina, come ad esempio un cavo scollegato, devono essere tempestivamente segnalati al proprio responsabile!**
- **Indossare abbigliamento aderente, correttamente allacciato e calzature chiuse!**
- **Indossate sempre gli occhiali di sicurezza!**
- **Non indossate anelli o collane!**
- **Bloccate in modo sicuro il pezzo!**
- **Sui mandrini a cremagliera il perno di sicurezza non deve sporgere!**
- **Non lasciate mai la chiave di serraggio inserita nel mandrino!**
- **I pezzi lunghi da lavorare al tornio devono essere sostenuti con contropunte!**
- **Serrate il pezzo in modo che non sporga eccessivamente!**
- **Scegliete dati di taglio ragionevoli ed impostateli correttamente nella macchina!**
- **Ottenete un buon flusso dei trucioli, in modo da evitare che la vostra sicurezza e quella di altre persone possa essere compromessa dal lancio dei trucioli!**
- **Rimuovere i trucioli solo con l'apposito gancio!**
- **Limitate la corsa d'avanzamento con la battuta!**
- **Durante il lavoro non lasciatevi distrarre da altre persone e non distraete nessuno!**
- **Non eseguite mai le misurazioni con la macchina in funzione!**
- **Quando fermate il mandrino del tornio non frenatelo con le mani!**
- **Per la pulizia o la messa a punto della macchina è necessario spegnere l'interruttore principale!**
- **Prima di allontanarvi disattivate sempre la macchina per tornire!**

1. Informatevi su quali siano le norme, ad esempio norme SUVA, o i regolamenti aziendali che vengono osservate/osservati nella vostra ditta.

2. Tutte queste prescrizioni hanno lo scopo di evitare gli incidenti. Se tuttavia dovesse verificarsi un incidente, dovete sapere come comportarvi correttamente.

Annotate quale sia il comportamento da adottare nel caso voi o altri colleghi subiate un incidente. Dovreste sapere, ad esempio, chi dovete informare o dove si trova la cassetta del pronto soccorso.

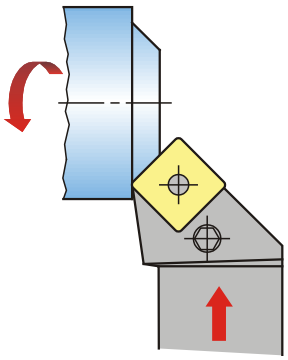
Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

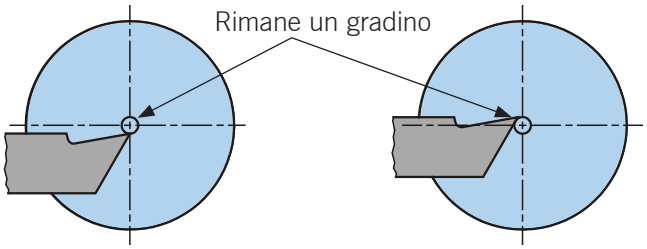
In questa sessione di formazione imparerete come si producono semplici componenti torniti su macchine convenzionali.
Prima di iniziare questa sessione di formazione dovete aver completato la sessione di formazione "Sicurezza sul lavoro, tornitura".

Sfacciatura

Eseguendo la sfacciatura in piano viene realizzata una superficie frontale piana. Di norma, nella tornitura, la sfacciatura viene eseguita come prima fase del lavoro. In questo modo si ottiene una superficie di base per la misura della lunghezza.



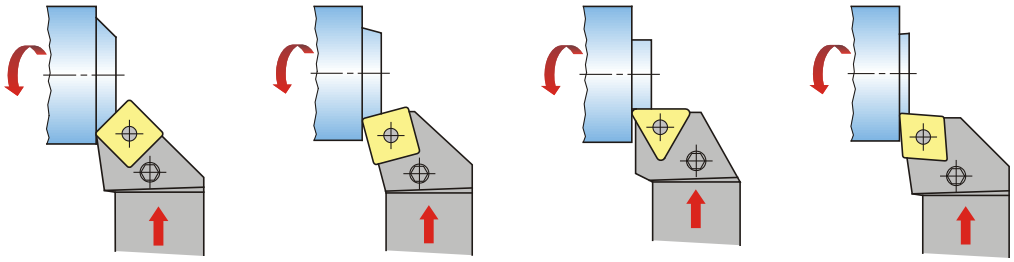
Nella sfacciatura, per ottenere una superficie frontale pulita, deve essere regolato correttamente al centro del pezzo. Se l'utensile si trova sotto il centro, rimarrà un gradino. Se l'utensile si trova sopra il centro, a partire dal centro non sarà possibile alcuna asportazione di truciolo. L'utensile eserciterà solo più pressione.



Sotto il centro il testimone risulta cilindrico

Sopra il centro il testimone risulta conico

Di norma per la sfacciatura viene impiegato un utensile sgrossatore con un angolo di registrazione di 45°. Possono essere utilizzate, tuttavia, anche altre forme dell'utensile.

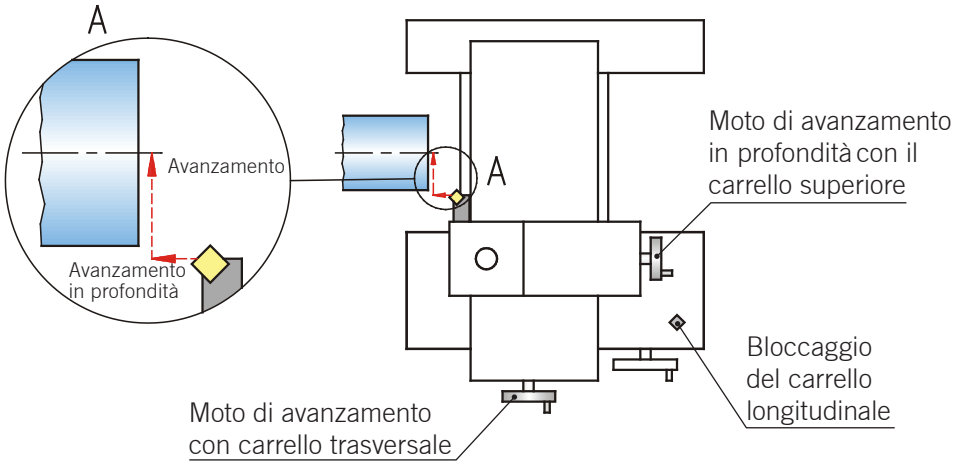


SWISSMEM

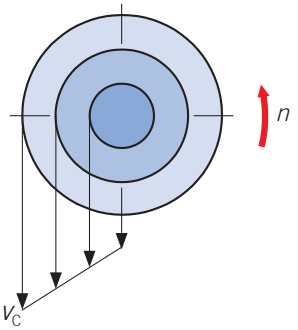
Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

Il moto di avanzamento viene eseguito con il carrello trasversale. Il carrello longitudinale viene bloccato. Il moto di avanzamento in profondità viene eseguito di norma con il carrello superiore. Valori maggiori o non eccessivamente precisi possono essere raggiunti anche con il carrello longitudinale.



Verso il centro del pezzo, con un numero di giri costante la velocità di taglio diminuisce sempre. Pertanto eseguendo la tornitura manuale, verso il centro e oltre occorre ridurre l'avanzamento.



3. Esercitatevi nella sfacciatura senza avanzamento (solo con la manopola) e senza precisi requisiti dimensionali.
Come materiale grezzo utilizzate una barra tonda in 11SMnPb30+C con diametro di 40 mm e una lunghezza pari ad almeno 110 mm.
Il risultato dovrebbe essere un albero intestato correttamente su entrambi i lati e lungo 100 mm. Utilizzerete nuovamente questo albero per il successivo esercizio. Affinché non dobbiate misurare, potete segnare la lunghezza di 100 mm sul pezzo mediante un'incisione o un pennarello indelebile.

Prima di iniziare la tornitura rispondete alle seguenti domande:
Quale utensile da tornio scegliete e a cosa prestate particolare attenzione nel fissaggio dell'utensile? Come fissate l'utensile? Quale numero di giri scegliete?

Sfacciatura a misura

Procedura
- Misurate la lunghezza del pezzo grezzo. Sui pezzi menzionati dovete prima intestare le due superfici frontali, quindi misurare la lunghezza.
- Fissate l'utensile.
- **Sfiorate** leggermente il lato frontale con l'utensile. Per eseguire ciò avvicinatevi molto lentamente con il carrello superiore verso il pezzo in rotazione, finché l'angolo dell'utensile sfiora la superficie frontale del pezzo da tornire. Quindi azzerate la corona con la scala o l'indicatore numerico. Per eseguire l'intestatura bloccate il carrello longitudinale.

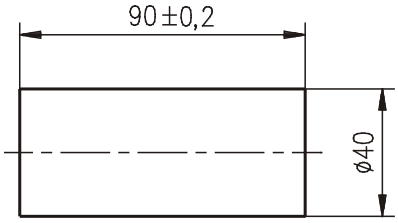
SWISSMEM

Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

– Regolate con la manopola la profondità di taglio desiderata. Per l'avanzamento dovete sempre portare il carrello contro il pezzo. Se per errore siete andati oltre, dovete tornare indietro di almeno mezzo giro e avanzare nuovamente. In questo modo si annulla il gioco del carello superiore.
– Normalmente, dopo uno o più passate di intestatura, si misura il pezzo e, successivamente, si ultima la tornitura. Con la sfacciatura, tuttavia, il pezzo spesso non può essere misurato mentre è fissato. Il pezzo deve essere quindi tolto dal mandrino, misurato, nuovamente fissato e nuovamente sfiorato. Per questa ragione, effettuando la sfacciatura, è opportuno non eseguire molte misurazioni, bensì concentrarsi soprattutto sulla precisione d'azzeramento.

4. Tornite il pezzo del compito 3 fino ad ottenere una lunghezza di 90 ±0,2 mm.



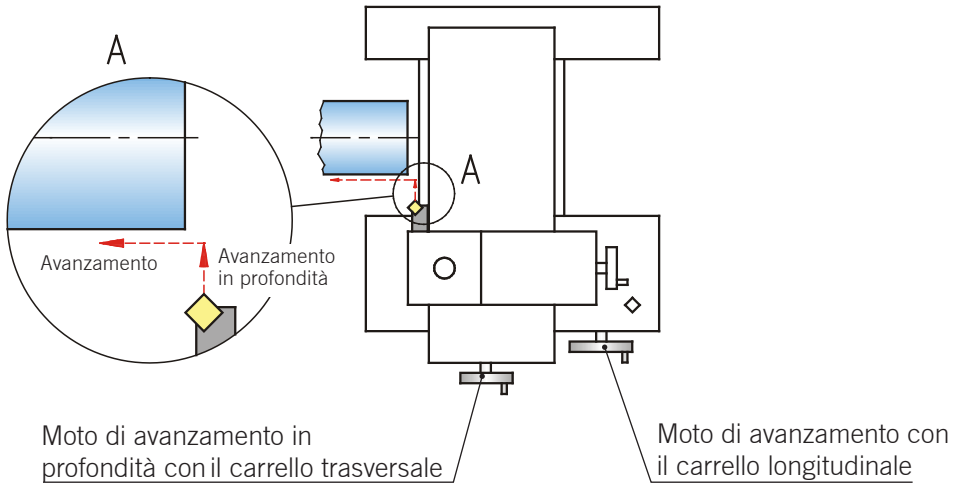
Utilizzate a tal fine l'avanzamento meccanico. Durante l'operazione mantenete una mano sulla leva d'avanzamento, in modo tale da poter fermare l'avanzamento in qualsiasi momento.

Prima di iniziare la tornitura, annotate quali dati di taglio (profondità di taglio, avanzamenti e numero di giri) intendete utilizzare.

Dopo la conclusione del lavoro di tornitura annotate se i dati di taglio previsti si sono dimostrati efficaci. Se durante la tornitura avete modificato i dati di taglio, prendete nota dei nuovi valori e dei motivi della modifica.

Tornitura longitudinale

Con la tornitura longitudinale il moto di avanzamento viene eseguito con il carrello longitudinale. Il moto di avanzamento in profondità avviene sul carrello trasversale.

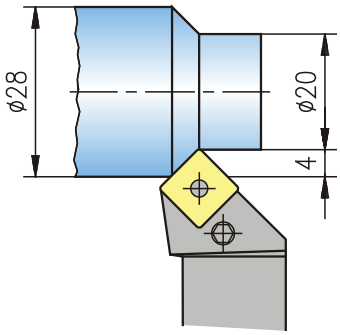


Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

Sicurezza sul lavoro

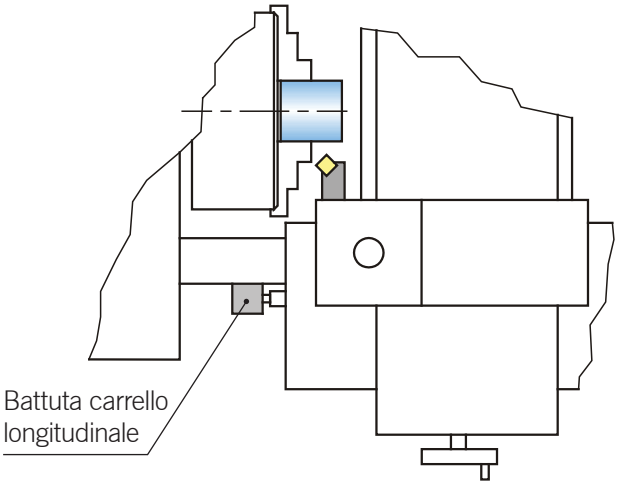
Normalmente sulla scala del carrello trasversale viene indicata la profondità di passata sul diametro e non la corsa effettiva effettuata. Se, ad esempio, con la manopola effettuate un avanzamento di 8 mm, ottenete una profondità di taglio di 4 mm.



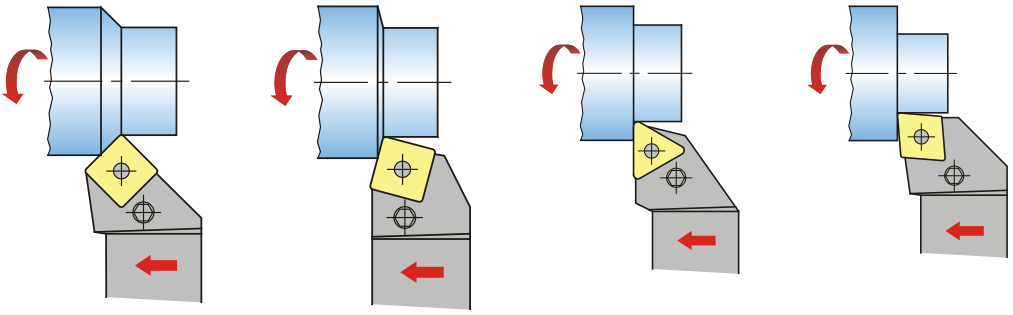
Sicurezza sul lavoro



Con la tornitura longitudinale dovete sempre porre una battuta affinché non possiate, in nessun caso, andare in collisione col mandrino. Ponete la battuta anche se lavorate senza avanzamento.



Per la tornitura longitudinale possono essere impiegate differenti forme dell'utensile. Per la sgrossatura tuttavia vengono impiegati prevalentemente utensili con piccoli angoli di registrazione.



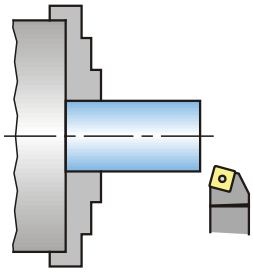
Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

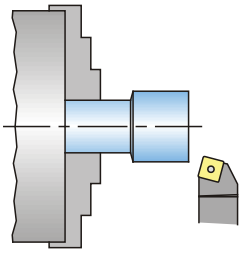
5. Tornite ulteriormente il pezzo dell'esercizio 4 fino ad un diametro di 30 ±0,1 mm. La qualità della superficie deve essere Ra 6,3.

Affinché il pezzo da tornire possa essere lavorato sull'intera lunghezza, dovete toglierlo una volta. Conseguentemente è possibile che i due lati non siano più concentrici l'uno rispetto all'altro.

Primo fissaggio



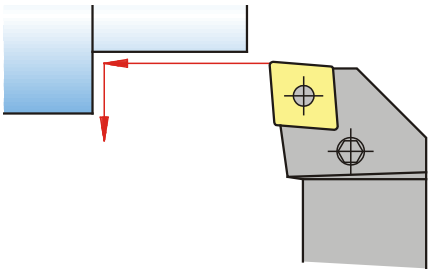
Secondo fissaggio
in ganasce dolci



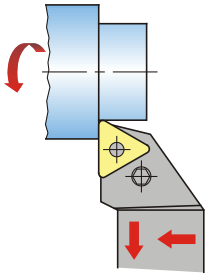
6. Determinate lo scostamento della concentricità sorta con la ripresa
Quali possibilità di fissaggio potete scegliere per migliorare la concentricità?

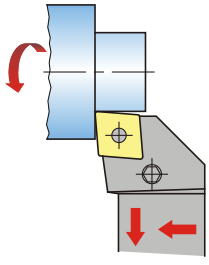
Tornitura a diversi livelli

La tornitura a diversi livelli è una combinazione di tornitura longitudinale e sfacciatura. I gradini vengono presgrossati in modo tale che, sia sul diametro sia sulla lunghezza, rimanga un sovrametallo per la finitura. Successivamente il diametro e la lunghezza vengono portati alla misura necessaria con la finitura. Le superfici frontali possono essere intestate dall'interno verso l'esterno.



Per la tornitura a diversi livelli vengono impiegati utensili a coltello e utensili ad angolo.



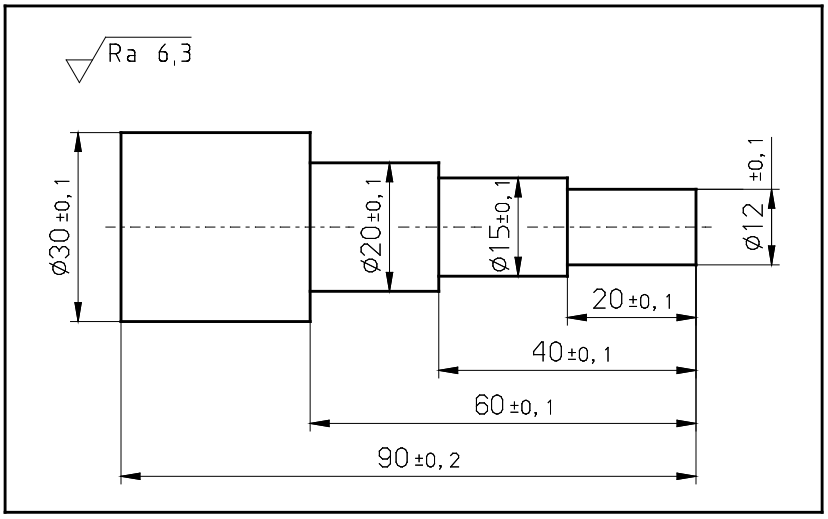


SWISSMEM

Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

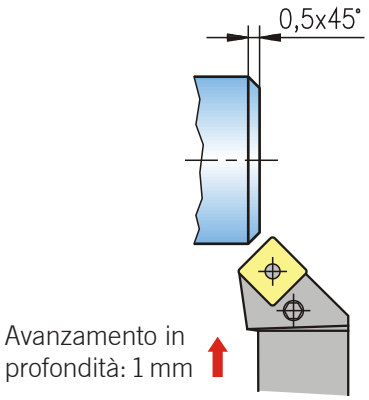
7. Tornite con il pezzo del compito 5 il seguente albero a gradini e realizzate, prima della tornitura, un programma di lavoro.



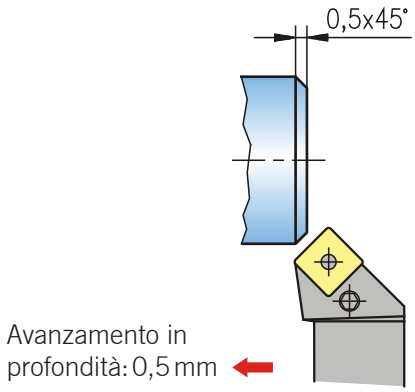
Smussatura

Di norma ogni bordo che non venga indicato differentemente deve essere dotato di uno smusso 0,2 ... 0,4 mm per 45°. Potete realizzare lo smusso sia con il carrello superiore sia con il carrello trasversale. Considerate che per uno smusso di 0,5 × 45°, secondo la scala del carrello trasversale dovete spostarvi di un 1 mm.

Smussatura con carrello trasversale



Smussatura con carrello superiore



8. Eseguite su ogni spigolo dell'albero a gradino del compito 7 di uno smusso di 0,4 mm × 45°.

SWISSMEM

Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

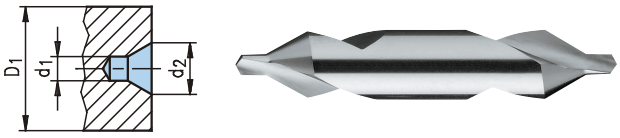
Centratura

Per la tornitura tra le punte o per consentire il supporto tramite una contropunta i pezzi da tornire devono essere dotati di fori di centraggio.

Forme

I fori da centro sono composti da un foro cilindrico e una svasatura a 60°. La **forma A**, con superficie di scorrimento diritta e priva di svasatura di protezione, è la forma maggiormente utilizzata per applicazioni normali, che non presentano particolari difficoltà. La **forma B**, con svasatura di protezione, viene impiegata se il foro da centro deve essere protetto da possibili danneggiamenti. La **forma R,** con superficie di scorrimento arrotondata consente una buona guida del pezzo, anche se la punta da centro e il foro non sono perfettamente allineati. Questo caso si presenta, ad esempio, nella tornitura conica con spostamento della contropunta.

ISO 6411 forma A:



ISO 6411 forma B:

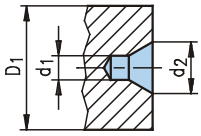


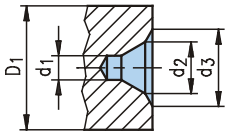
ISO 6411 forma R:

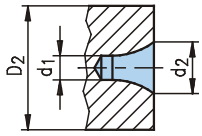


Dimensioni

Le dimensioni del foro da centro devono essere adeguate alle sollecitazioni attese. Poiché le sollecitazioni e il peso del pezzo di norma non sono conosciuti, come valore di riferimento viene utilizzato il diametro del pezzo a tornire.







Valori indicativi per le dimensioni dei fori di centraggio

Diametro albero				Foro di centraggio		
D_1		D_2				
oltre	fino a	oltre	fino a	d_1	d_2	d_3
	8		6	1	2,12	3,15
8	12	6	10	1,6	3,35	5
12	18	10	16	2	4,25	6,3
18	25	16	25	2,5	5,3	8
25	40	25	40	3,15	6,7	10
40	80	40	63	4	8,5	12,5
80	180	63	80	6,3	13,2	18

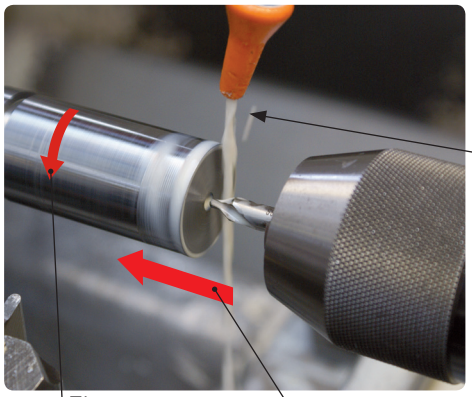
SWISSMEM

Teoria

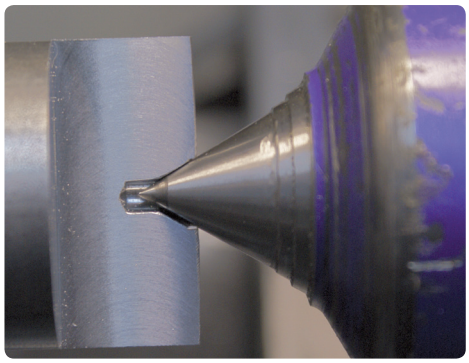
Tornitura esterna dei pezzi

Metodo di lavoro

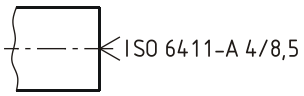
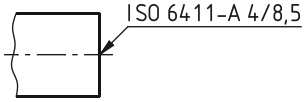
– L'estremità cilindrica della punta da centro è molto delicata e si rompe facilmente. Lavorate pertanto con un **avanzamento piccolo** e una **buona lubrificazione** nonché con un **numero di giri elevato**.



Un foro da centro eccessivamente profondo, la cui imboccatura è di conseguenza nuovamente cilindrica, non offre un buon supporto e la contropunta può danneggiarsi a causa dello sforzo sugli spigoli.



9. Facendo riferimento ai principali materiali, prendete nota dei numeri di giri e degli avanzamenti che utilizzate per la centratura.

Dati di disegno		
Il foro da centro **deve** rimanere sul pezzo finito	Il foro da centro **può** rimanere sul pezzo finito	Il foro da centro **non deve** rimanere sul pezzo finito
		

Se sul vostro disegno il centro non è stabilito, è sempre ammessa la sua realizzazione.

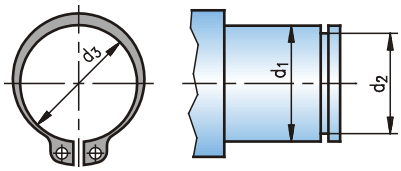
Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

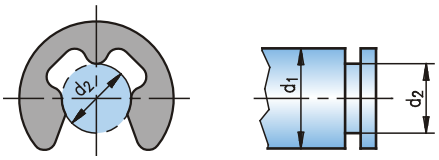
Esecuzione di gole

Le gole sono sottili scanalature che vengono prevalentemente utilizzate per il montaggio di anelli o rosette di sicurezza.

Anello di sicurezza



Rosetta di sicurezza



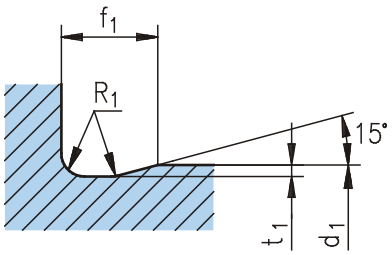
Gli utensili impiegati per la realizzazione delle gole tendono spesso a vibrare. Per questo motivo è opportuno scegliere una velocità di taglio e un avanzamento leggermente inferiore rispetto alla sfacciatura o longitudinale. Se nel corso della realizzazione di gole si presenta un forte saltellamento, può essere utile fissare l'utensile per gole al contrario.



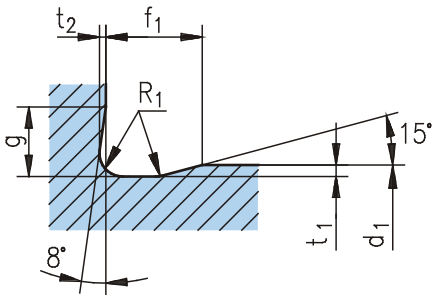
Gole di scarico

Le gole di scarico sono normalizzate, vengono impiegate in due diverse forme:

DIN 509, forma E



DIN 509, forma F

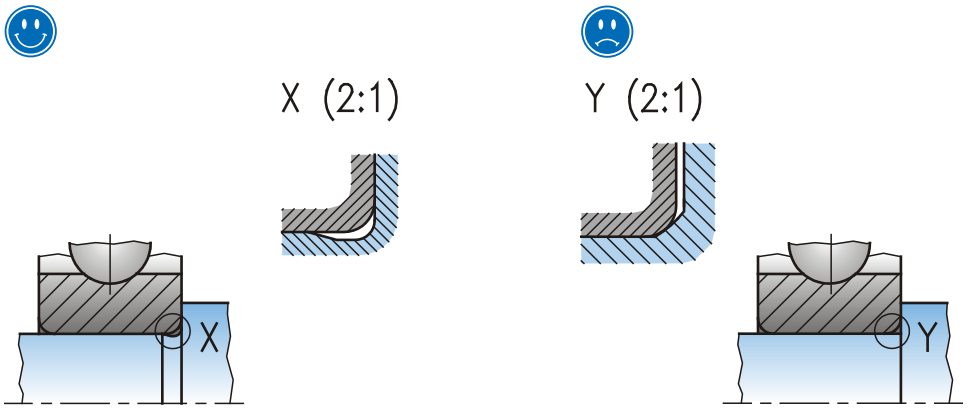


Le dimensioni per realizzare le gole di scarico si trovano in apposite tabelle nell'estratto di norme.

Teoria

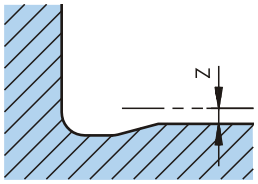
Tornitura esterna dei pezzi

Le gole di scarico vengono impiegate, ad esempio, per garantire un appoggio sicuro di un cuscinetto volvente sullo spallamento di battuta.

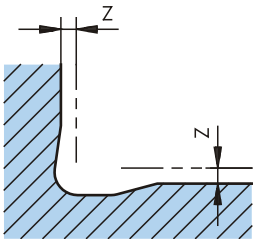


È necessario prevedere gole di scarico anche qualora un pezzo tornito debba essere sottoposto ad una successiva lavorazione mediante rettifica. Se viene rettificato solo il diametro, è possibile impiegare la forma E. Se viene rettificato sia il diametro sia il lato frontale, occorre scegliere la forma F.

Una superficie di lavorazione (forma E)

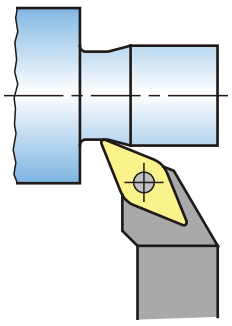


Due superfici di lavorazione (forma F)

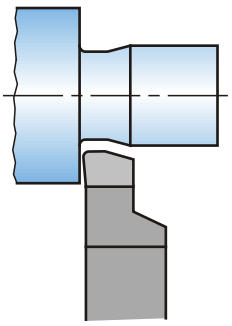


Le gole di scarico vengono realizzate con utensili ad angolo o utensili sagomati.

Utensile da tornio ad angolo



Utensile sagomato



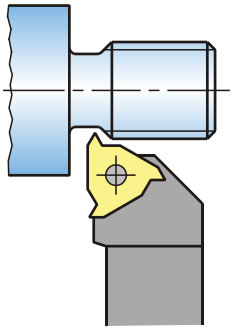
SWISSMEM

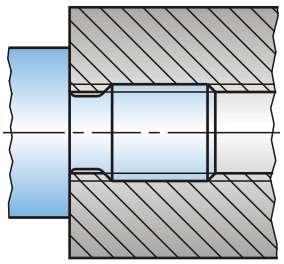
Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

Gole di scarico per filetti

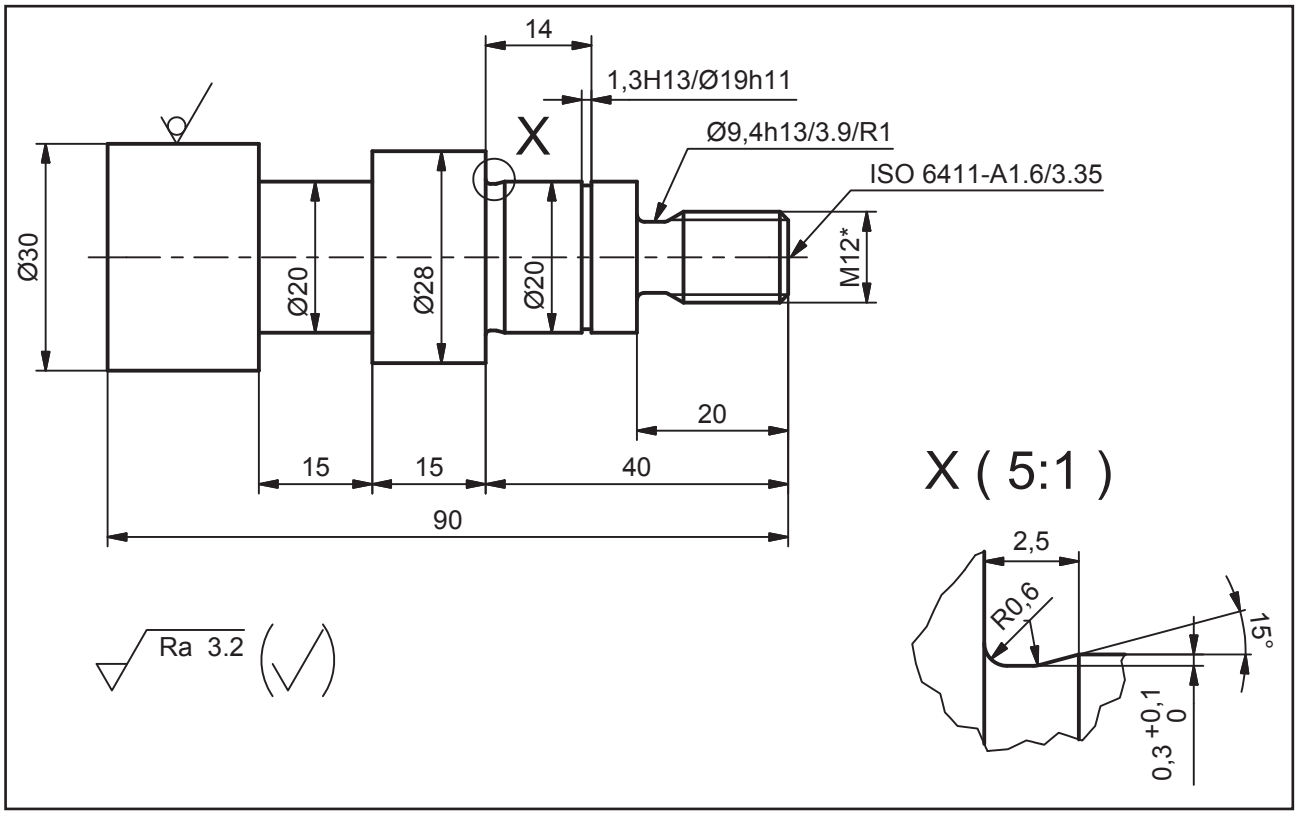
Le gole di scarico per filetti vengono adattati alle dimensioni del filetto e sono nomalizzate. (DIN 76-1). Sono utilizzate quando il filetto é realizzato con un utensile per filettare o quando il filetto deve essere avvitato fino ad una spalla.





10. Dove potete trovare le dimensioni standardizzate dei sottosquadri e delle gole di scarico per filetti?

11. Redigete i documenti di fabbricazione completi (disegni di fissaggio, elenco utensili, programma di lavoro) per il seguente componente da tornire e realizzate quest'ultimo utilizzando un materiale a vostra scelta.



* Realizzate un filetto M12 conformemente alla sessione di formazione "Maschiatura".

Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

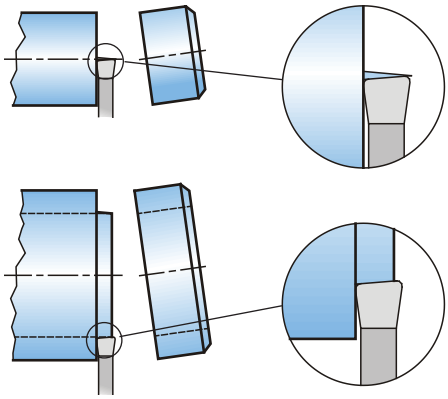
Troncatura

La troncatura viene utilizzata soprattutto quando un pezzo tornito deve essere separato dalla barra. Se un componente deve essere tornito accorciato notevolmente, la troncatura può essere utilizzata anche come alternativa alla sfacciatura.

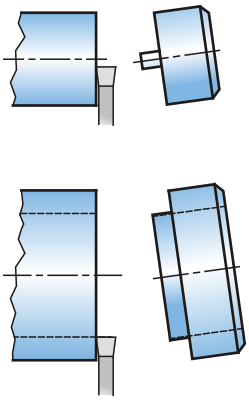
Utensili

Come utensili potete utilizzare sia utensili troncatori con bordo di taglio parallelo all'asse del pezzo sia utensili troncatori con bordo di taglio lievemente obliquo. Gli utensili troncatori con bordo di taglio lievemente obliquo consentono una troncatura priva di sbavature. Questa tipologia di utensili, tuttavia, tende a produrre vibrazioni.

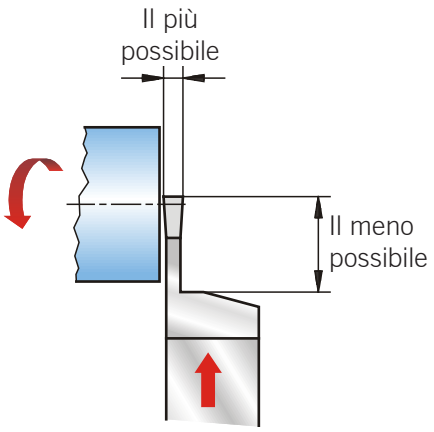
Troncatura con bordo di taglio obliquo



Troncatura con bordo di taglio parallelo



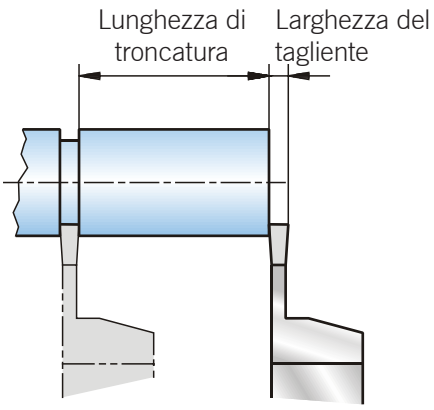
- **Scegliete un utensile per troncatura che non sia più lungo di quanto strettamente necessario.**
- **Scegliete un utensile non troppo largo. Ciò vi consentirà di ottenere un'elevata stabilità.**
- **Riducete l'avanzamento e il numero di giri rispetto a quanto fareste con la sfacciatura e con la tornitura longitudinale.**
- **Provvedete ad un'adeguata alimentazione di lubrorefrigerante. In questo modo i trucioli verranno evaquati ed eviterete il blocco dell'utensile nel pezzo.**



Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

– Per la troncatura ad una misura fissa eseguite prima una gola di ca. 2 mm. Quindi misurate la lunghezza e correggetela se necessario con il carrello superiore.
– Se, dopo aver sfiorato il lato frontale, effettuate l'avanzamento per la lunghezza di troncatura, dovete calcolare anche la larghezza del tagliente.



12. Quali valori di taglio (numero di giri e avanzamento) scegliete per la troncatura? Potete trovare i valori indicativi nei cataloghi dei produttori degli utensili.

Sicurezza sul lavoro

Non raccogliete mai il pezzo troncato con le mani!
Affinché il pezzo non venga danneggiato dovete raccoglierlo con un setaccio o con un altro dispositivo adatto.

13. Esercitatevi nella troncatura su un pezzo qualunque avente un diametro pari ad almeno 40 mm. Impiegate sia un utensile con bordo di taglio diritto sia uno con bordo di taglio obliquo. Troncate anche alcuni dischi ad una misura predeterminata (ad es. 10 mm).

14. Quali differenze in termini di qualità delle superfici, vibrazioni e formazione di sbavature si presentano con i due tipi di utensile? Annotate i risultati.

SWISSMEM

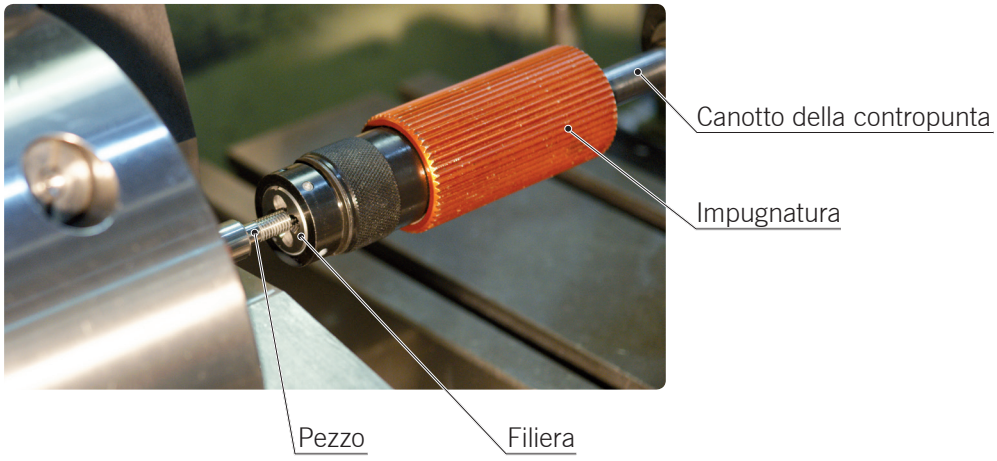
Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

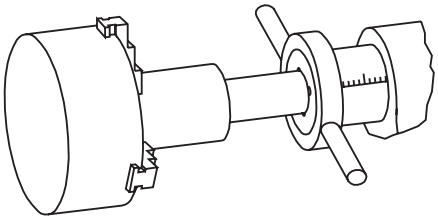
Sul tornio è possibile realizzare filetti mediante maschiatura o filettatura. La filettatura avviene mediante l'impiego di un utensile da tornio per filettatura. Per la filettatura esterna è possibile utilizzare una filiera. Queste vengono trattate nel capitolo *Tecnica di produzione manuale*, nella sessione di formazione corrispondente.

Filettatura esterna tramite filiera

Per la filettatura esterna dovete utilizzare un'apposita apparecchiatura, dove potete fissare sia una filiera sia un maschio. Poichè il trascinamento del pezzo avviene esclusivamente a mano, è possibile pressoché escludere rotture del pezzo. Scegliete un basso numero di giri (v_c < 10 m/min).



Per la filettatura esterna con filiera e portafiliera come guida si può utilizzare la parte piana della controtesta viene impiegata come guida. Realizzate alcune spire del filetto correggendo la posizione del cannotto mediante la manopola. Quindi potete procedere nel lavoro e completare la filettatura anche rinunciando al cannotto. Non avviate la macchina, bensì fate girare il mandrino solo a mano.

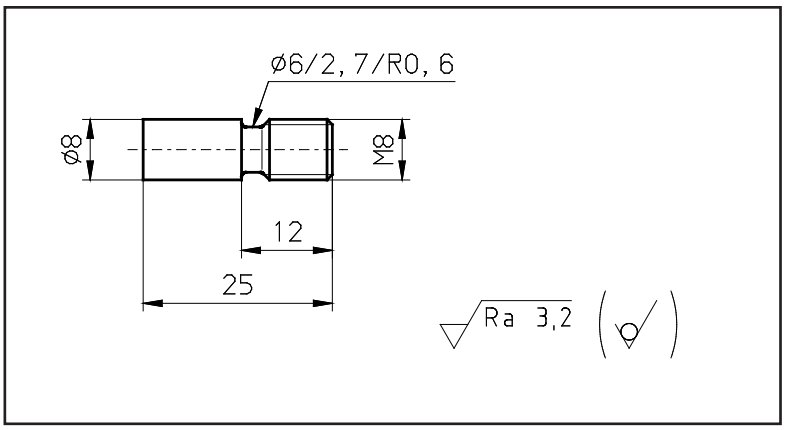


Effettuando filettature con filiera provvedete ad un'abbondante lubrificazione con un prodotto idoneo.

Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

15. Realizzate il seguente pezzo tornito. Eseguire il filetto con una filiera.



Filettatura

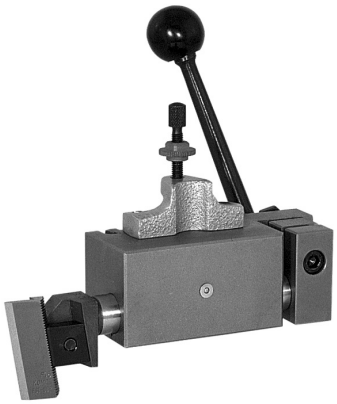
Per eseguire un filetto al tornio è necessario un utensile da tornio corrispondente all'angolo dei fianchi del filetto. L'angolo dei fianchi misura, ad esempio per i filetti metrici ISO, 60°. Affinché il profilo del filetto non venga deformato, l'utensile da tornio deve:

– essere regolato esattamente sull'altezza delle punte,
– presentare un angolo di spoglia superiore adeguato al materiale,
– essere disposto parallelamente all'angolo di inclinazione,
– essere composto del materiale di taglio appropriato



Se c'é la possibilità di modificare l'utensile per filettare, é consigliabile creare un piccolo angolo di spoglia per consentire una migliore evaq

L'utensile viene fissato in un supporto a cambio rapido oppure in uno speciale **supporto portautensile con corsa di ritorno**. Questo supporto facilita il ritiro dell'utensile al raggiungimento della gola di scarico.

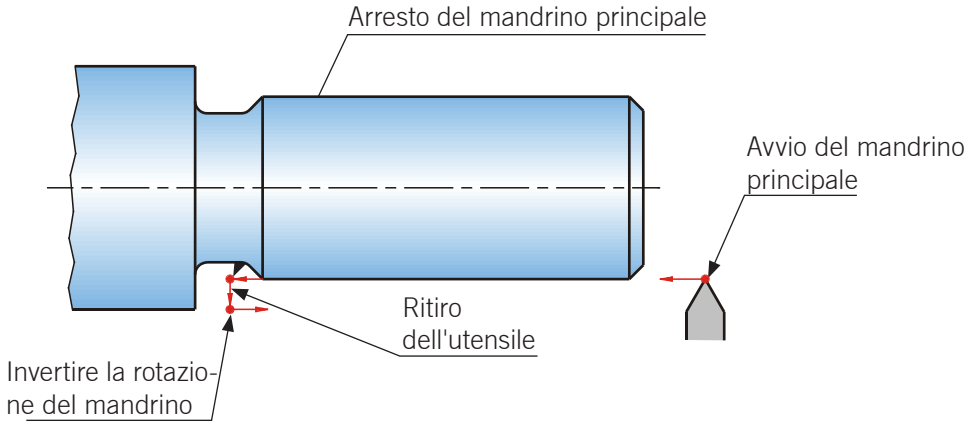


Teoria

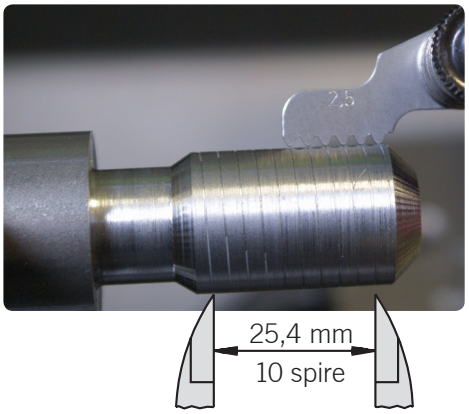
Tornitura esterna dei pezzi

Procedura

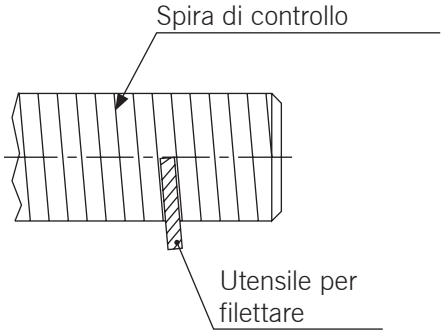
– Ricavate il passo e la profondità della filettatura da una tabella. Annotate la profondità e regolate il passo sulla macchina.
– Regolate il numero di giri desiderato. Per la filettatura convenzionale scegliete il numero di giri non in base alla velocità di taglio idonea, bensì in modo tale che l'utensile possa essere arrestato all'interno della gola di scarico. Se eseguite la filettatura, ad esempio a 100 giri/min, di un filetto M16 (passo: 2 mm), il carrello longitudinale raggiunge una velocità di 200 mm/min. Questo significa che la gola di scarico (larghezza: 4,5 mm) viene attraversata in 1,3 secondi!
– Fissate l'utensile perpendicolarmente all'asse del pezzo e regolatelo all'altezza delle punte.
– Sfiorate con l'utensile sul diametro esterno e azzerate la scala del carrello trasversale.
– Inserite la madrevite e sfiorate il diametro. Non appena viene raggiunta la gola di scarico, arretrate l'utensile e innestate l'inversione del mandrino. La madrevite rimane inserita finché il filetto non è stato interamente tornito.



– Controllate il passo con una dima per filetti o un calibro a corsoio. Controllate il passo in più spire (ad es. 10 spire). Ciò vi consentirà di ottenere una maggiore precisione.



– Affinché i fianchi del filetto non si rovinano, l'utensile deve essere posizionato con precisione in funzione dell'angolo di spira. Potete calcolare l'angolo e quindi regolarlo con il goniometro, oppure potete orientare l'utensile in funzione della spira di controllo.



$$\tan\alpha = \frac{\text{Passo}}{\text{Diametro fianchi} \times \pi}$$

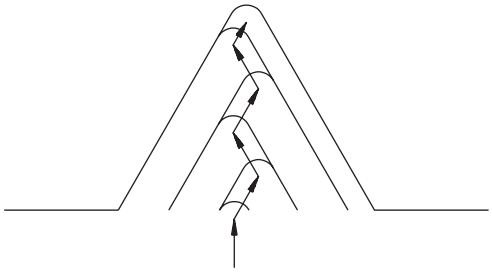
SWISSMEM

Teoria

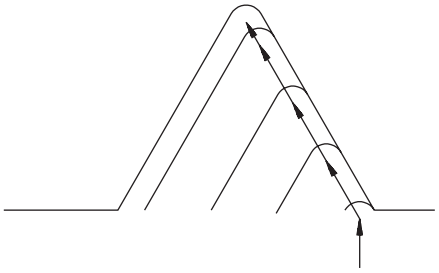
Tornitura esterna dei pezzi

– Eseguite il filetto a piccoli passi fino al raggiungimento della profondità prescritta. Avete a disposizione due metodi. Con entrambi i metodi l'avvicinamento viene effettuato sia con il carrello trasversale sia con carrello superiore. Si ottiene cosi una maggiore asportazione di trucioli da parte di un tagliente. Con l'aumento della profondità occorre ridurre la passata.

Avanzamento in profondità con carrello trasversale: da 0,1 a 0,3 mm
Avanzamento in profondità con carrello superiore: da 0,05 a 0,1 mm



Spostamento bilaterale del carrello superiore

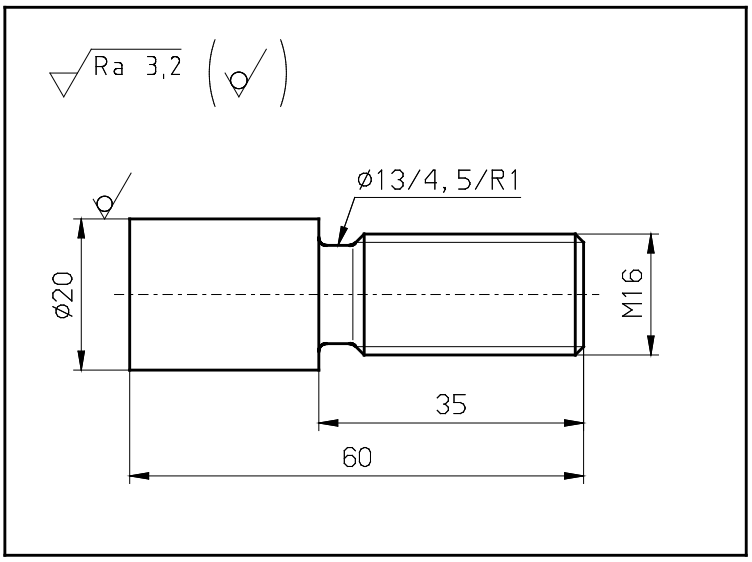


Spostamento unilaterale del carrello superiore

– Controllate il filetto con uno strumento opportuno, ad esempio con un calibro ad anello. È possibile disinnestare la madrevite solo se il filetto corrisponde ai requisiti.

16. Quante passate e quale avanzamento in profondità sono necessari per produrre un M16? Potete trovare questa informazione nei documenti del costruttore degli utensili.

17. Realizzate un pezzo simile a quello dell'esempio sotto raffigurato. Eseguite il filetto secondo il metodo normalmente utilizzato nella vostra ditta.

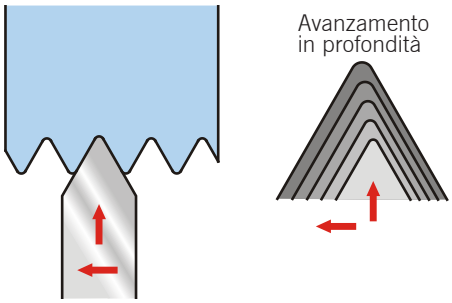


SWISSMEM

Teoria

Tornitura esterna dei pezzi

Avanzamento in profondità tramite il carrello trasversale e il carrello superiore

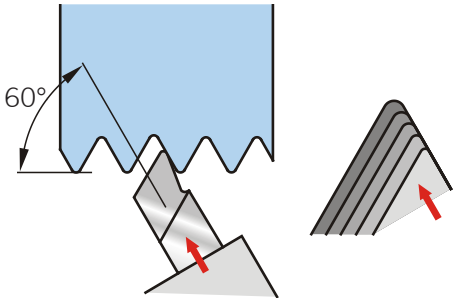


Con questo metodo ad ogni passata il carrello trasversale viene regolato in profondità e il carrello superiore viene spostato in direzione dell'avanzamento. Il rapporto tra avanzamento in profondità del carrello trasversale e avanzamento in profondità del carrello superiore deve essere circa 4 : 1. In questo modo si ottiene una sollecitazione maggiore sul tagliente che si trova nella direzione d'avanzamento. Conseguentemente si verifica una minore compressione del truciolo e un minore surriscaldamento.

Applicazione: per l'esecuzione di filetti con un grande passo (P > 1,5 mm)

18. Quale vantaggio comporta l'avanzamento in profondità tramite il carrello trasversale e il carrello superiore?

Avanzamento in profondità tramite il carrello superiore inclinato



Con questo metodo di avanzamento in profondità il carrello superiore viene orientato in funzione dell'angolo dei fianchi del filetto da tornire, ad es. con filetti metrici di 60°. L'avanzamento in profondità avviene solo tramite il carrello superiore. Il valore d'avanzamento della scala, tuttavia, non corrisponde alla profondità di taglio; il valore deve essere ricavato mediante un calcolo.
Il vantaggio di questo metodo consiste nel fatto che l'angolo di spoglia superiore può essere positivo.
Lo svantaggio è che l'angolo del carrello superiore sporge. Pertanto la lunghezza di tornitura (lunghezza del tagliente) viene limitata in direzione del dispositivo di fissaggio.

Applicazione: per l'esecuzione di filetti con passo molto grande.

19. Perché nell'avvicinamento in profondità con il carrello superiore inclinato è possibile utilizzare un utensile con angolo di spoglia superiore positivo?

SWISSMEM

Verifica delle conoscenze

Tornitura esterna dei pezzi

Domande di verifica

1. Come possono essere determinati i numeri di giri da impostare?

2. Quali sono i principali parametri di lavorazione nella tornitura?

3. Quale numero di giri per la tornitura di un albero devono essere impostati sulla macchina per tornire? Sono dati i seguenti parametri:
Utensile da tornio HSS, materiale 10S20, avanzamento $f = 0{,}33$ mm, profondità di taglio $a_p = 3{,}5$ mm, velocità di taglio $v_c = 75$ m/min, diametro d = 30 mm.

4. Perché alcuni pezzi torniti, bisogna effettuare i fori da centro?

5. A quali prescrizioni di sicurezza sul lavoro dovete assolutamente attenervi lavorando con una macchina per tornire? Menzionatene almeno 5.

Annotazioni

Attività

Tornitura interna dei pezzi

- **Tornire diametri interni**
- **Tornire i pezzi fino ad una finitura superficiale inclusa nella classe di rugosità Ra 1,6**
- **Tornire diametri tollerati all'interno della tolleranza IT 7**
- **Tornire lunghezze tollerate all'interno della tolleranza 0,1 mm**
- **Esecuzione di cave**
- **Eseguire filettature interne con maschi per filettare**
- **Eseguire filettature interne con utensile da tornio**
- **Comprendere e gestire protocolli di controllo**
- **Controllare i pezzi con strumenti di misura e controllo appropriati e documentare i risultati**

In questo capitolo l'attenzione è focalizzata sulla tecnica di lavoro "Tornitura interna"

Domande di base

1. Elencate gli strumenti di misura di cui avete bisogno per la tornitura interna.

2. Come rimuovete i trucioli dalla macchina per tornire?

3. Menzionate i più importanti utensili per la tornitura interna.

SWISSMEM

Teoria

Tornitura interna dei pezzi

Molti incidenti vengono causati dalla manipolazione impropria di utensili e macchine utensili. Questa sessione di formazione vi aiuterà a riconoscere i pericoli di incidenti durante la tornitura ed adottare un comportamento corretto. Gli incidenti possono essere evitati osservando con scrupolo le norme di sicurezza, adottando un comportamento corretto e riflettendo bene mentre vi trovate sulla postazione di lavoro.

Sicurezza sul lavoro

- Lavorate solo su torni che conoscete!
  Imparate per prima cosa dove si trova l'interruttore principale, come si attiva e disattiva il mandrino principale e come si aziona l'avanzamento. Iniziate la tornitura solo se vi sentite sicuri nell'azionamento dei comandi della macchina!
- I dispositivi di protezione e allarme non devono essere rimossi dalla macchina!
- Eventuali difetti della macchina, come ad esempio un cavo scollegato, devono essere tempestivamente segnalati al proprio responsabile!
- Indossare abbigliamento aderente, correttamente allacciato e calzature chiuse!
- Indossate sempre gli occhiali di sicurezza!
- Non indossate anelli o collane!
- Bloccate in modo sicuro il pezzo!
- Sui mandrini a cremagliera il perno di sicurezza non deve sporgere!
- Non lasciate mai la chiave di serraggio inserita nel mandrino!
- I pezzi lunghi da lavorare al tornio devono essere sostenuti con contropunte!
- Serrate il pezzo in modo che non sporga eccessivamente!
- Scegliete dati di taglio ragionevoli ed impostateli correttamente nella macchina!
- Ottenete un buon flusso dei trucioli, in modo da evitare che la vostra sicurezza e quella di altre persone possa essere compromessa dal lancio dei trucioli!
- Rimuovere i trucioli solo con l'apposito gancio!
- Limitate la corsa d'avanzamento con la battuta!
- Durante il lavoro non lasciatevi distrarre da altre persone e non distraete nessuno!
- Non eseguite mai le misurazioni con la macchina in funzione!
- Quando fermate il mandrino del tornio non frenatelo con le mani!
- Per la pulizia o la messa a punto della macchina è necessario spegnere l'interruttore principale!
- Prima di allontanarvi disattivate sempre la macchina per tornire!

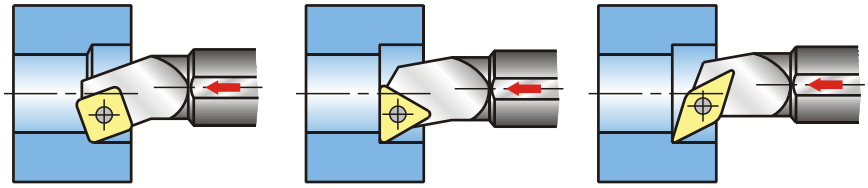
Teoria

Tornitura interna dei pezzi

Nella tornitura interna vengono eseguiti sostanzialmente gli stessi lavori che si eseguono nella tornitura esterna. La tornitura interna, tuttavia, è leggermente più difficoltosa perché in questo caso non avete alcuna visuale sul tagliente dell'utensile, gli utensili tendono a vibrare e i trucioli possono incastrasi. Iniziate con la tornitura interna solo quando possedete una certa esperienza con quella esterna.

Utensili

Oltre ai normali utensili per tornitura interna, come gli utensili per sgrossatura, gli utensili ad angolo e a coltello, avrete spesso bisogno anche di utensili per foratura.



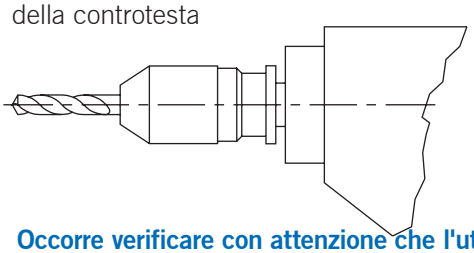
Tornitura interna

Con la tornitura interna il pezzo da lavorare deve presentare un foro preliminare, ottenuto per foratura o fusione.

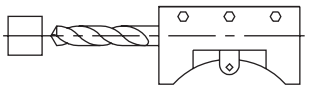
Preforatura

Gli utensili per foratura vengono fissati, di norma, mediante un mandrino o direttamente nel cono Morse nella controtesta. Gli utensili per foratura, tuttavia, possono essere fissati anche come un utensile da tornio in un supporto a cambio rapido. In tal caso l'utensile per foratura dovrà essere posizionato con precisione sull'asse di rotazione sia in altezza sia lateralmente.

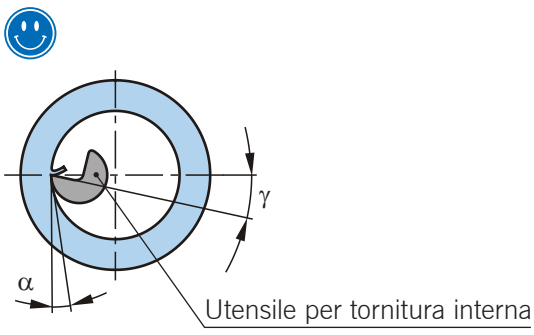
Punta elicoidale, montala nel mandrino della controtesta

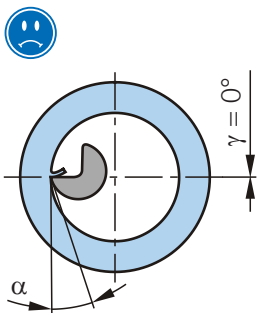


Punta elicoidale con supporto per cambio rapido



Occorre verificare con attenzione che l'utensile da tornio sia fissato all'altezza delle punte e che vengano mantenuti l'angolo di spoglia inferiore α e l'angolo di spoglia superiore γ.



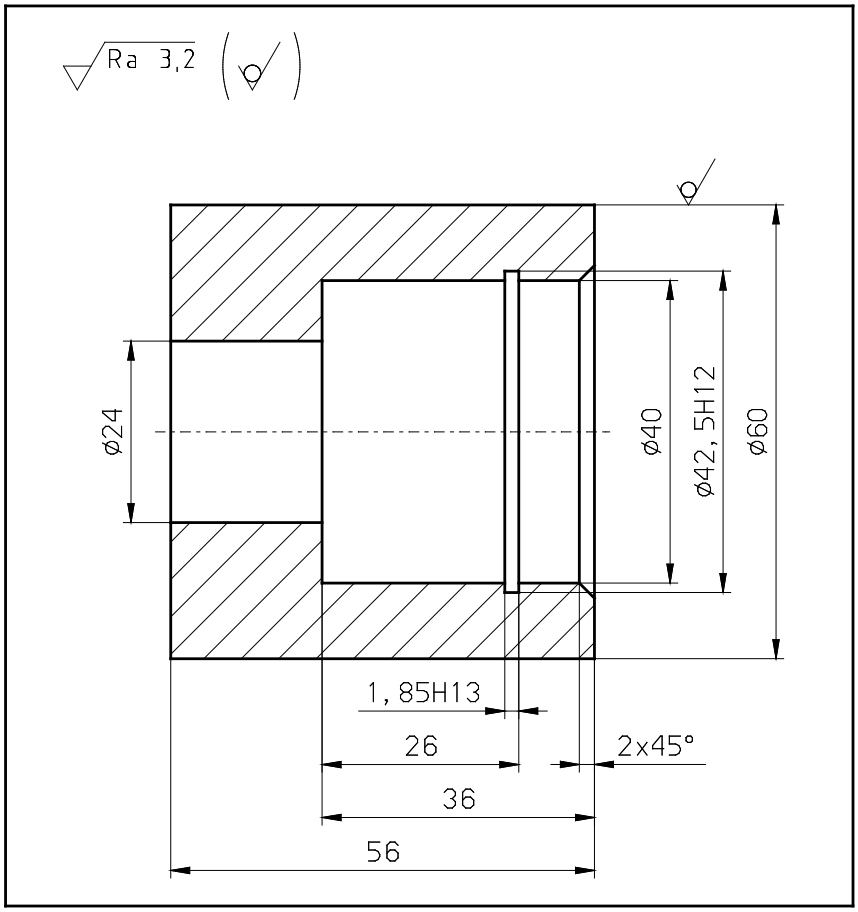


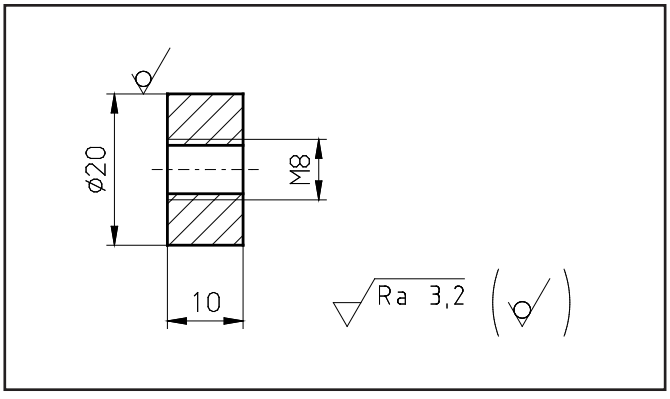
Teoria

Tornitura interna dei pezzi

- **Preforate il pezzo da tornire internamente il più grande possibile. In questo modo potete utilizzare utensili di dimensioni maggiori, quindi più stabili, e rimarrà più spazio per i trucioli.**
- **Verificate con attenzione che il lubrorefrigerante raggiunga il tagliente dell'utensile anche in caso di forature profonde.**
- **Utilizzate la battuta del carrello longitudinale per evitare collisioni.**
- **Soprattutto nella tornitura interna di fori ciechi sussiste il pericolo che i trucioli rimangano incastrati. Per evitare questo pericolo potete, ad esempio, spruzzare il lubrorefrigerante nel foro ad elevata pressione in modo da evaquare i trucioli.**

1. Realizzate i due pezzi torniti.





Prendete nota di quali sono stati i problemi emersi, rispetto la tornitura esterna.

Verifica delle conoscenze

Tornitura interna dei pezzi

Domande di verifica

1. Menzionate le possibili cause che possono determinare un'eccessiva rugosità della superficie.

2. Com'è possibile eliminare tali cause?

3. Menzionate le possibili cause alle quali è possibile attribuire l'ovalizzazione di un pezzo.

4. Com'è possibile eliminare tali cause?

SWISSMEM

Annotazioni

Attività

Macchine per fresare

- **Menzionare e spiegare le possibilità di impiego delle fresatrici**
- **Funzionamento e possibilità di lavorazione delle macchine fresatrici e degli accessori**
- **Mettere in esercizio e fuori esercizio la macchina fresatrice**
- **Eseguite il rifornimento dei materiali di consumo, quali: oli, lubrorefrigeranti, conformemente alle istruzioni d'uso, sostituirli e smaltirli in modo ecocompatibile**
- **Pulizia, manutenzione e protezione dalla corrosione delle apparecchiature**

Domande di base

1. Menzionate le tipologie di macchine fresatrici a voi note.

2. Cosa si intende per fresatrici universali?

3. Su un trapano a colonna potete anche eseguire fresature?

4. Quale numero di giri massimo supponete che possa raggiungere una moderna fresatrice?

5. Le fresatrici moderne dispongono di un supporto cambiautensili. Quali vantaggi comporta tale soluzione?

Teoria

Macchine per fresare

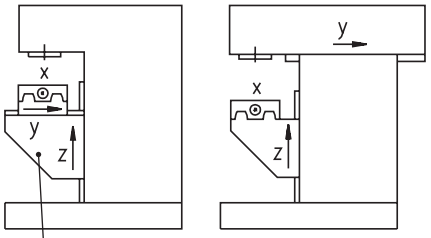
Tipi di macchine

A seconda della forma della macchina, viene fatta una distinzione tra fresatrici a mensola e fresatrici a bancale. A seconda della posizione del mandrino principale viene fatta distinzione tra fresatrici verticali, fresatrici orizzontali e fresatrici universali.

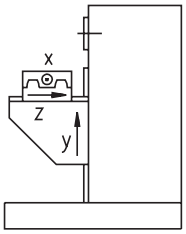
Fresatrici a mensola

Le fresatrici a mensola vengono realizzate come fresatrici orizzontali, fresatrici verticali e fresatrici universal**i**.

Fresatrici a mensola verticali



Fresatrici a mensola orizzontali

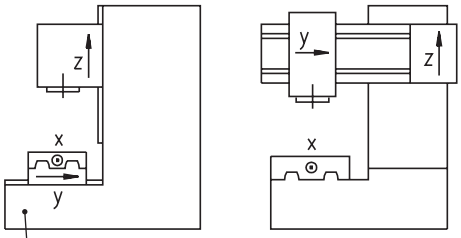


Mensola

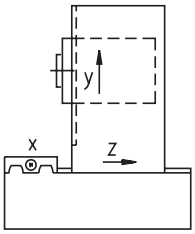
Fresatrici a bancale

La caratteristica principale delle fresatrici a bancale consiste nel fatto che il pezzo non esegue alcun moto di avanzamento verticale. In direzione verticale viene mosso solo l'utensile (testa portafresa). Ciò facilita la lavorazione di pezzi grandi e ingombranti.

Fresatrici a bancale verticali



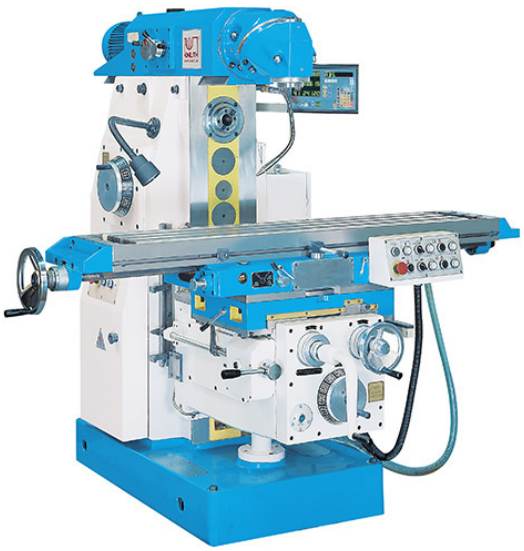
Fresatrici a bancale orizzontali



Bancale della macchina

Fresatrici universali

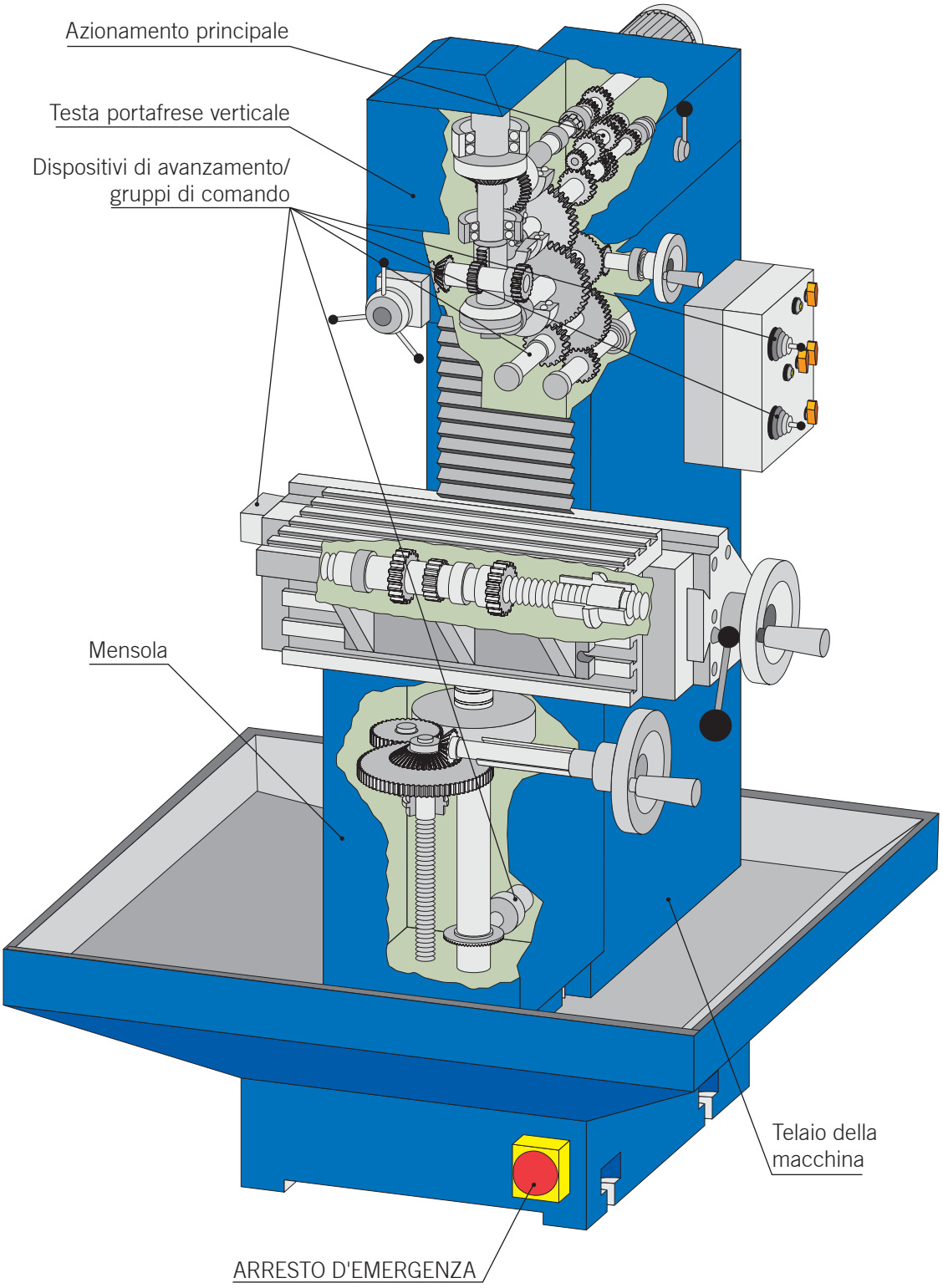
Le fresatrici universali sono dotate di una testa portafrese orientabile e, spesso, anche di una tavola orientabile. Pertanto queste macchine offrono possibilità d'impiego molto versatili.



Teoria — Macchine per fresare

Struttura delle macchine

Viene qui descritta la struttura di una fresatrice universale:
- Telaio della macchina
- Mensola
- Azionamento principale
- Dispositivi di avanzamento
- Testa portafrese verticale

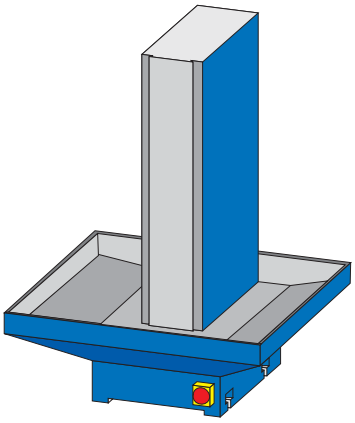


SWISSMEM

Teoria

Macchine per fresare

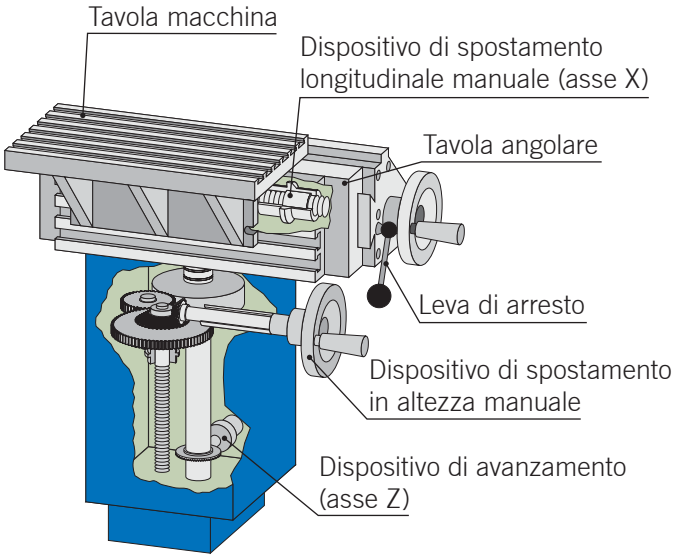
Telaio della macchina



Il telaio della macchina comprende una colonna e una base che alloggia l'azionamento principale, il cambio principale e i binari guida della mensola. Spesso nella colonna o nella base viene alloggiato anche il dispositivo del liquido di raffreddamento.

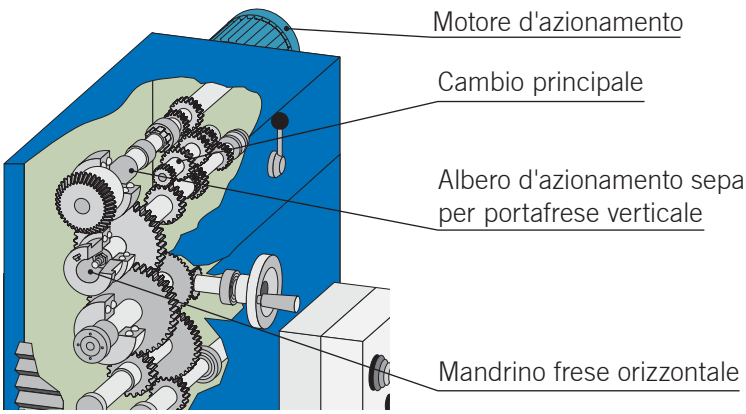
Mensola

La mensola comprende la tavola angolare e una tavola macchina. La tavola angolare viene guidata sulla colonna della macchina ed è regolabile in direzione verticale. La tavola della macchina viene guidata sulla tavola angolare. È regolabile in direzione longitudinale e trasversale. Serve per il fissaggio dei pezzi per mezzo di elementi di fissaggio idonei.



Azionamento principale

L'azionamento principale comprende il motore elettrico, il cambio principale e il mandrino portafrese orizzontale.
L'azionamento del mandrino portafrese orizzontale viene eseguito mediante il motore elettrico e il cambio principale. Il mandrino portafrese orizzontale serve per l'alloggiamento degli utensili e delle frese.

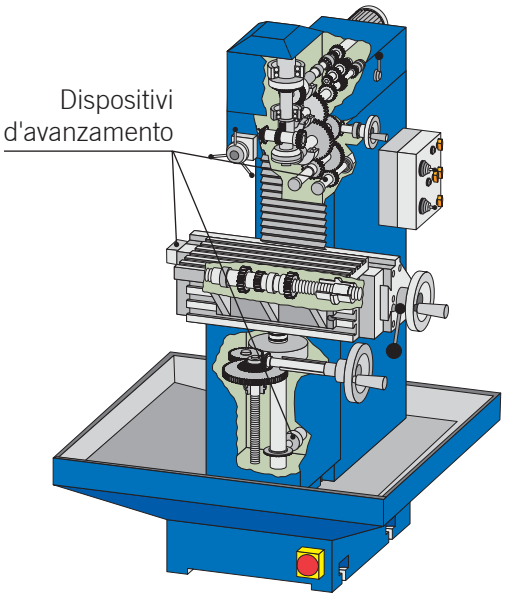


SWISSMEM

Teoria

Macchine per fresare

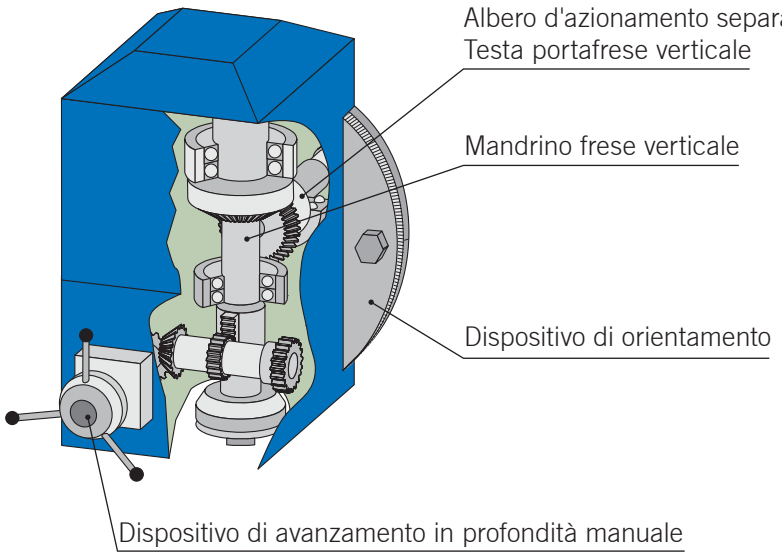
Dispositivo di preavanzamento



Sulle più recenti macchine fresatrici l'azionamento avviene di norma mediante motori d'avanzamento con sistema di regolazione continua gestita da un comando elettronico. Sui modelli più vecchi l'azionamento può avvenire anche mediante cambio a ingranaggi. L'avanzamento della macchina può avvenire in tutte le tre direzioni di movimento (assi X, Y, Z).

Testa portafrese verticale

L'azionamento del mandrino portafrese verticale viene abilitato dal motore principale: tramite il mandrino portafrese orizzontale oppure attraverso un albero d'azionamento separato, il quale è alloggiato nel supporto della testa.
Per la fresatura di smussi o profilati la testa portafrese verticale può essere inclinata nella posizione desiderata tramite una piastra girevole dotata di corona scalata. Con le teste portafrese verticali è possibile l'avanzamento manuale in direzione verticale (asse Z). A seconda della tipologia costruttiva, sulle macchine fresatrici universali, durante la fresatura verticale gli utensili possono rimanere nel mandrino orizzontale.



Teoria

Macchine per fresare

Grandezze di riferimento

Corsa di lavorazione (campo di lavoro)
Prima di fissare un pezzo su una fresatrice dovete controllare che le corse di lavorazione massime sui tre assi siano sufficienti per la lavorazione desiderata.

Alloggiamento utensili
Normalmente le fresatrici sono dotate di un attacco conico ISO. Per la scelta dell'alloggiamento prestate attenzione alle dimensioni dell'attacco conico (SK30, SK40 o SK50).

Avanzamento rapido
Soprattutto nella produzione di serie si predilige un avanzamento rapido molto elevato al fine di mantenere quanto più possibile limitati i tempi di spostamento non produttivi.

Numero di giri/potenza di azionamento
Per i lavori con frese di piccolo diametro ed elevata velocità di taglio sono necessari numeri di giri molto elevati. Per i lavori con grandi frese a placchette intercambiabili è necessaria soprattutto una grande potenza di azionamento.



1. Realizzate una tabella con i nomi, i dati caratteristici e le specifiche delle macchine fresatrici convenzionali del vostro campo di lavoro. Aggiungete alla tabella una colonna nella quale annotare le applicazioni tipiche di tali macchine.

Tipo denominazione	Tipologia	Campo di lavoro	Potenza d'azionamento	Peculiarità	Applicazione
Schaublin 13	Macchina fresatrice universale	X 600 mm Y 300 mm Z 400 mm	4kW	Testa portafrese orientabile	Lavorazione di pezzi singoli complessi
Aciera F4	Fresatrice a bancale verticale	X 2000 mm Y 250 mm Z 400 mm	6kW	Alloggiamento utensile SK50	Fresatura a spianare di getti lunghi e pesanti

SWISSMEM

Verifica delle conoscenze

Macchine per fresare

Domande di verifica

1. Descrivete i singoli assi di spostamento della macchina fresatrice universale.

2. Menzionate le caratteristiche specifiche di una macchina fresatrice universale.

3. Come vengono spostati i singoli assi su una fresatrice convenzionale?

4. Qual è l'ambito di impiego delle fresatrici a bancale?

SWISSMEM

Annotazioni

Attività

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

- **Utensili vari per la fresatura, la possibilità d'impiego e per che materiali**
- **Scegliere gli utensili di fresatura, bloccarli negli alloggiamenti e montarli sulla fresatrice**
- **Valutare le frese in base alle condizioni e all'usura**
- **Scegliere gli elementi di fissaggio per la fresatura, montarli sulla macchina fresatrice e posizionarli**
- **Posizionare i pezzi per la fresatura e fissarli**

Domande di base

1. Che aspetto hanno i trucioli di fresatura?

2. Perché i trucioli di fresatura sono diversi dai trucioli di tornitura?

3. Cosa si intende per

Fresatura di sgrossatura:

Fresatura di finitura:

4. Cosa si intende per "saltellamento"?

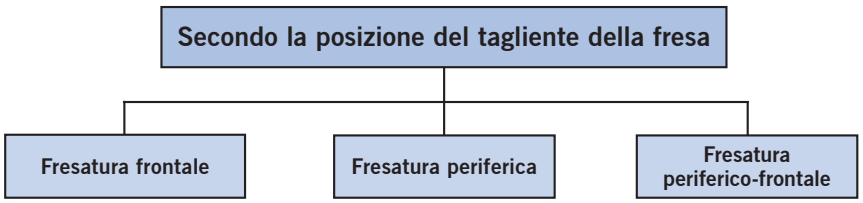
5. Secondo quali parametri/condizioni stabilite l'utensile per fresatura?

Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

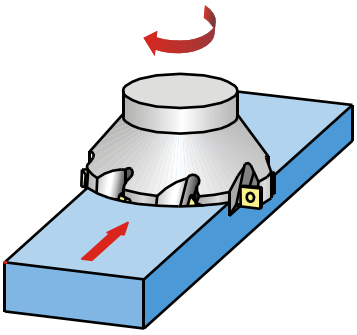
Introduzione alla fresatura

Il metodo della fresatura può essere suddiviso in:
– Secondo la posizione del tagliente della fresa
– Secondo il moto di avanzamento



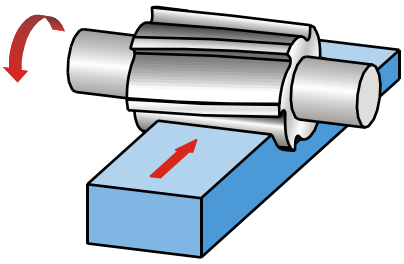
Fresatura frontale

Nella fresatura frontale l'asse dell'utensile si trova in posizione perpendicolare rispetto alla superficie del pezzo da lavorare. Sono in azione contemporaneamente più taglienti di quanti lo siano nella fresatura periferica. Oggi la fresatura frontale viene preferita per la maggior parte dei compiti di lavorazione. Il motivo di tale preferenza risiede nei numerosi vantaggi che essa comporta, come ad es.:
– Distribuzione omogenea del carico di lavoro della fresatrice
– Grande potenza di truciolatura
– Migliore qualità delle superfici



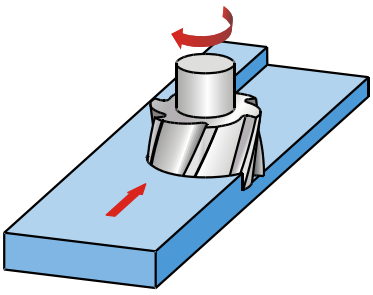
Fresatura periferica

Nella fresatura periferica l'asse dell'utensile si trova in posizione parallela rispetto alla superficie del pezzo da lavorare. Pertanto partecipano al lavoro di truciolatura solo i taglienti periferici. Viene prodotta prevalentemente una superficie del pezzo ondulata.



Fresatura periferico-frontale

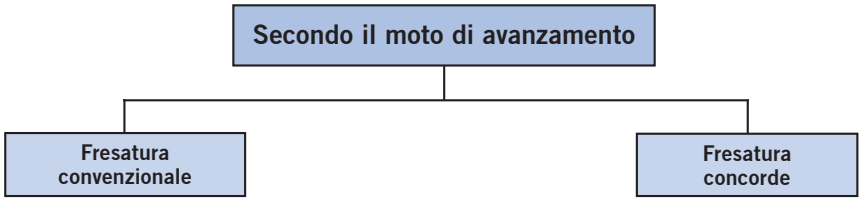
Nella fresatura periferico-frontale i taglienti poggiano in modo tale che, in un ciclo di lavoro, vengano utilizzati per la lavorazione sia il lato frontale che il lato periferico dell'utensile. Vengono impiegate frese cilindriche frontali, teste portafresa angolari o frese a candela.



SWISSMEM

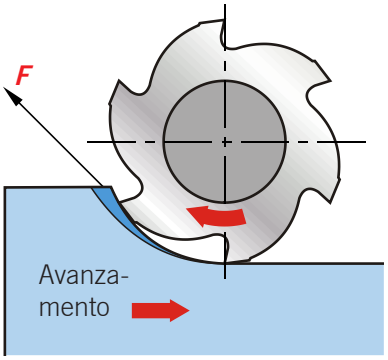
Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio



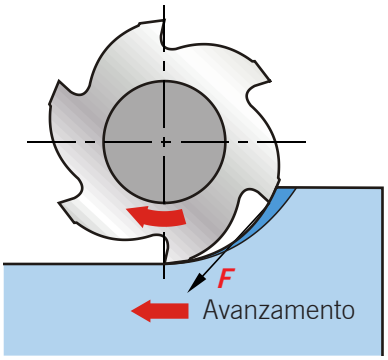
Fresatura in discordanza (opposizione)

Nella fresatura in discordanza la direzione di taglio della fresa è rivolta in direzione **opposta** alla direzione d'avanzamento del pezzo. Prima che il tagliente della fresa penetri nel materiale, scivola lungo il pezzo. Ciò determina un'usura elevata. Proporzionalmente alla formazione del truciolo, la forza di taglio F salirà da zero al suo massimo. Non appena il tagliente fuoriesce dal materiale, la forza di taglio si riduce di colpo. Ciò determina delle superfici ondulate. Poiché la forza di taglio si oppone all'avanzamento, un'eventuale gioco presente nel meccanismo d'avanzamento non influisce in alcun modo sul processo di fresatura.



Fresatura in concordanza

Con la fresatura in concordanza la direzione di taglio della fresa è rivolta nella **medesima** direzione dell'avanzamento del pezzo. La sezione del truciolo e la forza di taglio hanno i valori massimi all'ingresso del tagliente e si riducono poi progressivamente. Ciò consentirà una maggiore qualità della superficie. L'improvvisa penetrazione del tagliente nel pezzo, tuttavia, ne può provocare la rottura, soprattutto in caso di superfici dure. La forza di taglio agisce nella direzione d'avanzamento. Pertanto se è presente un gioco nel meccanismo d'avanzamento, il pezzo può essere spinto nella fresa. Ciò può causare la rottura del pezzo, o dell'utensile.



Per tale ragione la fresatura in concordanza può essere eseguita solo su macchine che non presentino alcun gioco nel meccanismo d'avanzamento.

SWISSMEM

Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

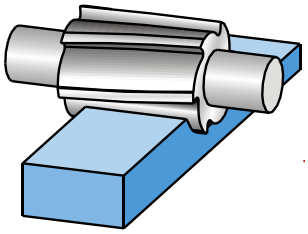
Tipi di frese

A seconda del tipo di trascinamento le frese vengono distinte in frese a manicotto e frese a candela. Potete riconoscere una fresa a manicotto dal fatto che questa deve essere inserita in un albero portafresa.

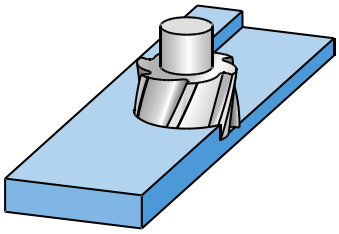
Utensili per fresatura

Frese a manicotto :

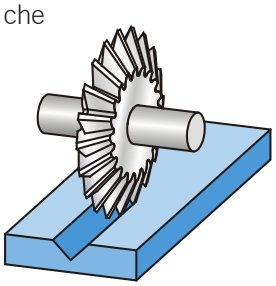
Fresa cilindrica per la fresatura di superfici piane



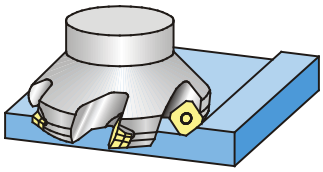
Fresa cilindrica frontale per la fresatura di angoli e di superfici piane



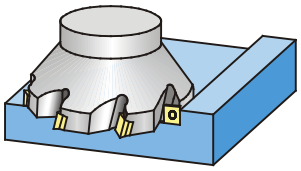
Fresa biconica per la fresatura di guide prismatiche



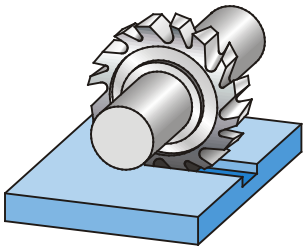
Fresa a spianare per la fresatura di superfici piane



Fresa angolare per la fresatura di angoli e di superfici piane

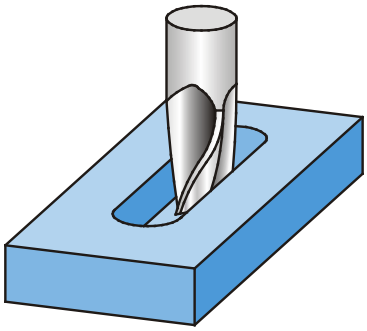


Fresa a disco per il taglio e la fresatura di incavi

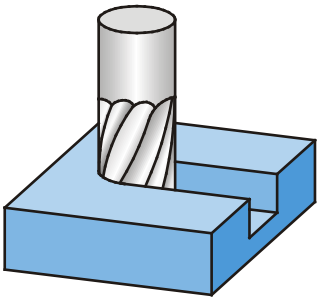


Fresa a candela:

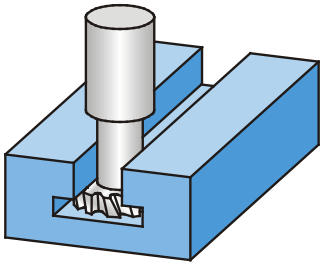
Fresa per asole per la fresatura di sedi per chiavetta e tasche



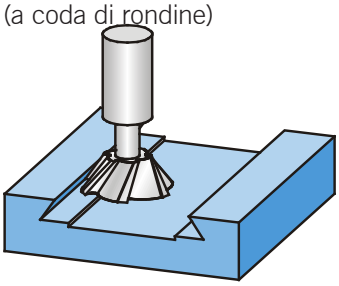
Fresa a candela per la fresatura di incavi e contorni



Fresa per incavi a T, per la fresatura di incavi a T



Fresa angolare (ad angolo) per la fresatura di guide angolari (a coda di rondine)



Teoria

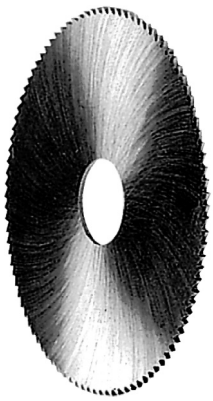
Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Percorso del bordo di taglio

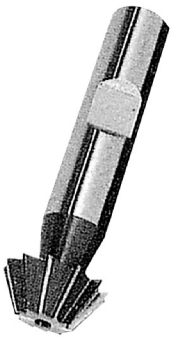
Le frese si distinguono in frese a denti dritti, frese a denti incrociati e frese a denti elicoidali.

Le frese a denti dritti sono, ad esempio, le frese sagomate o sottili lame di seghe circolari.

Lama di sega circolare a denti dritti



Fresa angolare a denti dritti

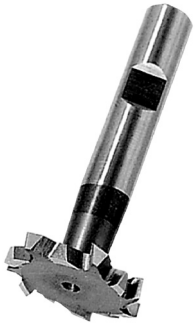


Le frese a denti incrociati sono ad esempio le frese a disco e le frese per incavi a T. Rispetto alle frese a denti dritti queste frese lavorano in modo molto più silenzioso e con una migliore asportazione del truciolo.

Fresa a disco a denti incrociati

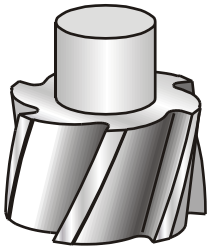


Fresa per incavi a T a denti incrociati



Le frese cilindriche, le frese cilindriche frontali, le frese a candela e le frese per asole sono dotate di **denti elicoidali**. Di norma sono dotate di un elica destrosa.

Fresa a denti elicoidali
con elica destrosa



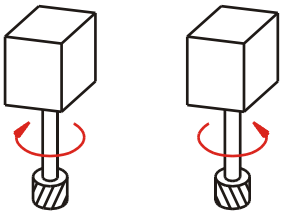
Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Direzione di taglio

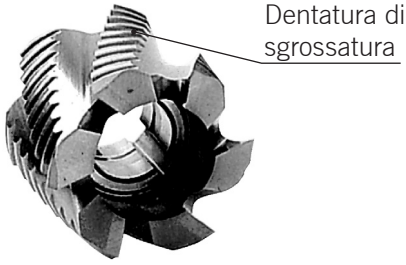
Per le frese a candela, le frese cilindriche frontali e le teste portafresa la direzione di taglio è stabilita. Le frese cilindriche, le frese a disco, le frese biconiche e le frese sagomate possono però essere fissate sia per **taglio destroso** sia per **taglio sinistroso**.

Suggerimento:
Se la fresa, osservando dalla testa portafresa, gira in senso orario, si tratta di una fresa con taglio destroso. Se gira in senso antiorario, si tratta di una fresa con taglio sinistroso.



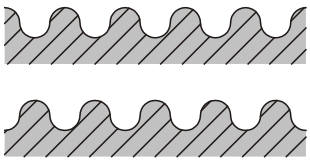
Profilo del dente

Le frese con dentatura interrotta vengono impiegate per la sgrossatura. Questi profili consentono una migliore eliminazione del truciolo e trucioli corti.

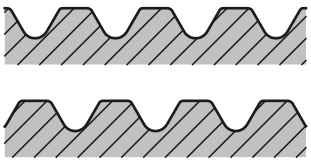


I taglienti vengono profilati in modo tale che i profili dei denti riempiano sempre i vani della successiva fila di denti.

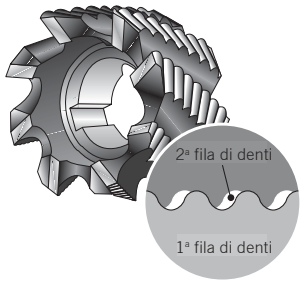
Profilo di sgrossatura



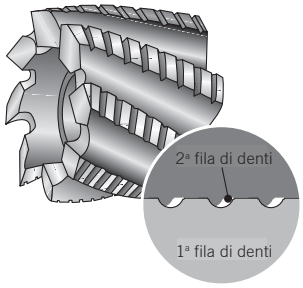
Profilo di sgrossatura-finitura



Fresa di sgrossatura



Fresa di sgrossatura-finitura



SWISSMEM

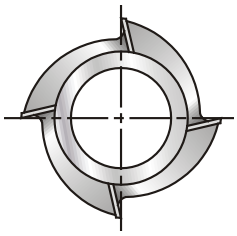
Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

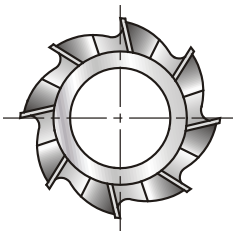
Tipi

Le frese HSS vengono suddivise sulla base del materiale da lavorare:

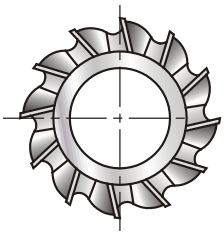
Tipo W, angolo di spoglia superiore 20°, angolo dell'elica 40°



Tipo N, angolo di spoglia superiore 15°, angolo dell'elica 30°



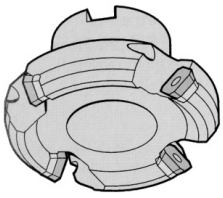
Tipo H, angolo di spoglia superiore 10°, angolo dell'elica 25°



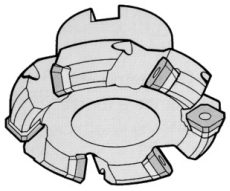
Il tipo di fresa **W** (**w**eich, dolce) è indicato per i materiali dolci a truciolo lungo, il tipo **N** (**n**ormale) è indicato per i materiali fino a 1000 N/mm² e il tipo **H** (**h**art, duro) è indicato per i materiali ad alta resistenza a truciolo corto. Queste tipologie si distinguono per il differente angolo di taglio e il differente numero di denti (passo).

Le frese a placchette intercambiabili in metallo duro sono anche disponibili con differenti passi. Questi tuttavia non variano in funzione del materiale, bensì della stabilità e della potenza di azionamento della macchina.

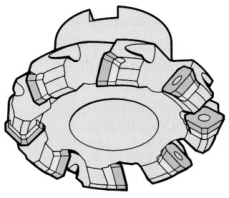
grande



normale (o stretto)*



stretto (o extra stretto)*



* Queste denominazioni variano a seconda del produttore.

In caso di stabilità limitata e bassa potenza di azionamento, scegliete un passo grande. Un passo stretto (o extra stretto) è indicato per un'elevata stabilità e una grande potenza.

1. Quali dimensioni hanno gli angoli di taglio dei tre differenti tipi di frese HSS? Potete trovare queste dimensioni nella documentazione specifica o nella sessione di formazione "Geometria di taglio, dati di taglio e usura II".

2. Menzionate due materiali adatti per ciascuno dei tre tipi di fresa HSS.

Utensili per barenature

Le teste per barenatura interna consentono la barenatura interna di fori. Consentono un'elevata precisione geometrica. Sono indicati per la realizzazione di grandi fori calibrati o per la barenatura interna di fori prima dell'alesatura.



Testa per tornitura interna di precisione

SWISSMEM

Teoria

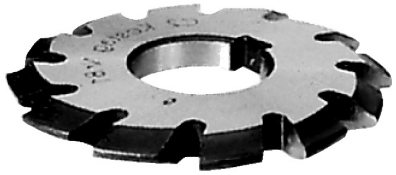
Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Materiale del tagliente

A causa dal taglio interrotto, ai materiali per fresatura sono richiesti soprattutto elevata tenacità e resistenza agli sbalzi di temperatura. Pertanto l'HSS è un materiale con un tagliente molto adatto alla fresatura. Grazie ai costanti miglioramenti e allo sviluppo delle frese in metallo duro, il campo di impiego di questi utensili diviene sempre più grande.

HSS (acciaio super rapido)
Le frese HSS vengono impiegate sia nella produzione singola sia in quella di serie. Possono essere sia rivestite (TiCn,TiN) sia non rivestite. L'acciaio super rapido è particolarmente indicato per la produzione di frese di forma complessa (frese sagomate).

Frese a denti profilati



Metallo duro
Il campo d'impiego principale dei metalli duri è rappresentato dalle **placchette intercambiabili.** Queste vengono impiegate nelle teste portafresa a spianare e nelle teste portafresa angolari. Vengono tuttavia impiegate sempre più frequentemente anche nelle frese a disco o nelle frese a candela di grandi dimensioni. Grazie alla grande varietà di forme, tipologie e rivestimenti, potete disporre di una placchetta idonea per qualunque tipologia di impiego.

Frese a disco con placchette intercambiabili



Frese a candela con placchette intercambiabili



Un altro campo di impiego del metallo duro è rappresentato dalle **frese in metallo duro integrale.** Si tratta soprattutto di frese per asole e di frese a candela.

Frese per asole



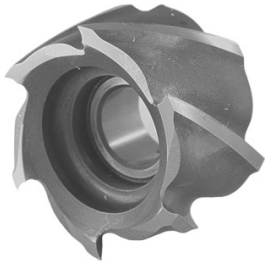
Fresa a candela



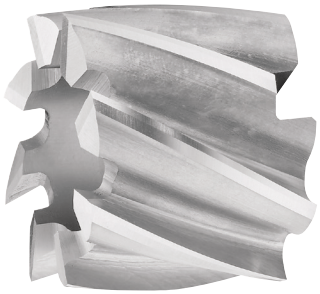
Teoria

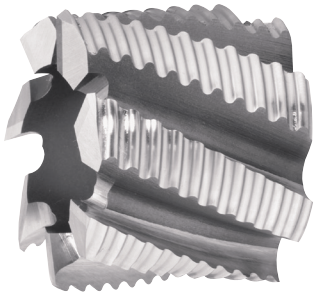
Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

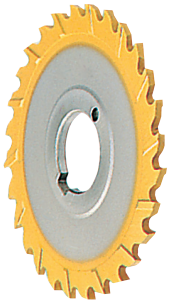
3. Determinate le singole frese sulla base del seguente esempio:

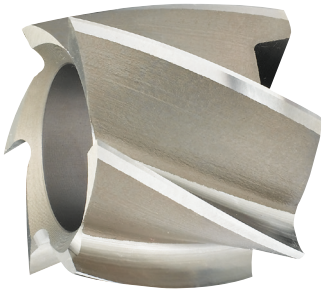


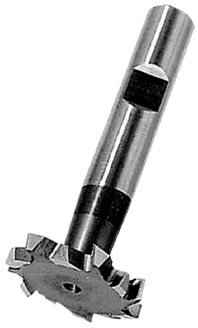
Fresa cilindrica frontale tipo W in HSS

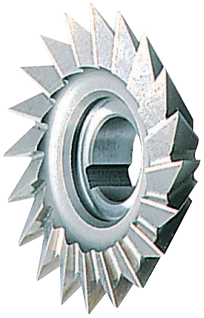












SWISSMEM

Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Ceramica da taglio

Le placchette intercambiabili in ceramica vengono utilizzate prevalentemente per la lavorazione della ghisa grigia su macchine molto potenti.

Denominazioni

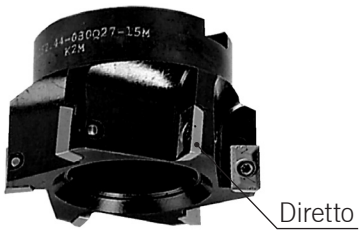
Sistema di denominazione per le placchette intercambiabili in HM (fresatura) secondo la norma ISO

C	N	M	G	12	04	04	T	R	–	
1	2	3	4	5	6	7	8	9		10

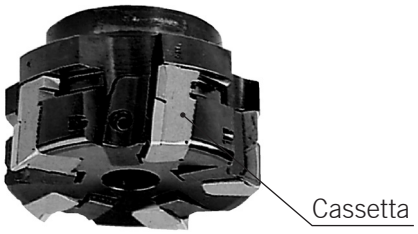
4. Quale significato hanno le dieci posizioni? Troverete la risposta nella documentazione specifica o nei cataloghi dei produttori.

Fissaggio delle placchette intercambiabili

Le placchette vengono montate direttamente sul corpo dell'utensile oppure vengono premontate su una cassetta.



Diretto



Cassetta

La cassetta serve per proteggere da eventuali danni in caso di rottura del corpo dell'utensile.

Effettuando il fissaggio delle placchette intercambiabili dovrete tassativamente prestare molta attenzione a quanto segue:
- **che la placchetta scelta sia adatta all'utensile relativamente alla forma, al tipo e alle dimensioni.**
- **che la sede della placchetta sia assolutamente pulita.**
- **che la placchetta venga fissata all'utensile fornito dal produttore. Effettuando l'operazione la fresa deve esser fissata.**

Le placchette intercambiabili per la fresatura sono spesso identiche a quelle per la tornitura in forma, tipo e dimensioni!

In questo modo è possibile semplificare la tenuta a magazzino e risparmiare sui costi.

Chiedete informazioni al vostro istruttore.

Teoria

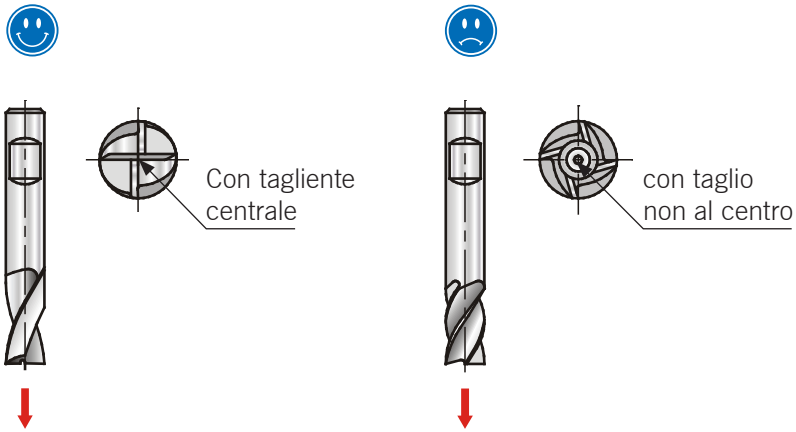
Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Scelta degli utensili giusti

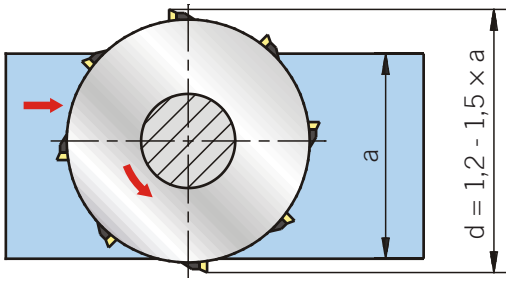
Prima di operare la scelta dell'utensile, dovete sempre informarvi su quali siano gli utensili disponibili nella vostra azienda.

I fattori che influiscono sulla scelta degli utensili sono:

– **Il contorno del pezzo (forma e dimensioni)**
La forma del pezzo determina spesso anche la forma dell'utensile per fresatura. Per la realizzazione di asole (sedi per chiavetta) utilizzerete una fresa per asole (fresa per sedi per chiavetta). Per eseguire la fresatura in direzione assiale (foratura) dovrete utilizzare solo frese **con tagliente centrale** con avanzamento ridotto.



La grandezza della superficie da lavorare è un fattore che influisce soprattutto sulle dimensioni dell'utensile. Il diametro di una testa portafresa a spianare deve misurare **da 1,2 a 1,5 volte** la larghezza del pezzo.



– **Il tipo di macchine disponibili**
Le frese cilindriche sono solamente per l'uso su macchine fresatrici orizzontali con un contrasostegno. Una superficie piana dovrebbe sempre essere realizzata, ove possibile, con una macchina fresatrice verticale, utilizzando una fresa cilindrica frontale o una testa per spianatura.

– **La potenza delle macchine disponibili**
Se, effettuando la fresatura a spianare con una fresa in metallo duro, osservate che la potenza di azionamento della macchina non è sufficiente (il numero di giri diminuisce), dovrete allora ricorrere ad un utensile in HSS oppure modificare i dati di taglio.

Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

– **Il materiale da lavorare**
Con le frese HSS il materiale determina quale tipo di fresa (W, N, H) bisogna impiegare. Con frese in metallo duro scegliete la qualità del metallo in funzione del materiale da lavorare.

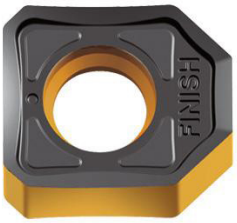
– **Potenza di truciolatura / qualità della superficie**
Se lavorate con HSS, per ottenere una grande potenza di truciolatura con bassa qualità delle superfici scegliete una fresa con profilo di sgrossatura. Per la finitura con fresa a spianare potete utilizzare speciali inserti raschianti.

Sgrossatura ed eventualmente finitura



Placchetta intercambiabile con raggio

Finitura



Inserti raschianti con piano per spianatura

5. Quali sono gli utensili per fresare maggiormente impiegati nella vostra azienda e per quali attività vengono impiegati?

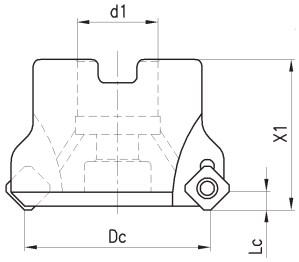
Teoria

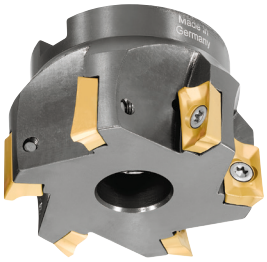
Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

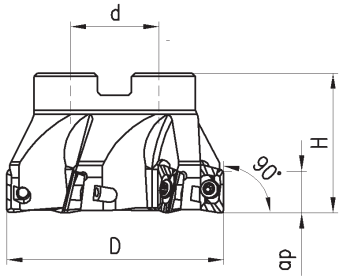
Frese con placchette intercambiabili

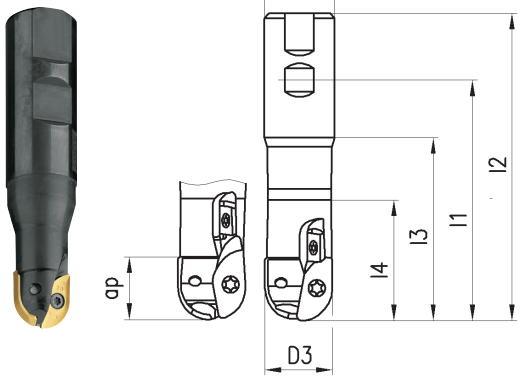
6. Denominate i seguenti tipi di fresa.

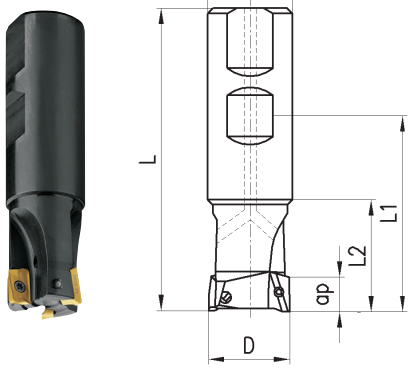


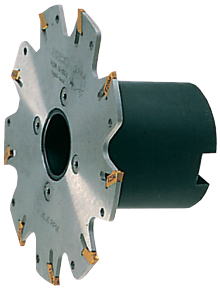


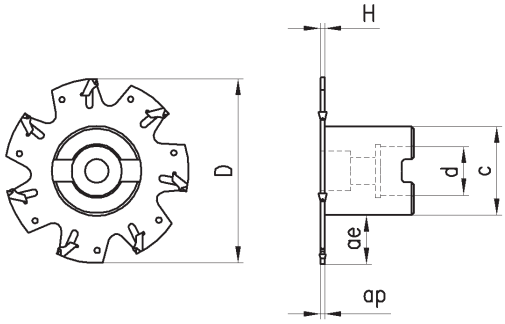












SWISSMEM

Teoria

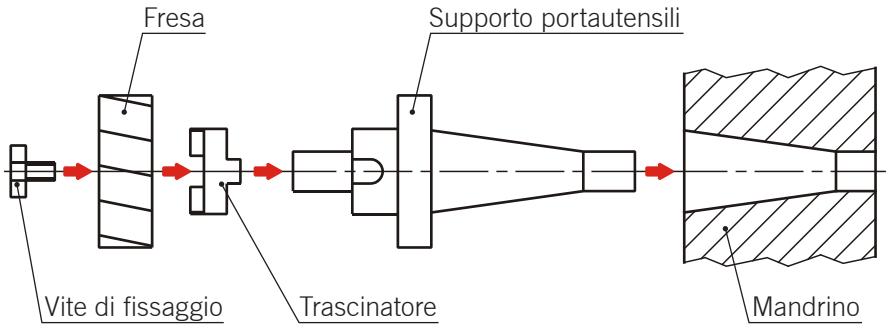
Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Serraggio degli utensili

Gli utensili per fresatura, di norma, non possono essere fissati direttamente al mandrino della fresatrice, bensì tramite un alloggiamento utensili o un supporto porta utensili.

Gli alloggiamenti utensili devono soddisfare i seguenti requisiti:
– Precisione in piano e concentricità
– Rigidità contro la torsione e la piegatura
– Idoneità agli elevati numeri di giri

I principali strumenti di fissaggio delle frese sono:
– Mandrino portafresa
– Mandrino di serraggio a pinza
– Bussola di riduzione
– Mandrino per frese tipo Weldon



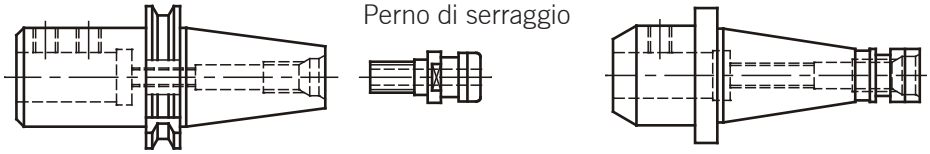
Attacco conico con mandrino portafresa

Spesso i supporti porta utensili dispongono di un **attacco conico ISO** per l'alloggiamento nel mandrino. Per l'impiego su macchine con sistema di fissaggio utensili automatico i supporti portautensili devono essere dotati di un perno di serraggio adatto. I supporti convenzionali sono dotati di filetto interno.

Alloggiamento utensili NC

Perno di serraggio

Alloggiamento utensili convenzionale



Vantaggi:
– Nessun bloccaggio automatico (diversamente dal cono Morse), nessun serraggio.
– Nessuna corsa di serraggio, quindi brevi tempi di serraggio.

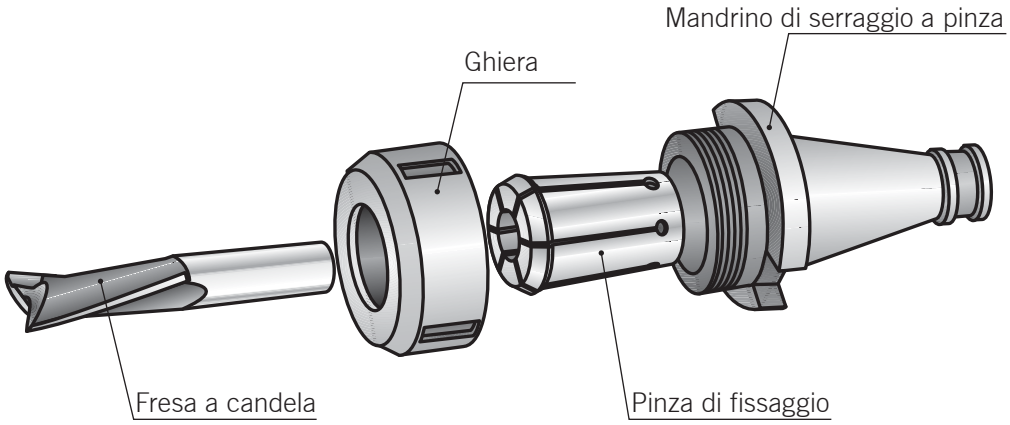
Svantaggi:
– Poiché non è presente alcun appoggio piano, la precisione è contenuta.
– Ai numeri di giri elevati, sull'alloggiamento conico agiscono grandi forze centrifughe; pertanto l'alloggiamento si allarga e ciò può causare una perdita della forza di serraggio.

Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Mandrino di serraggio a pinza

Per il fissaggio di utensili per fresatura con codoli cilindrici.

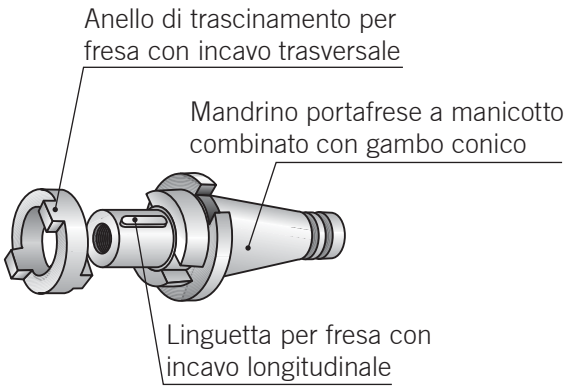


Vantaggi:
– Forza di fissaggio omogenea
– Elevata flessibilità (sono impiegabili più diametri di serraggio)

Svantaggi:
– Struttura relativamente complicata e soggetta a sporcarsi agli elevati numeri di giri

Mandrino portafrese a manicotto

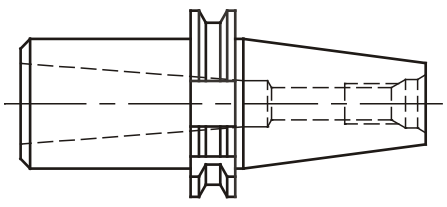
Le frese cilindriche frontali e le frese a placchette vengono fissate su **mandrini portafrese a manicotto**. Per il trascinamento delle frese, i mandrini a manicotto sono dotati o di linguetta (cuneo longitudinale) o di un trascinatore.



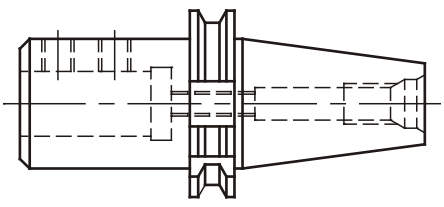
Cono Morse, Weldon

Per il fissaggio delle frese a candela sono disponibili mandrini di serraggio a pinza, mandrini di bloccaggio con vite di fissaggio laterale (Weldon) o supporti portautensile con cono Morse.

Cono Morse



Weldon



Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

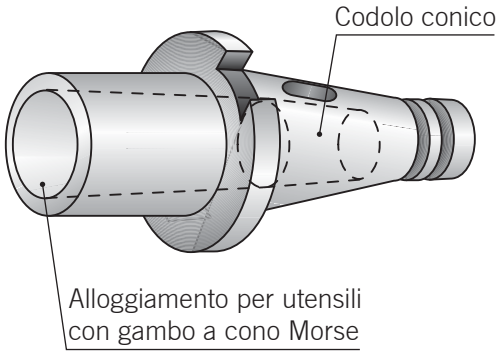
Diversamente da quanto accade con la maggior parte degli altri mandrini, con i mandrini con fissaggio laterale le forze e le coppie non vengono trasmesse all'utensile tramite accoppiamento dinamico.

Vantaggio:
– Struttura semplice e robusta
– Prezzi d'acquisto bassi

Svantaggio:
– L'alloggiamento Weldon non geometrico causa squilibri che limitano il regime d'impiego.
– Inoltre la vite di fissaggio si può svitare.
– Bassa precisione di concentricità (determinata dalla soluzione di fissaggio)

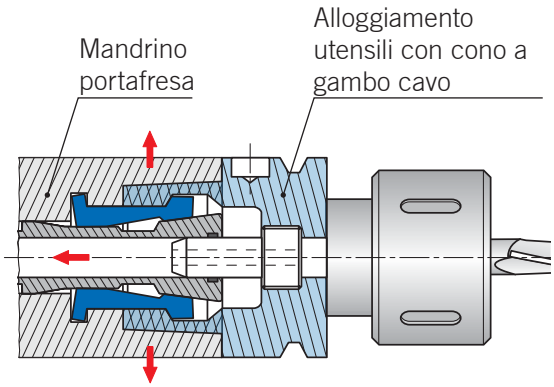
Alloggiamento utensili

Gli alloggiamenti utensili per le macchine fresatrici dispongono di un gambo conico per l'alloggiamento nel mandrino portafresa e di un cono Morse per il fissaggio di utensili con gambi a cono Morse.



Coni a gambo cavo

Per l'impiego in macchine NC sono stati sviluppati speciali **coni a gambo cavo**.



Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Come risulta dall'illustrazione, per il fissaggio dell'HSK la forza di serraggio viene prodotta da un sistema di pinze che agisce dall'interno verso l'esterno. Contemporaneamente l'HSK fissato poggia sulla superficie piana e sul cono del mandrino.
Con questo sistema di fissaggio, ai numeri di giri elevati si ottiene addirittura un aumento della forza di serraggio.

Vantaggi:
– elevata rigidità
– Ottima precisione di posizionamento assiale e radiale, ideale per numeri di giri molto elevati.

Mandrino di fissaggio ad espansione idraulica

Per lo sviluppo della forza di serraggio questo sistema utilizza la pressione ottenuta dall'olio. L'olio si trova in un sistema di camere tra il corpo base del mandrino e una boccola di pressione brasata. Azionando la vite di fissaggio si verifica lo spostamento del pistone di serraggio; il conseguente aumento della pressione dell'olio determina una deformazione elastica di una boccola ad espansione dalle pareti sottili, la quale serra così il codolo dell'utensile.

Vantaggi:
– Fissaggio assolutamente preciso, forte e centrato
– Ottime caratteristiche di concentricità
– Elevata precisione di ripetibilità, pari a <0.003mm

Svantaggi:
– Elevato prezzo di acquisto
– Elevanti oneri di manutenzione



Mandrino a calettamento termico

I mandrini a calettamento termico, per produrre la forza di serraggio necessaria sfruttano il comportamento del proprio materiale quando questo viene sottoposto ad elevate temperature. Quando il foro di fissaggio non è riscaldato, presenta un diametro inferiore rispetto al codolo dell'utensile. Quest'ultimo cioè non può essere rilasciato. Mediante apparecchi calettatori viene soffiata aria calda, oggi ormai vengono impiegate quasi esclusivamente bobine d'induzione; conseguentemente la zona del foro di fissaggio viene surriscaldata a circa 200…300 °C. In questo modo il foro si dilata e l'utensile può essere rilasciato. Con il successivo raffreddamento del mandrino, questo si restringe nuovamente e serra il codolo dell'utensile.

Vantaggi:
– Fissaggio assolutamente preciso forte e centrato
– Ottime caratteristiche di concentricità, pari a <0,003mm
– Bassi costi di acquisto del mandrino

Svantaggi:
– Pericolo di ustioni
– Regolazione della lunghezza possibile solo in un certo campo di tolleranza
– Il raffreddamento necessita del tempo



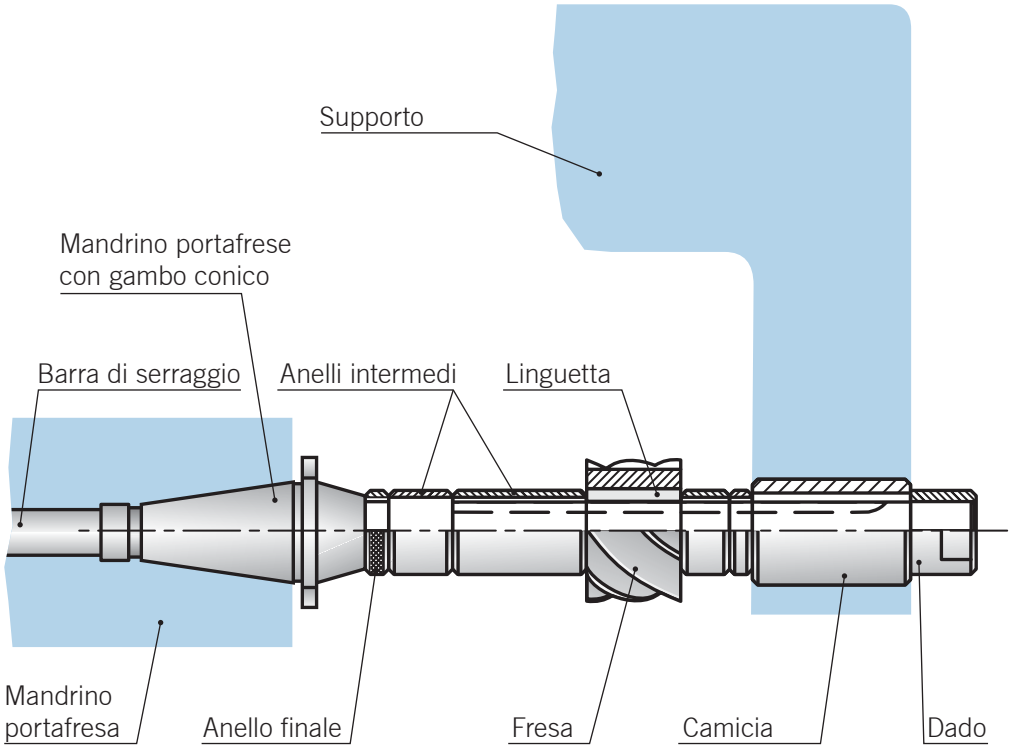
SWISSMEM

Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Mandrini portafrese con supporto

I mandrini portafrese servono per il fissaggio di frese circolari o a disco. Anche le frese biconiche e le frese sagomate possono essere fissate su un mandrino portafresa. Mediante l'impiego di anelli intermedi la fresa può essere portata nella posizione assiale desiderata. Per evitare il pericolo di flessione dei mandrini più lunghi, il mandrino viene inserito in un supporto.



Sicurezza sul lavoro

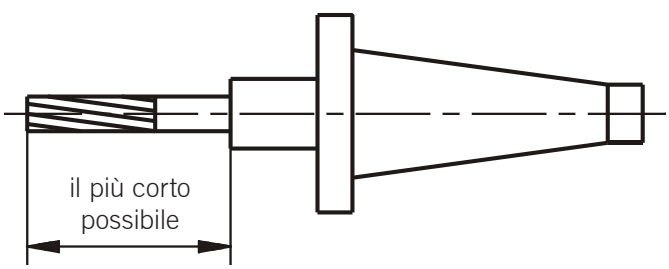
I bordi delle frese sono taglienti.
Per evitare lesioni, eseguendo il serraggio delle frese utilizzate guanti o stracci.



Regola base per il fissaggio degli utensili per fresatura:

– Verificate con grande attenzione che tutti i mandrini portafresa, le frese, gli anelli intermedi, le pinze di fissaggio ecc. siano assolutamente **puliti**. Se nel montaggio non si osserva la massima pulizia, il cono d'alloggiamento può danneggiarsi e causare un moto irregolare della fresa (eccentricità).

– Serrare sempre le frese in modo che risultino il più possibile **corte e stabili**.



Teoria

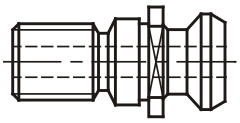
Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

– Non fissate mai una fresa a manicotto senza **linguetta** (cuneo longitudinale) o **anello di trascinamento** (trascinatore).

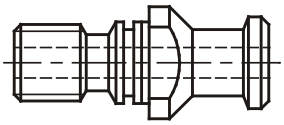
– Non dovete **mai** fissare una fresa a candela con codolo cilindrico priva di superficie di fissaggio laterale in un mandrino con vite di fissaggio laterale (Weldon). Per queste frese utilizzate un mandrino di serraggio a pinza.

– Per l'impiego su macchine NC non dimenticate mai di montare il **perno di serraggio** adatto.

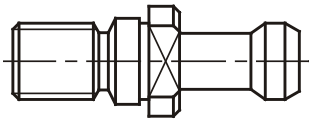
ISO 7388



DIN 69872



MAS 403-1982



– Nel caso, ad esempio, delle frese a disco, prestate attenzione al modo in cui montate l'utensile. Potete montare queste frese sia con taglio a destra sia con taglio a sinistra.

– Se possibile, per il fissaggio delle prese utilizzate un **banco di preparazione**. La tavola della fresa non è il luogo adatto per questa operazione.

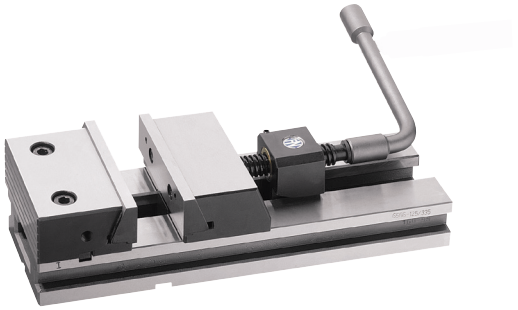
Fissaggio dei pezzi per la fresatura

Gli elementi di fissaggio devono soddisfare questi requisiti fondamentali:
– fissaggio sicuro di pezzi
– nessuna deformazione dei pezzi
– impiego semplice e veloce
– elevata precisione di ripetibilità del fissaggio

Morsa a vite della macchina

Le morse a vite delle macchine sono idonee al fissaggio di pezzi piccoli e di forma regolare. Il movimento di fissaggio avviene in modo meccanico tramite un albero filettato. Con i sistemi di fissaggio ad alta pressione la forza di serraggio viene incrementata in modo meccanico o idraulico e può essere spesso preselezionata o letta su una scala.

Morsa manuale con potenziamento meccanico della forza



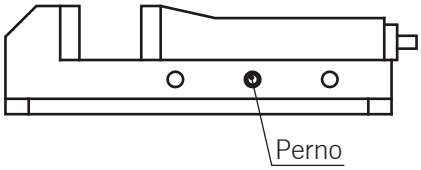
Morsa manuale con potenziamento idraulico della forza



Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

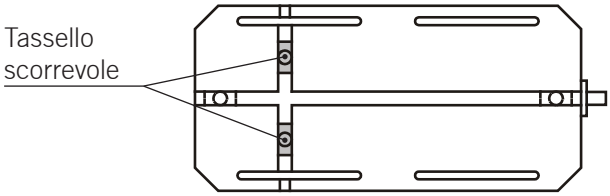
Di norma il campo di serraggio della morsa può essere impostato per mezzo di un perno.



Campi di fissaggio:

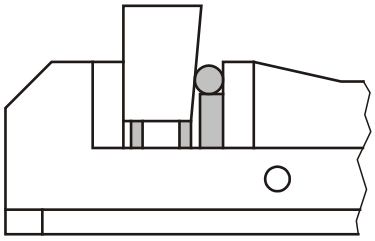
1	2	3
0 ... 58 mm	54 ... 115 mm	112 ... 170 mm

La morsa deve essere sempre fissata parallelamente ad un'asse della macchina. A tale scopo sulla morsa possono essere montati dei tasselli scorrevoli. Se non sono presenti dei tasselli scorrevoli, la morsa deve essere posizionata con precisione mediante un comparatore o un tastatore.



I pezzi rotondi di piccole dimensioni possono essere fissati con ganasce prismatiche. I pezzi non paralleli possono essere fissati con un tondino. Questo metodo viene utilizzato soprattutto se i pezzi grezzi devono essere squadrati.

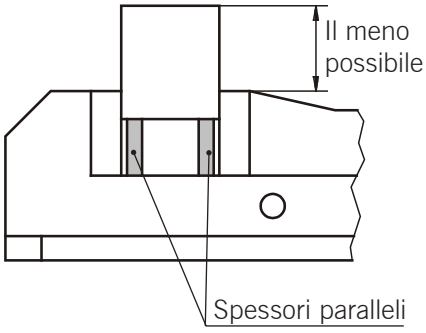
Fissaggio con superfici di fissaggio non parallele



Ganasce prismatiche



Il pezzo deve sporgere dalla morsa solo nella misura strettamente necessaria alla lavorazione. Affinché il pezzo poggi in modo corretto, spesso vengono utilizzati degli spessori paralleli. Gli spessori devono essere posizionati in modo tale da non poter essere danneggiati anche in caso di un'eventuale foratura passante del pezzo.



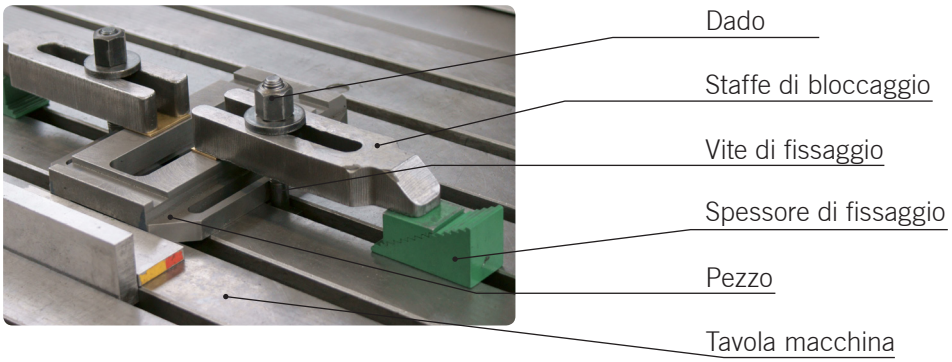
SWISSMEM

Teoria

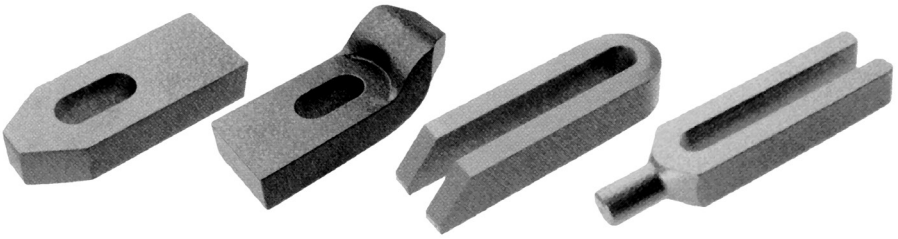
Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Staffe di bloccaggio

I pezzi di grosse dimensioni e forma irregolare possono essere fissati con staffe di bloccaggio, viti e spessori di fissaggio direttamente sulla tavola della macchina.



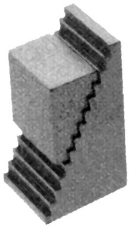
Come staffe di bloccaggio possono essere utilizzate staffe normali, a gomito o a forcella.



Staffa di bloccaggio normale | Staffa di bloccaggio a gomito | Staffa di bloccaggio a forcella normale | Staffa di bloccaggio a forcella con nasello

Come spessori possono essere impiegati martinetti a gradini o martinetti a vite.

Martinetto a gradini

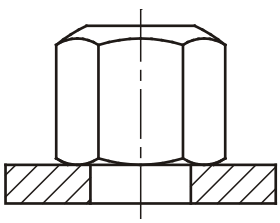


Martinetto a vite

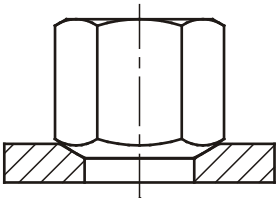


La vite di fissaggio include sempre uno speciale dado di fissaggio con rondella temprata. I dadi di fissaggio sono di norma più alti dei dadi normali (1,5 × D) e presentano un lato piatto ed uno arrotondato.
Il lato piatto viene impiegato insieme ad una rondella piatta, il lato arrotondato insieme ad una rondella conica.

Dado di fissaggio con rondella



Dado di fissaggio con rondella conica

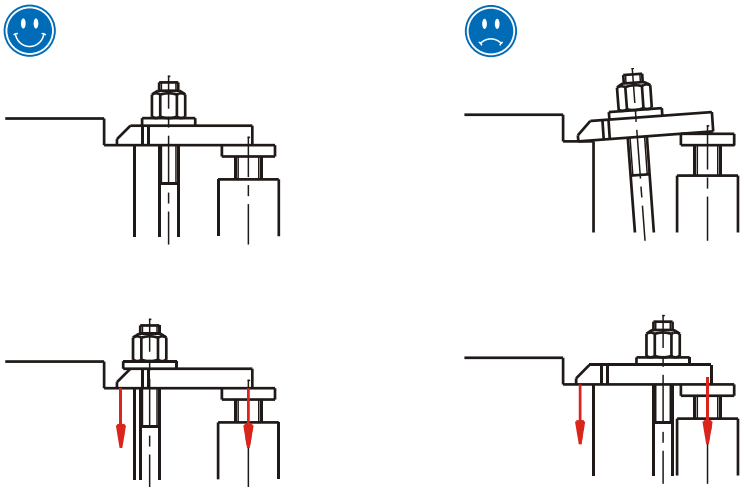


Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Bloccaggio con staffe

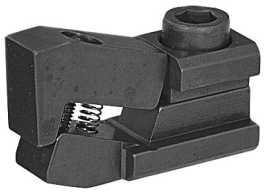
Per il fissaggio con staffe di bloccaggio occorre verificare che la vite di fissaggio sia quanto più vicina possibile al pezzo, affinché la forza di serraggio agisca sul pezzo e non sullo spessore (legge delle leve). Inoltre l'altezza degli spessori deve essere scelta in modo tale che la staffa sia parallela alla tavola della macchina. In caso contrario la vite verrebbe sollecitata obliquamente e potrebbe danneggiarsi.



Dispositivo di serraggio piatto/ Dispositivo di serraggio profondo

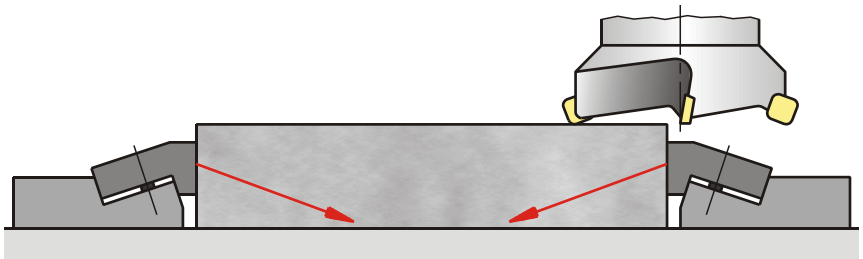
I dispositivi di serraggio piatti e profondi consentono il fissaggio di pezzi piani senza che l'utensile venga ostacolato nel corso della lavorazione. Il pezzo viene premuto sia contro la tavola della macchina sia lateralmente, contro una battuta fissa, oppure contro un altro dispositivo di serraggio piatto o profondo.

Dispositivo di serraggio piatto



Dispositivo di serraggio profondo





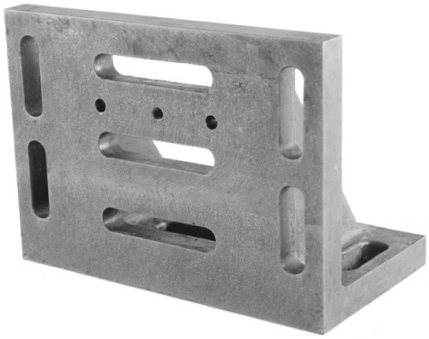
Forze con il dispositivo di serraggio piatto

Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

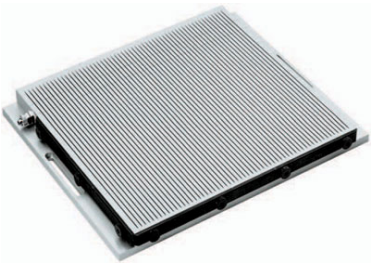
Squadra

Le squadre sono elementi di fissaggio ausiliari le cui superfici si trovano esattamente ad angolo retto le une rispetto alle altre.



Tramite vuoto

Vantaggi:
- Tempi di fissaggio brevi
- Impiego universale
- Possibilità di fissaggio di pezzi non metallici
- Fissaggio esente da deformazione



Piattaforme magnetiche

Le piattaforme di fissaggio magnetiche si suddividono sostanzialmente in piattaforme di fissaggio a magnete permanente e piattaforme di fissaggio magnetiche elettriche.
Vantaggi: Elevata forza di serraggio
Svantaggi: Impiego per asportazione di truciolo relativamente contenuta



Con le piattaforme a magnete permanente il pezzo viene trattenuto da una forza magnetica. Quanto più grande e livellata è la superficie di appoggio, tanto maggiore è la forza di adesione esercitata sul pezzo.

Piani inclinabili con morsa a vite

Questa versione consente la regolazione di angoli in due direzioni sulla superficie di fissaggio.

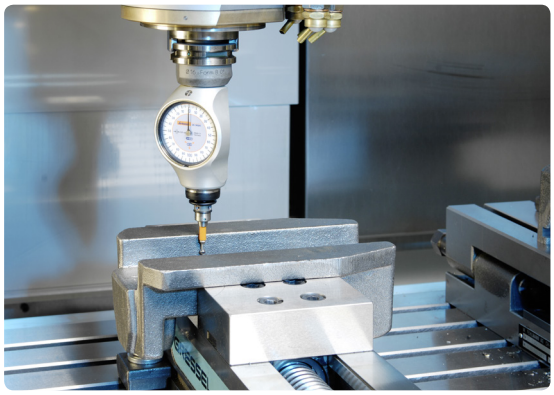


Teoria

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Posizionamento di precisione dei pezzi

Il posizionamento di precisione dei pezzi e della morsa assume una particolare importanza nella fresatura.



1. Informatevi su quali siano i dispositivi di fissaggio disponibili nella vostra azienda. Prendente nota di quali siano i lavori per i quali vengono utilizzati questi dispositivi di fissaggio.

Tastatore (centrofix)

Il tastatore illustrato serve per la ricerca della posizione di superfici di riferimento o bordi. Viene fissato tramite mandrino o pinza della macchina. Con il mandrino in funzione (600 giri/min) la parte inferiore del tastatore viene messa in movimento mediante la pressione di un dito. Il tastatore, che ora gira in modo eccentrico (vedere illustrazione 1), viene condotto contro il bordo del pezzo mediante un moto di avvicinamento lento. A causa del contatto contro il bordo del pezzo, la parte inferiore del tastatore viene spinta sull'asse di movimento con un moto di avanzamento in profondità rallentato (vedere illustrazione 2). Al raggiungimento della coassialità (asse di movimento comune) delle parti superiore ed inferiore del tastatore, la posizione della superficie tastata è definita rispetto al mandrino. La parte inferiore del tastatore scivola via lateralmente (vedere illustrazione 3). In questo punto l'asse del mandrino corre in direzione assiale rispetto al bordo del pezzo, con una differenza che corrisponde al raggio del tastatore. Il tastatore illustrato lavora con una precisione di posizionamento e ripetibilità pari a 0,01 mm, ha una superficie rettificata e completamente temprata.

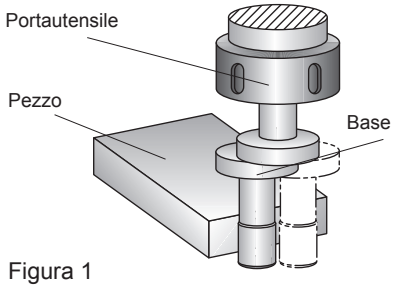


Figura 1

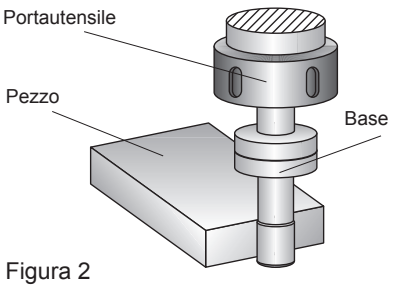


Figura 2

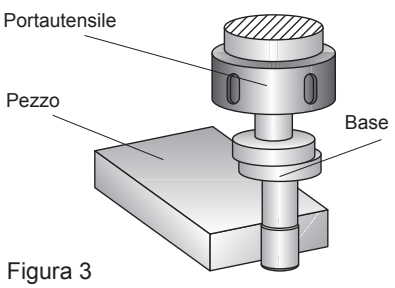


Figura 3

Verifica delle conoscenze

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Domande di verifica

1. Quali vantaggi presentano le frese in metallo duro rispetto alle frese HSS?

2. Abbinate le caratteristiche specifiche ai due tipi di fresa.

		
per grandi superfici piane		
per piccole superfici piane		
4…12 taglienti		
6…60 taglienti		
media qualità delle superfici		
elevata qualità delle superfici		
potenza di truciolatura molto elevata		
bassa potenza di truciolatura		
taglienti HSS		
taglienti sostituibili in HM		

3. Quale tipo di fresa viene utilizzato per la fresatura dell'acciaio temprato?

4. Con quale tipo di fresa è possibile realizzare una guida a coda di rondine?

5. Con quale tipo di fresa vengono realizzate le sedi per chiavette?

SWISSMEM

Verifica delle conoscenze

Impiego degli utensili per fresatura e dei dispositivi di fissaggio

Domande di verifica



6. Con quale metodo di fresatura potete ottenere una buona qualità della superficie?

7. Quali presupposti relativi alla macchina devono essere soddisfatti affinché un pezzo possa essere lavorato con fresatura in concordanza?

8. Come vengono distinti gli utensili per fresatura?

9. Può accadere che le placchette intercambiabili per la fresatura e per la tornitura siano identiche? Perché?

Attività

Fresatura dei pezzi

- **Fresatura orizzontale e verticale delle superfici**
- **Fresatura delle superfici al di sotto di un determinato angolo**
- **Fresatura dei pezzi fino ad una finitura superficiale con classe di rugosità pari ad un valore Ra di 1,6**
- **Fresatura dei pezzi entro una tolleranza base di IT 8**
- **Fresatura di asole e tasche**
- **Controllo dei pezzi mediante strumenti di controllo e misura adeguati e documentazione dei risultati**

Domande di base

1. Quale finitura superficiale ottenete dalla fresatura con una normale pratica di officina?

2. Quale fresa utilizzate per creare della tasche?

3. Quando utilizzate le staffe di bloccaggio per bloccare i pezzi?

SWISSMEM

Teoria

Fresatura dei pezzi

Molti infortuni vengono causati da una errata manipolazione di utensili e macchine utensili. Questa sessione di formazione vi è utile per riconoscere i rischi di infortunio durante la fresatura e adottare di conseguenza un comportamento corretto. Infatti, gli incidenti sul posto di lavoro possono essere evitati osservando le misure di sicurezza, adottando un comportamento corretto e un'adeguata riflessione.

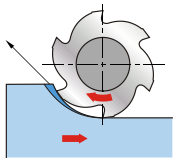
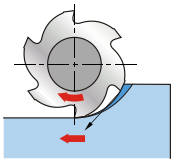
Sicurezza sul lavoro

- Lavorate solo con fresatrici che siete in grado di utilizzare!
  Per prima cosa imparate dove è posizionato l'interruttore principale, come attivare e disattivare il mandrino e come azionare l'avanzamento e la corsa rapida. Iniziate con la fresatura solo quando vi sentite sicuri nell'uso della macchina.
- I dispositivi di protezione e allarme non devono essere rimossi dalla macchina!
- Eventuali difetti della macchina, come ad esempio un cavo scollegato, devono essere tempestivamente segnalati al proprio responsabile!
- Indossate indumenti aderenti!
- Indossate sempre gli occhiali di sicurezza!
- Non indossate anelli o collane!
- Serrate correttamente la morsa alla tavola di fresatura!
  Se sulla tavola di fresatura è già installata una morsa, controllate che questa sia correttamente serrata.
- Bloccate in modo sicuro il pezzo!
- Non bloccate l'utensile nel portautensili sulla macchina! Utilizzate il punto di installazione previsto.
- Indossate dei guanti o utilizzate uno straccio per inserire l'utensile nel mandrino portafresa!
- Selezionate dati di taglio ragionevoli e impostateli correttamente nella macchina!
- La direzione di rotazione del mandrino portafresa deve corrispondere alla direzione di taglio della fresa!
- Non avvicinate mai le mani in prossimità della fresa in movimento!
- Assicurate un buon flusso dei trucioli, in modo che l'evaquazione di trucioli nell'area circostante non crei pericoli per voi e per le altre persone!
- Rimuovete i trucioli solo con il pennello!
- Limitate la corsa rapida e l'avanzamento mediante i finecorsa!
- Durante il lavoro non lasciatevi distrarre da altre persone e non distraete nessuno!
- Il cambio del pezzo deve essere eseguito esclusivamente a macchina spenta!
- Non eseguite mai le misurazioni con la macchina in funzione!
- Per la pulizia o la messa a punto della macchina è necessario spegnere l'interruttore principale!
- Spegnete sempre la fresatrice prima di allontanarvi!

Teoria

Fresatura dei pezzi

Vantaggi/ svantaggi del etodo di fresatura

Metodo della fresatura	Vantaggi	Svantaggi
Fresatura convenzionale 	– Può essere utilizzata su qualunque macchina. – È particolarmente adatta per pezzi con superfici dure, ad esempio per pezzi con rivestimento fuso o cordone di saldatura.	– Crea una superficie ondulata. – Comporta una maggiore usura e di conseguenza una minore durata.
Fresatura concorde 	– Può essere eseguita con elevate profondità di taglio, aumentando così la capacità di asportazione dei trucioli. – Si ottiene un'elevata finitura superficiale.	– Può essere eseguita solo su macchine con meccanismo di avanzamento senza gioco. – Non dovrebbe essere impiegata per la lavorazione di pezzi con superfici dure (ad esempio rivestimento fuso).

1. Quali macchine sono adatte per la fresatura concorde nella vostra azienda?

SWISSMEM

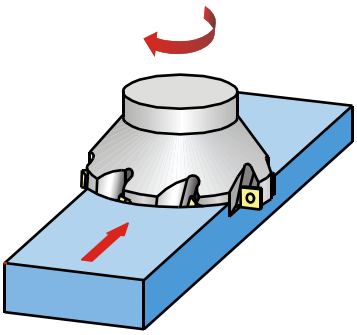
Teoria

Fresatura dei pezzi

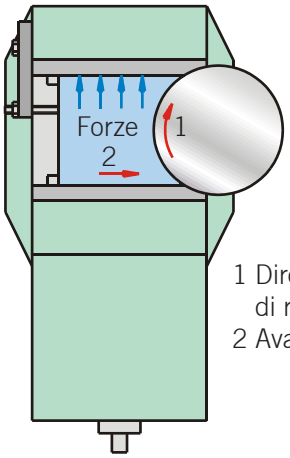
In questa sessione di formazione imparate come realizzare semplici pezzi fresati su fresatrici convenzionali. Prima di iniziare con la fresatura, dovete aver appreso a fondo la sessione di formazione "Sicurezza sul lavoro relativa alla fresatura".

Fresatura frontale

Nella fresatura frontale la superficie del pezzo viene creata dai taglienti presenti sul lato frontale (taglienti secondari). Poiché vengono impiegati sempre più taglienti, si ottengono un carico uniforme della macchina, un'elevata capacità di asportazione dei trucioli ed un'elevata finitura superficiale. Per la fresatura frontale vengono utilizzati come utensili le frese a spianare (frese a placchette intercambiabili) e le frese cilindriche frontali. La fresatura frontale è sempre da preferire, per quanto possibile, alla fresatura periferica.



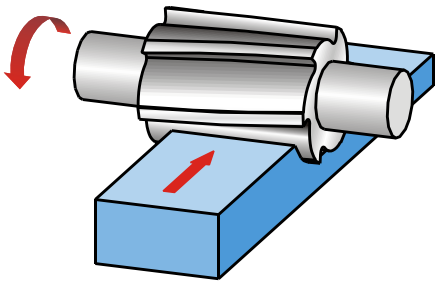
- **Tenete presente che la forza di fresatura è sempre diretta verso la ganascia fissa della morsa della macchina e verso il finecorsa.**
- **Bloccate sempre quegli assi che non eseguono alcun moto di avanzamento.**



1 Direzione di rotazione
2 Avanzamento

Fresatura periferica

Nella fresatura periferica la superficie del pezzo viene creata dai taglienti disposti lungo la circonferenza (taglienti principali). Poiché solo pochi taglienti vengono utilizzati contemporaneamente lo spessore del truciolo è variabile (truciolo a forma di virgola), il carico della fresa risulta essere non uniforme. Inoltre ottenete una minore finitura superficiale e scarse prestazioni di asportazione dei trucioli. Potete migliorare la finitura superficiale eseguendo la fresatura in concordanza anziché quella in discordanza. Trovate maggiori informazioni su questo argomento nella sessione di formazione "Fresatura in discordanza (opposizione) e fresatura in concordanza". Per la fresatura periferica vengono utilizzati come utensili le frese cilindriche, le frese cilindriche frontali e le frese a candela.

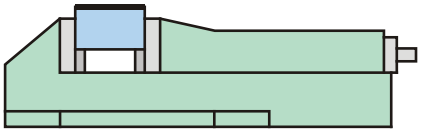


Teoria

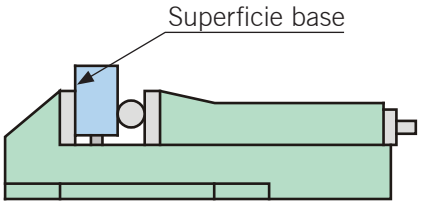
Fresatura dei pezzi

Fresatura di un parallelepipedo

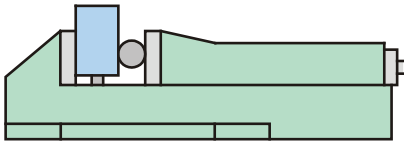
1. Fresate la superficie maggiore del pezzo grezzo, la quale servirà da superficie base.



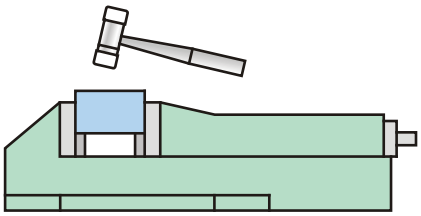
2. Bloccate il pezzo con la superficie base contro la ganascia fissa e fresate la seconda superficie. Per fare in modo che la superficie base sia posizionata correttamente, inserite un tondino "morbido" (ad esempio una spina in rame) tra il pezzo e la ganascia mobile.



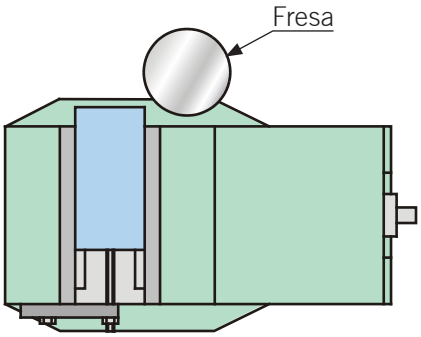
3. Fresate il terzo lato alla quota desiderata. Bloccate il pezzo in modo che la superficie base sia a contatto con la ganascia fissa e il secondo lato sia posizionato sotto sulla base rettificata.



4. Bloccate il pezzo con la superficie base verso il basso e battete sulla base. Fresate il quarto lato alla quota richiesta. Battete il pezzo con un martello in plastica fino a bloccare completamente la base rettificata.



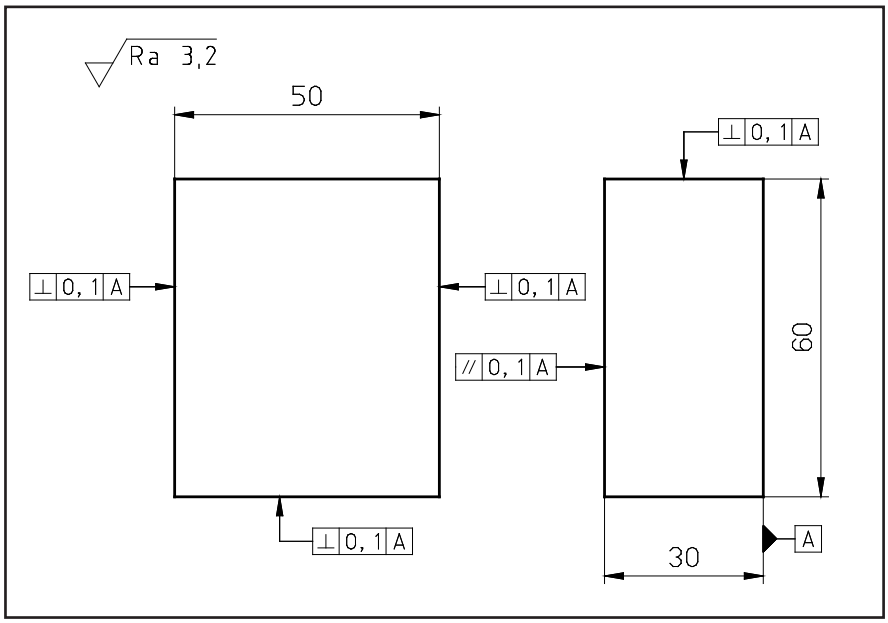
5. Per fresare il quinto e sesto lato bloccate il pezzo in modo che sporga lateralmente oltre la morsa. Fresate le superfici con il metodo di fresatura periferica.



Teoria

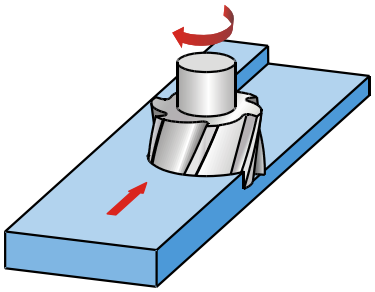
Fresatura dei pezzi

2. Realizzate il seguente pezzo fresato nel materiale desiderato.

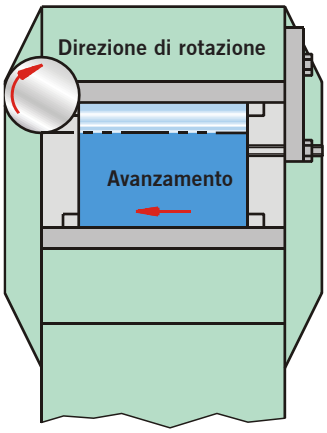


Fresatura periferico-frontale

Nella fresatura periferico-frontale la superficie del pezzo viene realizzata sia mediante taglienti principali che secondari. Con questo procedimento di fresatura potete fresare spallamenti, tasche o profili. Come utensili impiegate frese cilindriche frontali, frese ad angolo o frese a candela.



- **Scegliete un rapporto adeguato tra la profondità e la larghezza di taglio.**
- **Decidete se volete utilizzare la fresatura in concordanza o in discordanza (opposizione).**
- **Bloccate quegli assi che non eseguono alcun moto di avanzamento.**
- **Le forze di fresatura dovrebbero essere dirette, per quanto possibile, verso la ganascia fissa della morsa a della macchina e verso il finecorsa.**

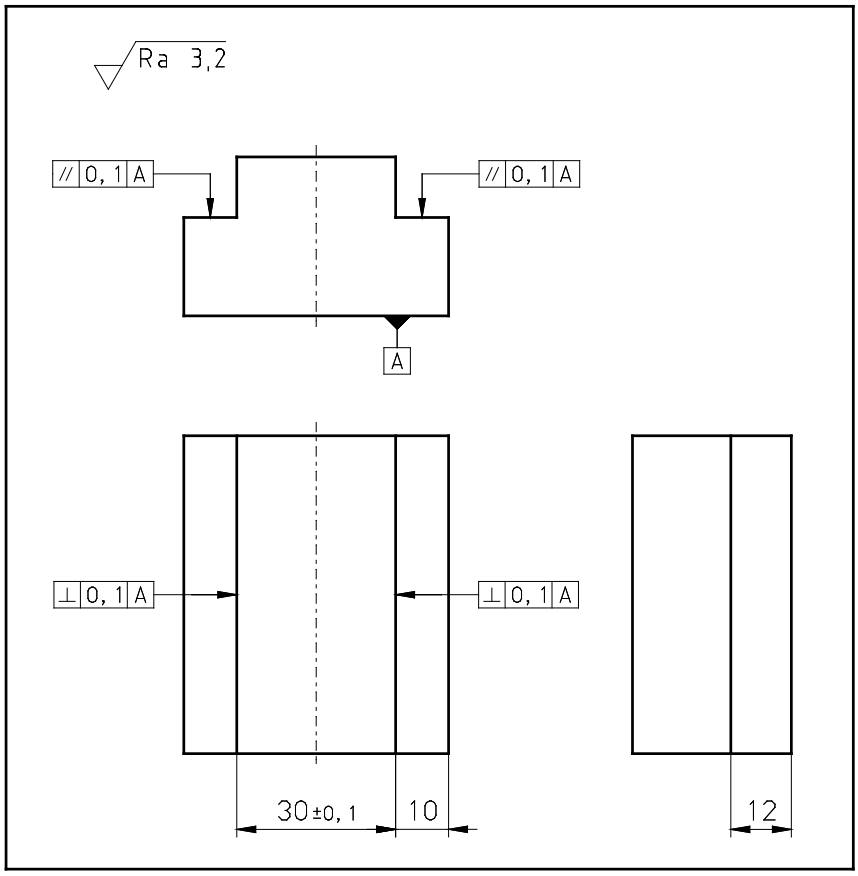


SWISSMEM

Teoria

Fresatura dei pezzi

3. Create l'intera documentazione di fabbricazione (schema di serraggio, lista utensili e piano di lavoro) per il seguente pezzo fresato e realizzate quest'ultimo dal pezzo dell'attività 2.



Teoria

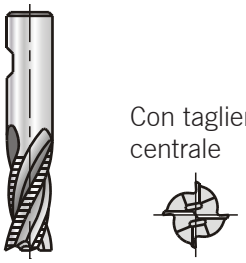
Fresatura dei pezzi

Fresatura di tasche

Utensili

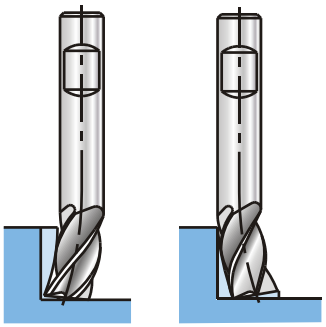
Normalmente per realizzare una tasca avete bisogno di due frese a candela.

Per la sgrossatura utilizzate una fresa a candela con profilo di sgrossatura, con il quale potete eseguire anche fresature (forature) assiali. Ciò indica che l'utensile deve tagliare fino in centro.



Con tagliente centrale

Le forze di taglio causano una leggera flessione delle frese a candela sottili, con conseguente errore di contornatura. Per la finitura scegliete pertanto una fresa a candela più corta e stabile possibile.

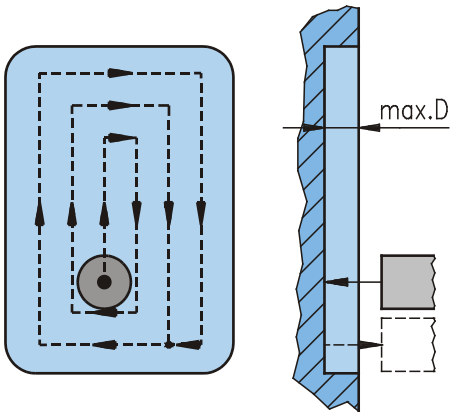


Errore di profilo nella fresatura convenzionale / fresatura concorde

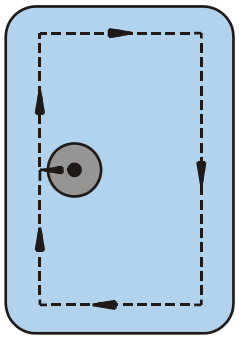
Procedura

Con la fresa per sgrossare penetrare al centro della tasca alla profondità desiderata, di conseguenza dovete lavorare solo con metà avanzamento. Potete penetrare la tasca fino ad una profondità massima 1 × D (diametro fresa). Sgrossate la tasca dall'interno verso l'esterno finché su ciascun lato ci sono ancora circa 0,2 mm di sovrametallo di finitura. Con la fresa per finitura piccola fresate il profilo della tasca alla dimensione richiesta. Normalmente non viene eseguita la finitura del fondo tasca.

Sgrossatura



Finitura

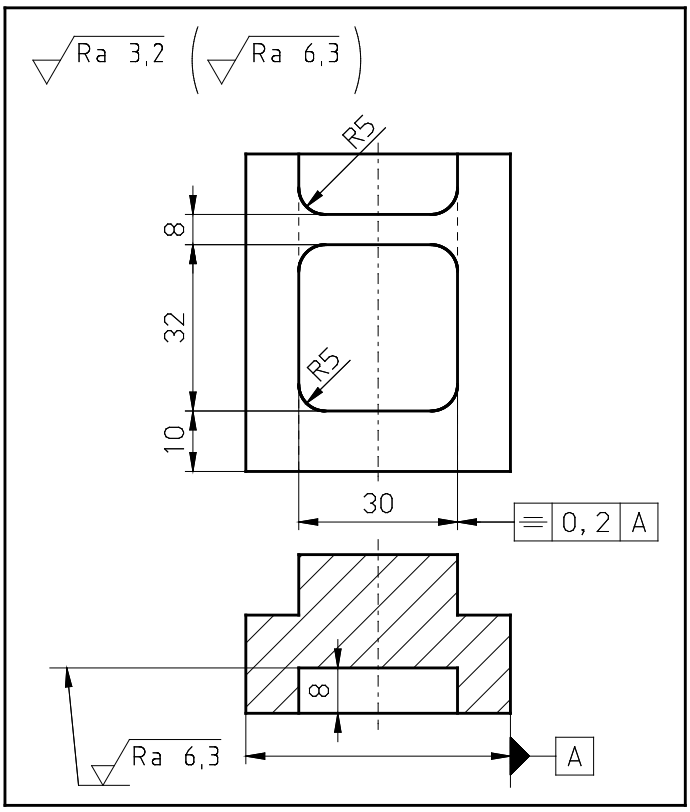


Teoria

Fresatura dei pezzi

Suggerimento
Disegnate o tracciate i profili della tasca sul pezzo.

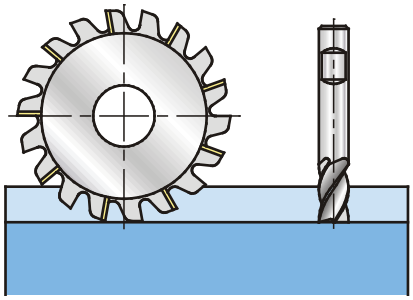
4. Eseguite la fresatura del seguente pezzo. Come pezzo grezzo potete utilizzare il pezzo fresato del compito 3.



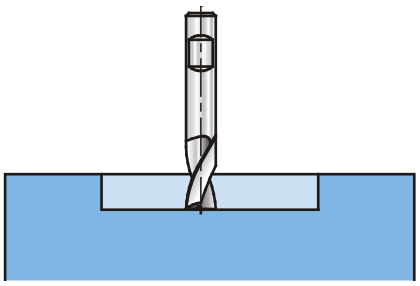
Fresatura di scanalature

Utensili
Per realizzare una scanalatura utilizzate una fresa a disco, una fresa a candela o una fresa per asole (fresa per sedi di chiavette). Impiegate principalmente frese a disco e frese a candela per scanalature passanti mentre per fresare scanalature chiuse utilizzate frese per asole.

Scanalatura passante



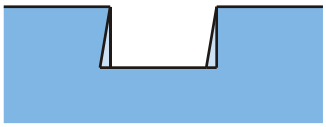
Scanalatura chiusa



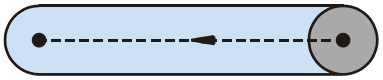
Teoria

Fresatura dei pezzi

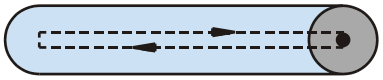
Realizzazione di una sede per chiavetta precisa
Una sede per chiavetta, che viene creata con una sola lavorazione, non presenta una forma rettangolare a causa della flessione dell'utensile.



Per ottenere una chiavetta precisa bisogna eseguirla in due fasi:

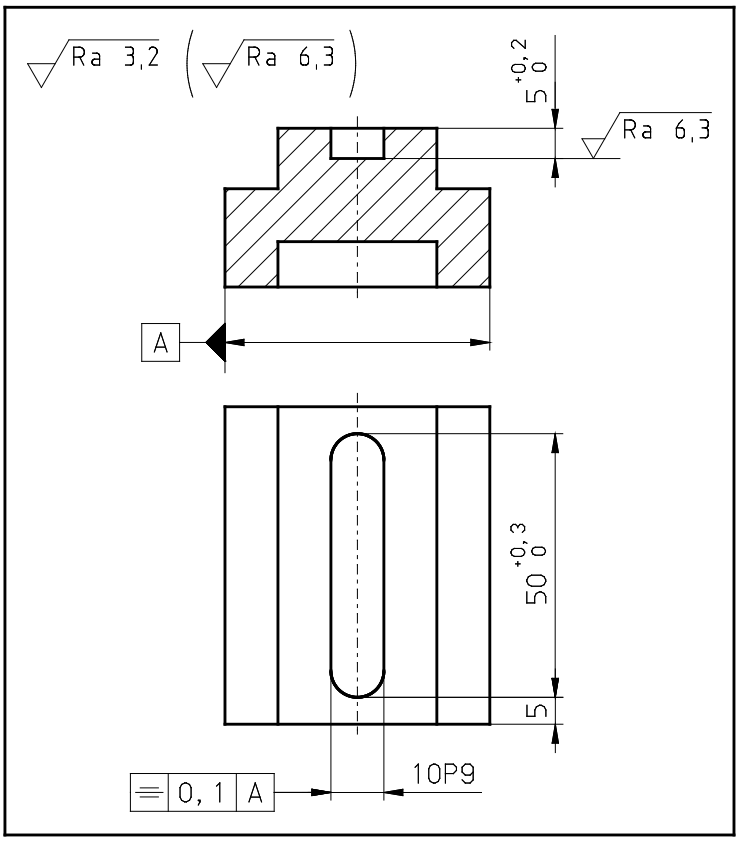


– Sgrossate la chiavetta con una **fresa per asole il più corta** possibile e con un diametro inferiore alla larghezza finale. Per realizzare una chiavetta largo 10 mm utilizzate ad esempio una fresa con diametro di 9,7 mm.



– Con la stessa fresa eseguite la fresatura della chiavetta alla quota richiesta. Per poterla eseguire correttamente dovete aver misurato con precisione il diametro della fresa.

5. Adesso eseguite la fresatura di una sede per chiavetta sul lato superiore del pezzo.



SWISSMEM

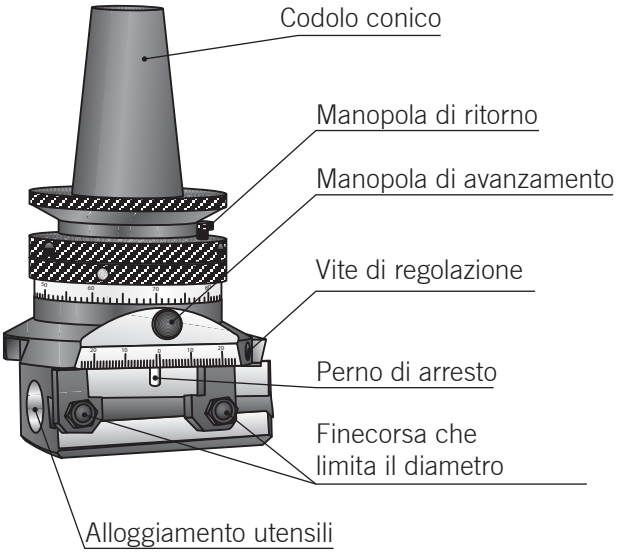
Teoria

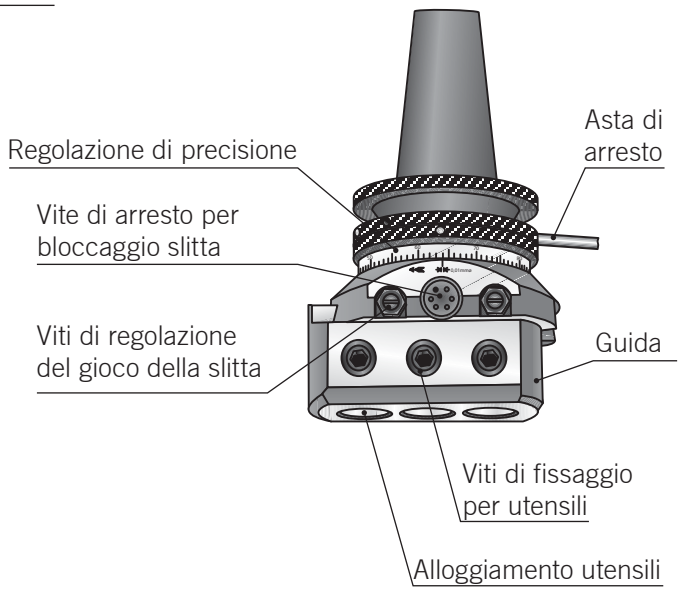
Fresatura dei pezzi

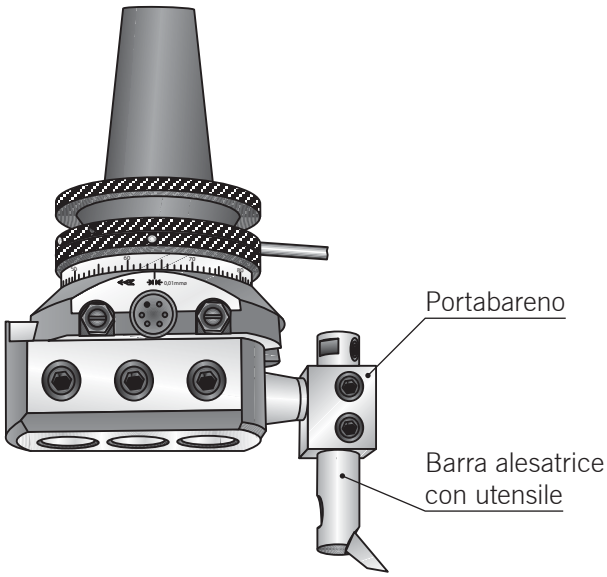
Teste per barenatura

L'asportazione dei trucioli durante la lavorazione con la testa per alesare è simile a quella per la tornitura su tornio.
Differenza: l'utensile (testa per alesare) esegue un movimento circolare.

Impiego: attività di asportazione dei trucioli quali
- sfacciatura e alesatura
- esecuzione di gole
- realizzazione di forature cilindriche







Verifica delle conoscenze

Fresatura dei pezzi

Domande di verifica

1. Indicate le possibili cause se la fresa "saltella" ed indicate le possibili cause.

2. Indicate le possibili cause se la superficie del pezzo risulta eccessivamente ruvida Indicate le possibili cause.

3. Per la fresatura di materiali duri, che rapporto c'é tra il numero die taglienti e lo spazio tra di loro?

4. Che influenza ha il porta utensili (supporto per la fresa) per la lavorazione di un pezzo?

5. Cosa si ottiene quando vengono utilizzati contemporaneamente molti taglienti per la fresatura?

6. In che cosa si differenziano i tipi di fresa N-H-W?

7. Quale tipo di usura non è possibile evitare per la fresa?

Attività

Rettificatrici

- **Denominazione e spiegazione delle possibilità di impiego delle rettificatrici**
- **Spiegazione del funzionamento e delle possibilità di lavorazione della macchina e degli accessori**
- **Messa in funzione e spegnimento della rettificatrice**
- **Riempimento, sostituzione e smaltimento conforme alle norme in materia di tutela ambientale di materiali di consumo quali oli e lubrorefrigeranti secondo quanto indicato nei manuali d'uso**
- **Pulizia, manutenzione e protezione dalla corrosione delle apparecchiature**

Domande di base

1. Cosa intendete con il termine rettifica?

2. Perché è necessario rettificare i pezzi?

3. Quali valori di rugosità ottenete con la rettifica?

4. Quale concetto base della tornitura e della fresatura vi è utile come approccio alla rettifica?

5. Spiegate l'angolo di spoglia superiore su una mola.

Teoria — Rettificatrici

Descrizione del processo i rettifica

La rettifica è un processo di lavorazione ad asportazione di truciolo. Migliaia di grani abrasivi penetrano nella superficie del pezzo durante la rotazione della mola asportando i trucioli di materiale. La rettifica di utensili e anche di parti di macchine avviene sulle rettificatrici più diverse dotate di speciali mole.

Rettificatrici

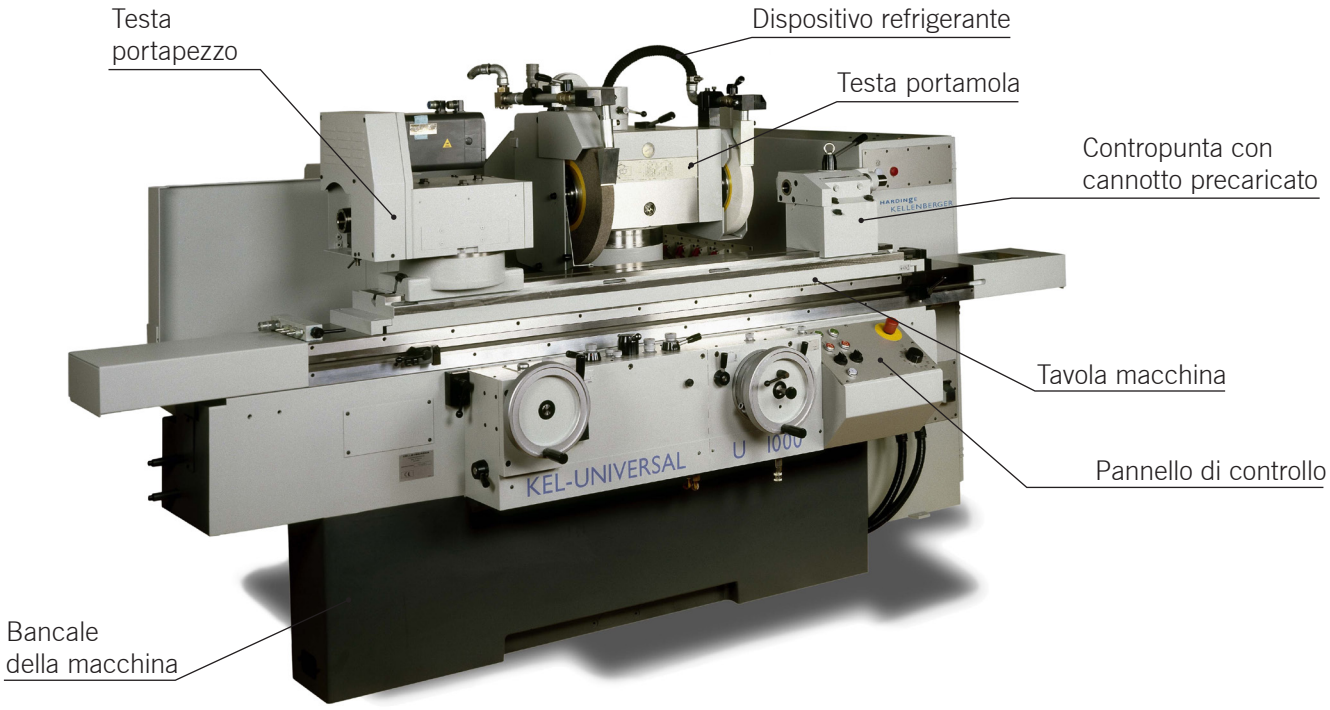
I principali tipi di rettificatrici sono i seguenti:
– **Rettificatrici in tondo per la rettifica di superfici esterne ed interne**
– **Rettificatrici per piani**
– Rettificatrici per utensili
– Rettificatrici per profili e filetti
– Troncatrici a mola
– Rettificatrici manuali

Rettificatrice in tondo

Le rettificatrici in tondo si distinguono in rettificatrici interne (lavorazione di fori) ed esterne (lavorazione di alberi). Le rettificatrici in tondo esterne, che sono inoltre dotate di un dispositivo di rettifica interna, vengono definite **rettificatrici in tondo universali**.

Componenti

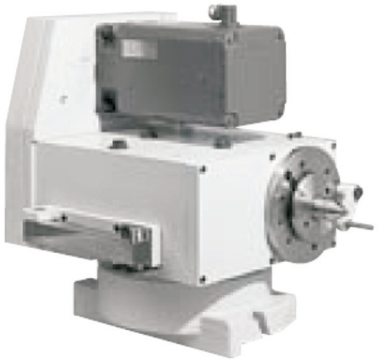
Componenti principali di una rettificatrice in tondo:
– Testa portapezzo
– Contropunta con cannotto precaricato
– Bancale della macchina
– Testa portamola
– Tavola macchina
– Dispositivo refrigerante
– Dispositivo di ravvivatura
– Pannello di controllo



Teoria

Rettificatrici

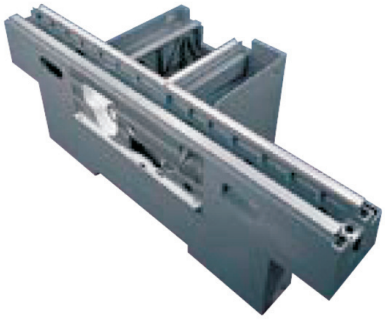
Testa portapezzo



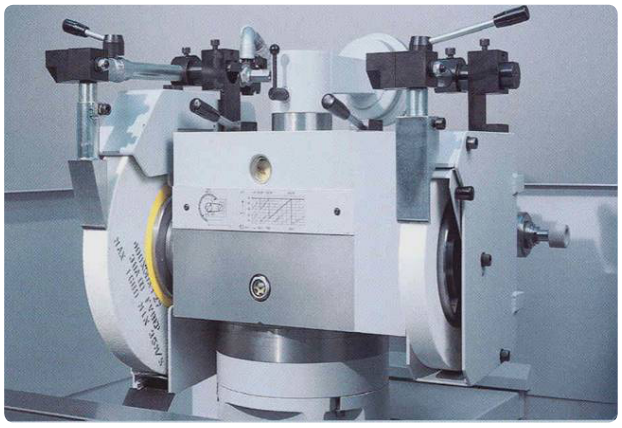
Contropunta con cannotto precaricato

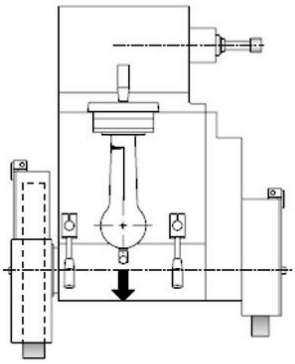


Bancale della macchina

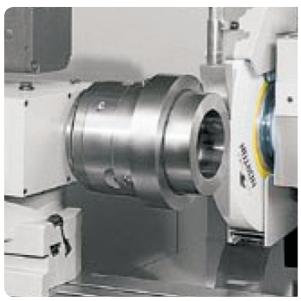


Testa portamola

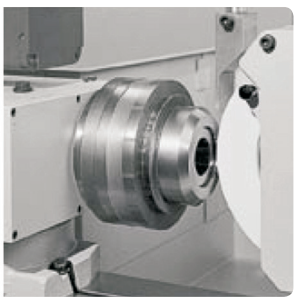




Rettifica esterna



Rettifica in piano

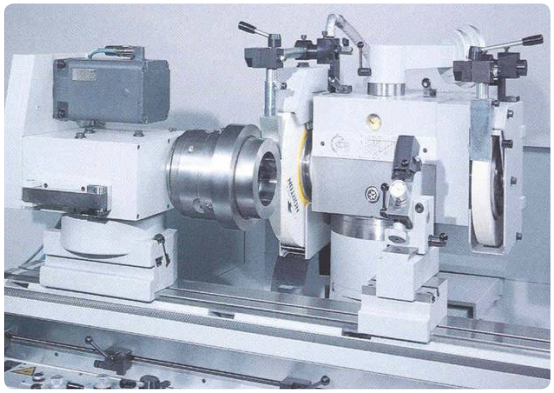


SWISSMEM

Teoria

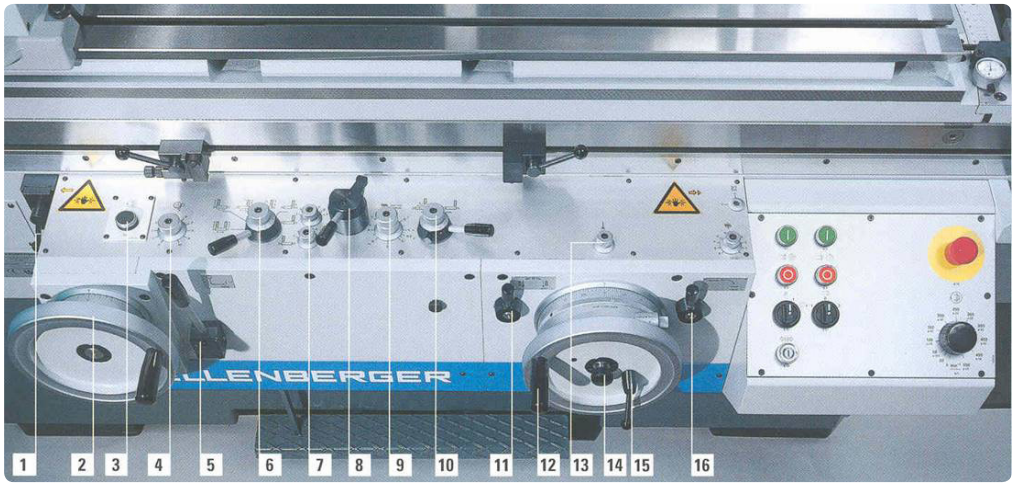
Rettificatrici

Dispositivo di ravvivatura





Pannello di controllo



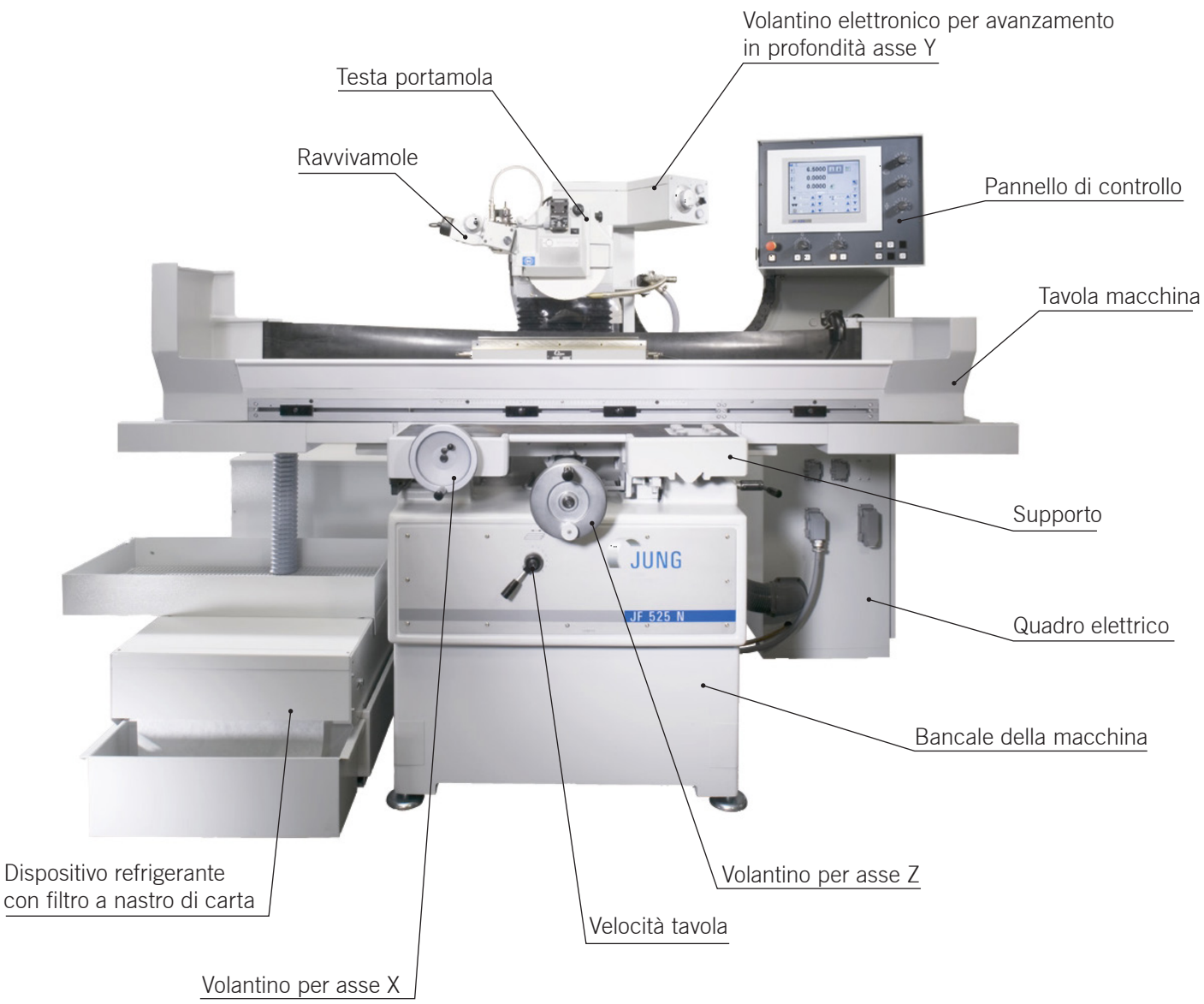
1 Commutatore regolazione grossa/fine
2 Spostamento manuale tavola
3 Movimento lento mandrino portapezzo
4 Durata passate di spegnifiamma/corse
5 Comando a leva unica
6 Leva di selezione avanzamento in profondità
7 Decelerazione per inversione corsa
8 Inversione corsa tavola
9 Velocità tavola
10 Preselezione corsa rapida
11 Interruzione/accelerazione avanzamento
12 Volantino avanzamento
13 Battuta fissa avanzamento
14 Commutazione manuale regolazione grossa
15 Bloccaggio scala
16 Bloccaggio volantino

Teoria Rettificatrici

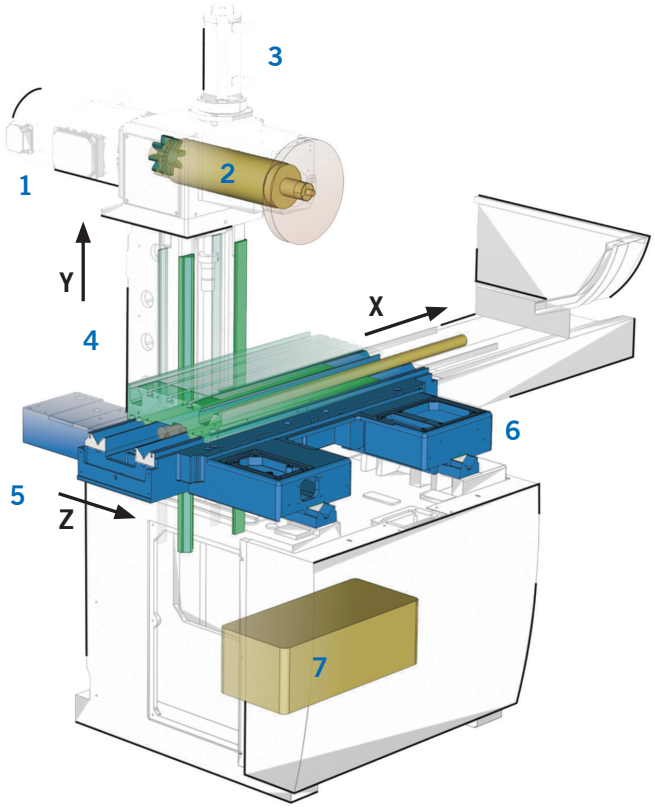
Rettificatrici per piani

Tipi di macchine
Le rettificatrici per piani o in piano sono dotate di un mandrino principale orizzontale o verticale. Le rettificatrici per piani con mandrino verticale dispongono prevalentemente di mole a segmenti o mole a tazza, mentre sulle rettificatrici per piani con mandrino orizzontale sono principalmente montate mole cilindriche.

Struttura di una rettificatrice per piani:



Teoria Rettificatrici



1 Motore di azionamento
2 Motore di rotazione
3 Mandrino di regolazione
4 Colonna mobile
5 Tavola a croce
6 Tavola macchina
7 Gruppo idraulico per asse X

Tavola macchina

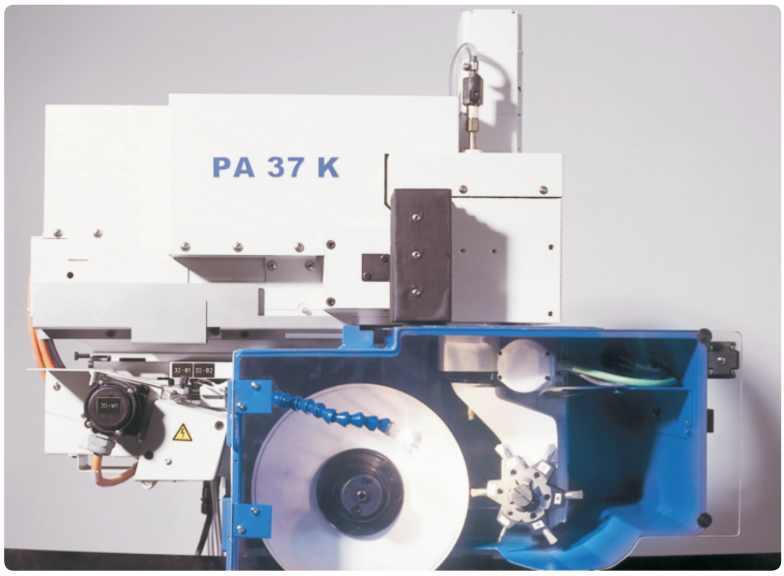
La tavola della macchina esegue il movimento longitudinale e poggia sul supporto (slitta trasversale) che esegue il movimento trasversale. Il supporto è sostenuto dal bancale della macchina. L'azionamento della tavola della macchina è di tipo idraulico. La velocità di avanzamento è a regolazione continua e i punti morti vengono determinati mediante camme di regolazione regolabili. Il moto trasversale avviene elettromeccanicamente grazie a motori trifase o a corrente continua. Il moto di avanzamento in profondità di pochi centesimi o persino di pochi millesimi viene trasmesso da motori passo-passo, elettromagneti di sollevamento o manualmente.

Teoria

Rettificatrici

Tecnologia di ravvivatura di profili

Il dispositivo di ravvivatura illustrato in figura consente l'utilizzo di diamanti singoli (disposti a stella) nonché di rulli diamantati.







Tecnologia di ravvivatura in piano

La ravvivatura in piano della mola può essere eseguita sia manualmente che automaticamente mediante un ravvivamole diritto montato sulla testa portamola.



Verifica delle conoscenze

Rettificatrici

Domande di verifica

1. Come sapete il refrigerante rimuove i trucioli di rettifica fini. Dal vostro punto di vista come deve essere strutturato il serbatoio del refrigerante? Eseguite lo schizzo di una possibile struttura del serbatoio.

2. Come viene denominato l'asse del mandrino?

3. Quali ripercussioni potrebbe avere una mola ovalizzata sulla rettificatrice?

SWISSMEM

Attività

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

- **Denominazione di materiali abrasivi, leganti e forme di mole per la rettifica di diversi materiali**
- **Spiegazione delle composizioni e delle proprietà dei diversi abrasivi**
- **Valutazione della condizione e dell'usura delle mole**
- **Serraggio delle mole tra le flange**
- **Equilibratura, montaggio e regolazione delle mole sulla macchina**
- **Ravvivatura delle mole**
- **Scegliete il dispositivo di serraggio per la rettifica, montaggio e regolazione sulla macchina utensile**
- **Centraggio e serraggio dei pezzi da rettificare**
- **Determinazione di velocità di taglio, avanzamenti e profondità di passata per la rettifica in funzione dell'utensile, del materiale del tagliente e del pezzo da lavorare e conseguente impostazione sulla macchina**

Domande di base

1. Come viene riportata la finitura superficiale su un disegno?

2. Perché non si deve superare la velocità periferica della mola?

3. Indicate i requisiti delle mole ceramiche.

4. Cosa vi suggerisce una grana da 80?

5. Com'è composta dal vostro punto di vista una mola?

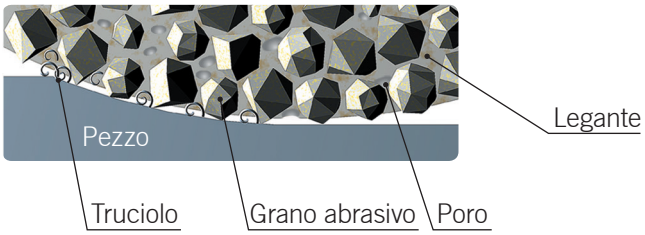
SWISSMEM

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

Composizione di una mola

Una mola è costituita da una miscela porosa di abrasivi e leganti. Il vero e proprio lavoro di rettifica viene svolto dall'abrasivo (grano abrasivo), mentre il legante mantiene assieme i grani abrasivi.



La mola è costituita dai seguenti componenti:
– Abrasivo
– Legante
– Poro

L'interazione di questi tre componenti ne genera un quarto ⇒ la durezza.
La posizione e la forma dei grani abrasivi è casuale, per questo motivo le mole vengono definite anche utensili con taglienti senza una geometria definita.

Abrasivo

I requisiti fondamentali, che vengono attribuiti ai grani abrasivi, possono essere riassunti come segue:
– elevata durezza
– resistenza termica
– resistenza chimica
– resistenza alla pressione
– fragilità

Questi requisiti vengono ampiamente soddisfatti dagli abrasivi sintetici.

Per la produzione delle mole vengono impiegati i seguenti abrasivi sintetici:
Corindone (simbolo A; denominazione chimica: Al2O3)
Vengono prodotti tre tipi di corindone: corindone normale, corindone seminobile e corindone nobile.

Applicazione: per acciai da costruzione, acciai legati, acciai temprati e HSS

Colore: bianco o rosa (corindone nobile), rosso-bruno (corindone normale)

Carburo di silicio (simbolo C; denominazione chimica: SiC)
In vendita sono disponibili il carburo di silicio verde leggermente più tenace e il carburo di silicio nero.

Applicazione: per ghisa, ottone, bronzo, alluminio e metalli duri

Colore: verde o nero

Nitruro di boro, diamante (CBN simbolo B, diamante simbolo D)
Entrambi questi abrasivi vengono utilizzati prevalentemente per rettifica di precisione e microfinitura.

Applicazione: ad esempio per la microfinitura di HSS (nitruro di boro) o di metalli duri (diamante)

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

Tabella di comparazione della durezza

Abrasivo	Simbolo	Proprietà
Corindone normale Corindone seminobile Corindone nobile Corindone sinterizzato	A	Aumento della durezza del grano abrasivo ↓
Carburo di silicio	C	
Nitruro di boro	B	
Diamante	D	Aumento della tenacità ↑

Grana

La dimensione dei grani abrasivi è definita grana. I numeri della grana vanno da 8 (molto grossa) a 1200 (molto fine). Con una grana grossa si ottiene un volume elevato di materiale asportato con una ridotta finitura superficiale, mentre una grana fine consente di realizzare un'elevata finitura superficiale con un volume ridotto di materiale asportato.

Grana		
molto grossa 8 ... 14	media 46 ... 80	molto fine 240 ... 1200
Capacità di asportazione dei trucioli		Finitura superficiale

Per normali lavori di rettifica viene impiegata una grana media.
Tendenza per la scelta della granametria:

	più fine	più grossa
– Materiale difficilmente asportabile	⇐	
– Materiale con asportazione di trucioli più lunghi (con lubrificazione)		⇒
– Materiale con asportazione di trucioli più corti	⇐	

Legante

Il legante dovrebbe trattenere i grani abrasivi sulla superficie della mola fino alla completa usura. Il legante influisce sulla resistenza e sull'elasticità delle mole.

I leganti comunemente utilizzati sono i seguenti:

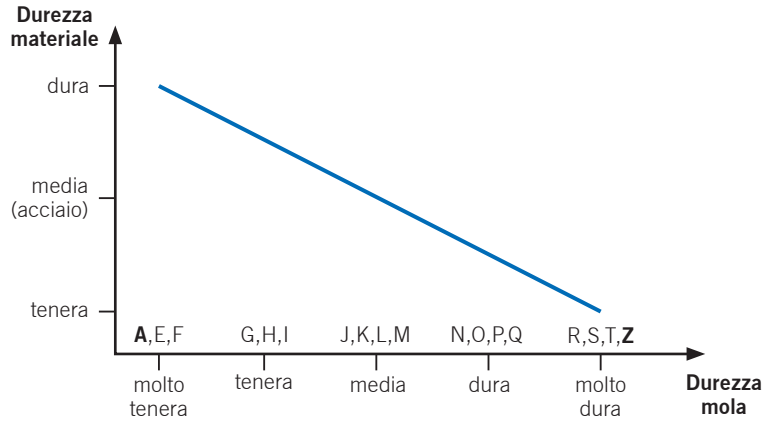
Legante	Lettera	Proprietà	Applicazione
Ceramica	V	non elastica, fragile	procedimenti di rettifica a macchina, per tutti i materiali
Resina sintetica con rinforzo in fibra	BF	elastica, tenace	ad esempio mole troncatrici
Metallo	M	tenace, elevata forza di coesione dei grani	mole diamantate e in nitruro di boro
Gomma	R	elastica, sensibile all'olio e al calore	troncatrici a mola

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

Durezza

Con durezza della mola non si intende la durezza del grano abrasivo, bensì la resistenza alla scheggiatura del grano.
Operando una scelta corretta del grado di durezza durante la rettifica avviene una certa autoaffilatura della mola, poiché vengono impiegati grani abrasivi sempre di nuova affilatura. Il grado di durezza viene indicato dalle lettere di riferimento **A-Z**.
Dato che con i materiali duri i grani abrasivi perdono rapidamente l'affilatura, questi si scheggiano velocemente. In questo caso avreste dovuto scegliere una mola tenera. Di conseguenza per i materiali teneri optate per una mola dura.

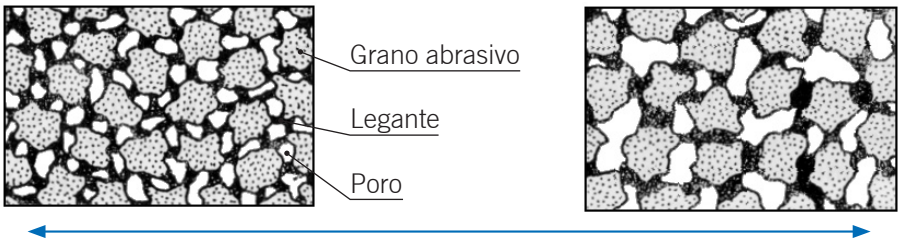


Tendenza per la scelta del grado di durezza:

	più tenera	più dura
– Rettifica di sgrossatura	⇐	
– Rettifica di finitura		⇒
– Prevenzione di danni termici	⇐	
– Mantenimento di un profilo preciso		⇒
– Materiale leggermente truciolabile		⇒
– Materiale difficilmente truciolabile	⇐	

Struttura

Per struttura si intende la composizione interna della mola, costituita da grano abrasivo, legante e pori. Una struttura con ridotto volume dei pori viene definita **chiusa**, mentre una struttura con elevato volume dei pori si definisce **aperta**.



Numero di riferimento														
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
struttura chiusa														struttura aperta

– Per la rettifica di materiali con asportazione di trucioli corti (ad esempio ghisa grigia) e per la finitura scegliete una struttura chiusa.

– Per la rettifica di materiali con asportazione di trucioli lunghi (ad esempio alluminio) e per la sgrossatura dovreste scegliere una struttura aperta.

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

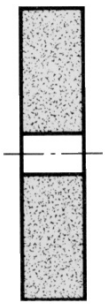
Forma

Le forme più importanti di mole sono le seguenti:

Mole cilindriche (forma 1)

impiegate per la rettifica in tondo, la rettifica in piano, la rettifica su teste portamola e per la troncatura.

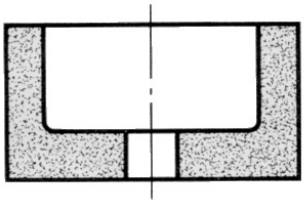




Mole a tazza (forma 6)

impiegate per la rettifica in piano su rettificatrici verticali e per la rettifica di utensili.





Le forme e le denominazioni delle mole sono unificate secondo la normativa SN 235 370 che comprende sia le mole che le punte abrasive, i segmenti abrasivi e le barrette abrasive.

1. Quali forme di mole vengono impiegate nella vostra azienda?

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

Velocità periferica

Le mole possono rompersi se vengono arrestate durante il funzionamento ad elevate velocità periferiche e di conseguenza con un'elevata forza centrifuga, causando infortuni gravi. Pertanto la **velocità periferica consentita** non deve mai essere superata. La velocità periferica standard consentita è di 35 m/s. Le mole, per le quali sono ammesse velocità periferiche più elevate, sono contraddistinte da una striscia colorata.

Striscia colorata	Velocità periferica consentita
blu	50 m/s
gialla	63 m/s
rossa	80 m/s
verde	100 m/s
verde/blu	125 m/s



Mola troncatrice

Marcatura

Abrasivi convenzionali (corindone, carburo di silicio):

Mola **1 - 400 × 40 × 127** **A 50 K 6 V 35**

- 1 – Forma 1 a norma ISO
- 400 – ø esterno
- 40 – Larghezza
- 127 – ø foro

- A – Abrasivo
- 50 – Grana
- K – Grado di durezza K
- 6 – Num. di riferim. struttura 8
- V – Legante V ceramico
- 35 – Velocità periferica consentita m/s

Abrasivo CBN e diamantato:

Mola **11V9 - 100 × 3 - 10 × 20** **D 126 K888 NY C75**

- 11V9 – Forma
- 100 – ø esterno
- 3 – Larghezza rivestimento
- 10 – Spessore rivestimento
- 20 – ø foro

- D – Abrasivo
- 126 – Grana
- K888 NY – Denominazione specifica del produttore per legante e durezza
- C75 – Concentrazione

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

Serraggio della mola

Le mole girano a velocità di rotazione molto elevate, pertanto le mole difettose o non correttamente serrate potrebbero rompersi. Di conseguenza i frammenti lanciati ad alta velocità potrebbero rappresentare un elevato rischio di infortunio.

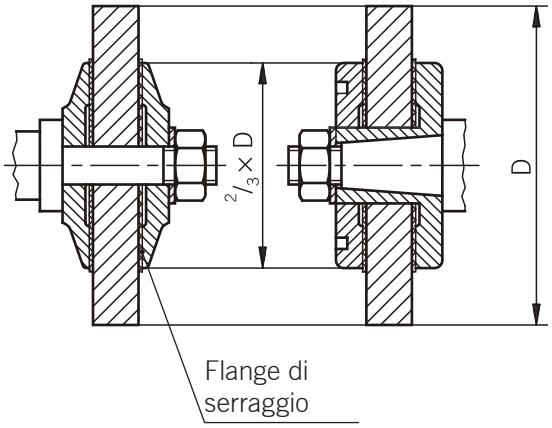
Regole per il montaggio delle mole:

– Prima di procedere al serraggio, è necessario sottoporre la mola a una prova del suono. In questo modo potete rilevare la presenza di eventuali incrinature. Se non avete mai eseguito una prova del suono, lasciate che una persona competente ve la mostri.



– Le mole sono sensibili agli urti, maneggiatele pertanto con cura. Spingete leggermente la mola e senza esercitare forza posizionatela sul relativo supporto.

– Per il serraggio utilizzate due flange di uguale dimensione con spessore definito. Il diametro delle flange dovrebbe essere almeno $^{2}/_{3}$ per le mole cilindriche e per le mole coniche $^{1}/_{2}$ del diametro della mola.



Sicurezza sul lavoro

– Dopo il montaggio eseguite un ciclo di prova lasciando girare la mola per almeno cinque minuti al numero di giri consentito. Assicuratevi che non ci siano persone nelle immediate vicinanze della macchina.

– Eseguite l'equilibratura delle mole.

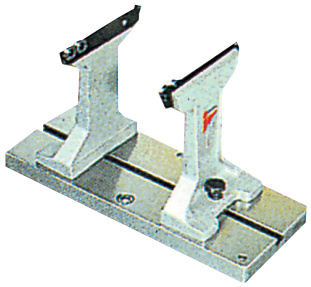
SWISSMEM

Teoria

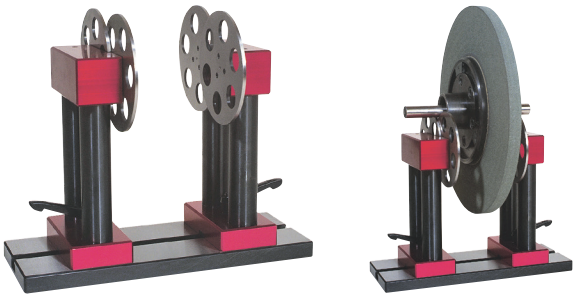
Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

Equilibratura

Le mole non equilibrate generano oscillazioni che pregiudicano la qualità di rettifica e influiscono sull'usura della mola e sul posizionamento. L'equilibratura **statica** delle mole viene eseguita mediante un'equilibratrice statica o un'equilibratrice statica a rotelle.

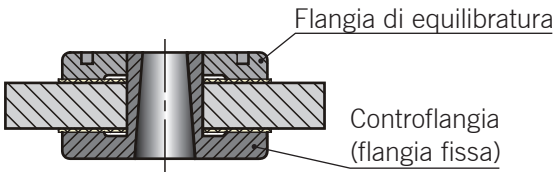


Equilibratrice statica



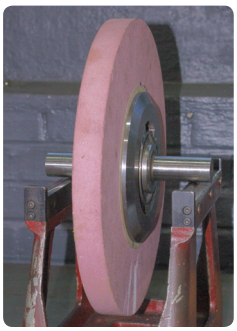
Equilibratrice statica a rotelle

Per eseguire l'equilibratura di una mola procedete nel modo seguente:
– Montate la flangia di equilibratura e la controflangia.

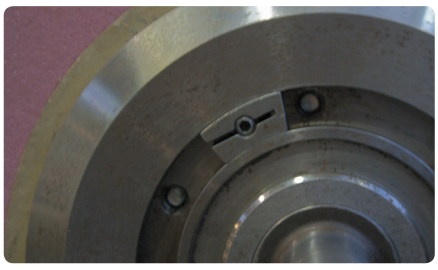


– Se utilizzate un'equilibratrice statica, assicuratevi che sia posizionata (orizzontalmente).

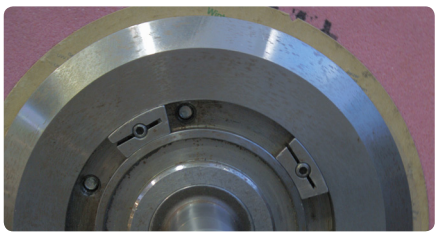
– Rimuovete i pesi di equilibratura e servendovi del mandrino di equilibratura posizionate la mola sull'equilibratrice statica o sull'equilibratrice statica a rotelle.



– Al termine dell'oscillazione il punto più pesante si trova in basso. Montante dunque il primo peso di equilibratura nella parte superiore senza più spostarlo.



– Montate altri pesi di equilibratura a una distanza regolare dal primo. Spostate questi pesi finché la mola si arresta in ogni posizione.



– Montate la mola ed eseguite un ciclo di prova.
– Ravvivate la mola. Trovate maggiori informazioni su questo argomento nella sessione di formazione "Rettifica in piano".
– Se la rettificatrice è allestita per questa lavorazione, dovrete eseguire anche l'equilibratura dinamica della mola.

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

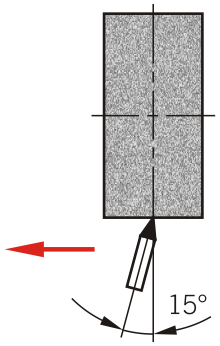
Ravvivatura e profilatura delle mole

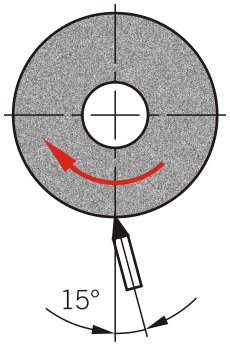
La ravvivatura e la profilatura delle mole rappresentano i presupposti più importanti per poter eseguire un processo di rettifica.
Solo in pochi casi le mole si autoaffilano durante la lavorazione, infatti solitamente la mola perde l'affilatura, si ovalizza a causa dell'usura e i pori si riempiono di trucioli. Grazie alla ravvivatura si ottiene una concentricità e una corretta forma geometrica della mola.
Fondamentalmente si fa una distinzione tra ravvivatura e affilatura di una mola. Poiché le mole realizzate con abrasivi convenzionali quali corindone e carburo di silicio vengono affilate contemporaneamente durante la ravvivatura , in generale si parla sempre di ravvivatura.

Processo di ravvivatura

Il diamante dovrebbe essere posizionato sul diametro massimo della mola. Eseguire la ravvivatura utilizzando sempre il refrigerante.







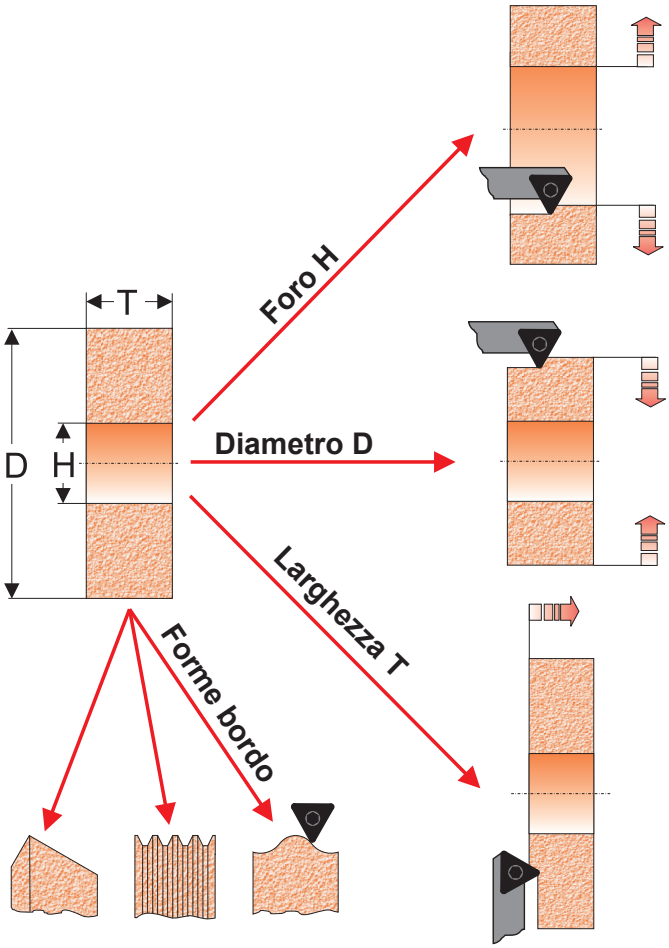
L'avanzamento dipende dalla composizione della mola e dalla finitura superficiale richiesta del pezzo. Un avanzamento più lento genera una superficie di rettifica con ravvivatura fine e di conseguenza un'elevata finitura superficiale del pezzo. Da un avanzamento più veloce risulta invece una mola con esecuzione della spoglia. In generale si consiglia una velocità di avanzamento media per la ravvivatura durante la fase di sgrossatura e un avanzamento più lento per la ravvivatura durante la fase di microfinitura. In relazione al processo di rettifica l'avanzamento in profondità è di 0,01 … 0,03 mm per passata, in caso di elevate finiture superficiali alla fine il diamante viene passato nuovamente a vuoto sopra la mola senza avanzamento.

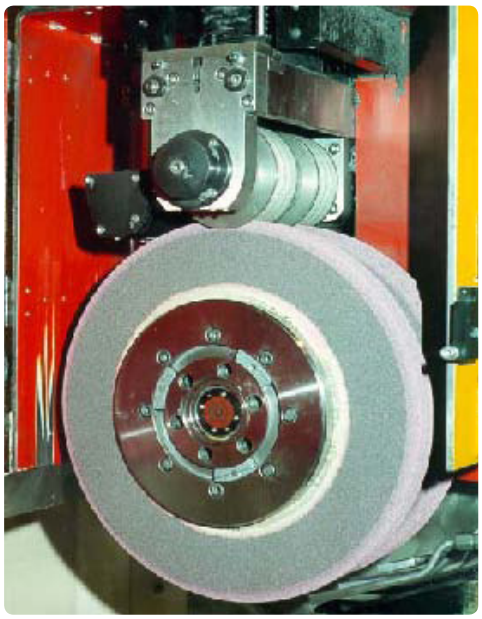
Normalmente il processo di ravvivatura avviene a determinati intervalli quando la mola non è in uso. Tuttavia sul mercato sono disponibili anche nuovi procedimenti nei quali la mola viene ravvivata durante il processo di rettifica a intervalli prestabiliti o anche in continuo.

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

Profilatura di mole per cuscinetti presso lo stabilimento di produzione





SWISSMEM

Teoria

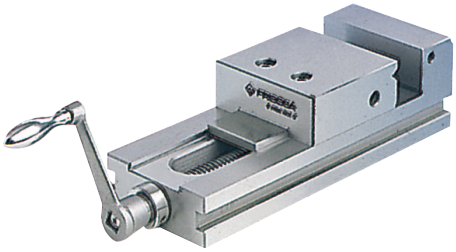
Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

Serraggio dei pezzi

Sulle rettificatrici i pezzi da lavorare vengono serrati prevalentemente su una piattaforma magnetica o in una morsa di precisione.



Piattaforma magnetica

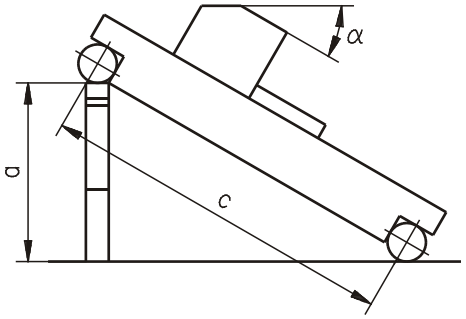


Morsa di precisione

È particolarmente importante poter sfruttare anche l'elevata precisione del processo di rettifica, quindi è necessario assicurare una pulizia assoluta e un centraggio preciso dei pezzi o della morsa.

Tavola inclinabile

Utilizzate una tavola inclinabile se dovete eseguire una rettifica con angolo ad alta precisione. La regolazione dell'angolo sulla tavola inclinabile avviene mediante combinazioni di calibri a blocchetto.





$$\sin\alpha = \frac{a}{c}$$

c: larghezza fissa della tavola inclinabile
a: combinazione di calibri a blocchetto

2. Quale combinazione di calibri a blocchetto è necessaria per poter regolare una tavola inclinabile ad un angolo di 15°? La larghezza fissa della tavola è pari a 100 mm.

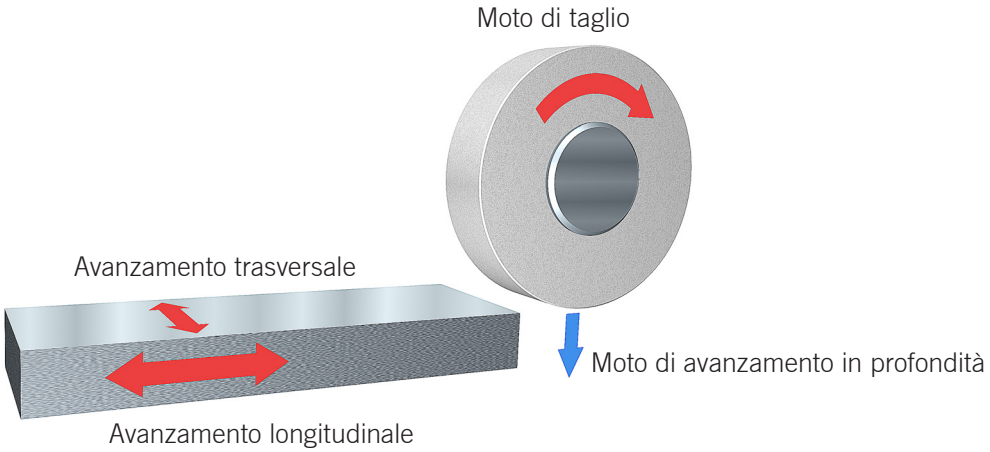
3. Quale errore dell'angolo si verifica aumentando la combinazione di calibri a blocchetto oltre 0,1 mm?

SWISSMEM

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

– Pulite la superficie di appoggio del pezzo da lavorare e la piattaforma magnetica, quindi serrate il pezzo.
– Impostate il numero di giri desiderato (velocità di taglio), la velocità di avanzamento e l'avanzamento trasversale.
– Regolate la lunghezza della corsa servendovi delle camme di regolazione.



– Mettete in funzione il mandrino portamola.

– Posizionate la mola sul punto più alto del pezzo da lavorare. Fate avanzare con cautela la mola finché notate le prime scintille (innesco di fiamma).

– Attivate l'alimentazione di lubrorefrigerante.

– Avviate i cicli di movimento automatici e correggete se necessario le lunghezze della corsa.

– Nelle posizioni finali del movimento della corsa aumentate ogni volta la profondità di passata fino ad ottenere la quota necessaria.

– In assenza di avanzamento in profondità lasciate girare il mandrino mantenendo il movimento della corsa finché non vengono più prodotte scintille (spegnimento di fiamma).

– Arrestate i cicli di movimento automatici e l'alimentazione di lubrorefrigerante.

– Fate girare la mola sfruttando la forza centrifuga come prescritto.

– Arrestate il mandrino portamola.

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

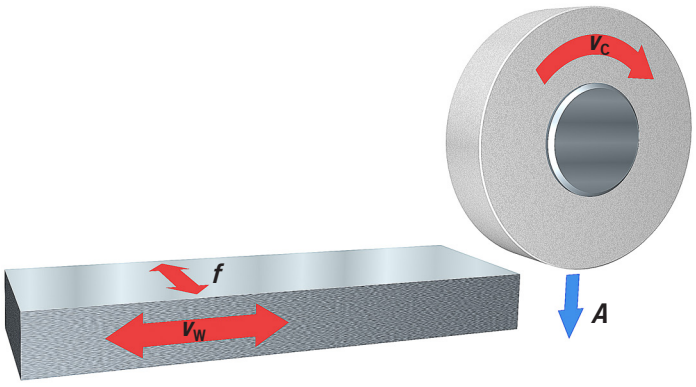
Dati di taglio

Velocità di taglio v_c
La velocità di taglio v_c corrisponde alla velocità periferica della mola. La velocità periferica consentita è riportata sull'etichetta della mola e non deve mai essere superata.

Velocità di avanzamento v_w
La velocità di avanzamento v_w corrisponde all'avanzamento della tavola e nella rettifica in tondo alla velocità periferica del pezzo da lavorare. Questa velocità deve essere selezionata con un rapporto favorevole q (v_c / v_w) rispetto alla velocità di taglio.

Avanzamento trasversale f
L'avanzamento trasversale f è il percorso eseguito lateralmente per ogni corsa della tavola, determina la larghezza di contatto della mola e dovrebbe essere compreso tra $^2/_3$ e $^4/_5$ della larghezza della mola.

Avanzamento in profondità a
L'avanzamento in profondità a è il percorso che la mola percorre perpendicolarmente alla superficie lavorata. Di norma corrisponde a pochi millesimi di millimetro.



$$n = \frac{v_c \cdot 1000 \cdot 60}{ø \cdot \pi}$$

v_c: velocità di taglio in m/s
n: numero di giri in min^{-1}
ø: diametro della mola in mm
π: 3,141
60: conversione minuti/secondi

5. Qual è la formula di v_c?

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

I dati di taglio dovrebbero essere selezionati secondo le indicazioni del produttore della mola. In mancanza di indicazioni del produttore potete utilizzare i seguenti valori di riferimento.

Valori di riferimento per rettifica in piano/periferica			
	Acciaio	Ghisa	Alluminio
v_c in m/s	20 … 35	25 … 35	25 … 30
v_w in m/min	15 … 25	25 … 35	20 … 45
$q = v_c / v_w$	80	65	40
a in mm	0,005 … 0,05	0,005 … 0,05	0,005 … 0,05

Tabella dei valori di taglio

Velocità di taglio v_c, velocità di avanzamento v_w, rapporto di velocità q												
Materiale	Rettifica in piano						Rettifica in tondo longitudinale					
	Rettifica periferica			Rettifica laterale			Rettifica in tondo esterna			Rettifica in tondo interna		
	v_c m/s	v_w m/min	q	v_c m/s	v_w m/min	q	v_c m/s	v_w m/min	q	v_c m/s	v_w m/min	q
Acciaio	30	15 … 30	80	25	10 … 20	60	30	10	125	25	20 … 23	80
Acciaio temprato	30	10 … 20	100	20	5 … 15	70	30	8	135	25	15 … 20	95
Ghisa grigia	30	15 … 35	65	25	10 … 25	50	30	11	100	25	23	65

Profondità di avanzamento a
Rettifica di sgrossatura 0,005 … 0,015
Rettifica di finitura 0,001 … 0,005
(b = larghezza mola)

trasversale per corsa o per giro
Rettifica di sgrossatura $^2/_3$ … $^4/_5$ b
Rettifica di finitura $^1/_4$ … $^1/_2$ b

SWISSMEM

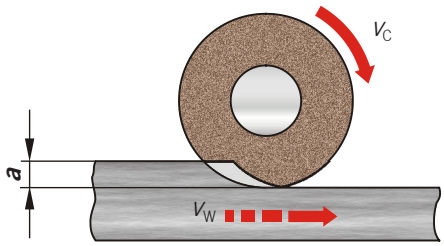
Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

Variazioni dei dati tecnologici

La durezza è determinante per ottenere un processo di rettifica ottimale e pertanto deve essere descritta con precisione mediante questi 5 parametri:
– Variazione dell'avanzamento in profondità *a*
– Variazione della velocità di avanzamento v_W
– Variazione della velocità di taglio v_C
– Variazione del diametro della mola *D* (con uguale velocità di taglio v_C)
– Variazione del potere lubrificante del refrigerante

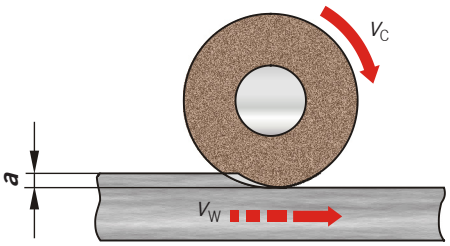
Aumento dell'avanzam. in profondità *a*



– l'asportazione di trucioli aumenta
– i trucioli diventano più grossi
– il singolo grano viene maggiormente sollecitato
– l'inclinazione della scheggia del grano aumenta

⇒ **la mola diventa più tenera**

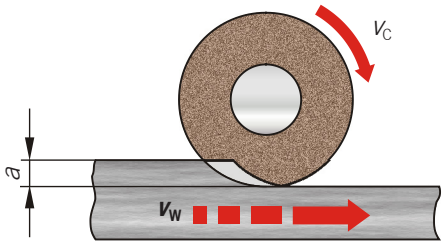
Riduz. dell'avanzam. in profondità *a*



– l'asportazione di trucioli si riduce
– i trucioli diventano più fini
– il singolo grano viene meno sollecitato
– l'inclinazione della scheggia del grano si riduce

⇒ **la mola diventa più dura**

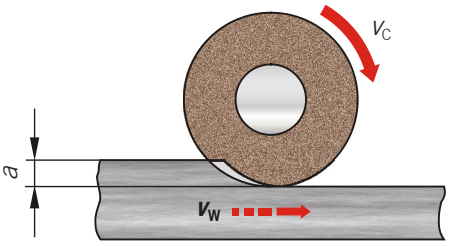
Aumento della velocità di avanzam. v_W



– l'asportazione di trucioli aumenta
– i trucioli diventano più grossi
– il singolo grano viene maggiormente sollecitato
– l'inclinazione della scheggia del grano aumenta

⇒ **la mola diventa più tenera**

Riduzione della velocità di avanzam. v_W



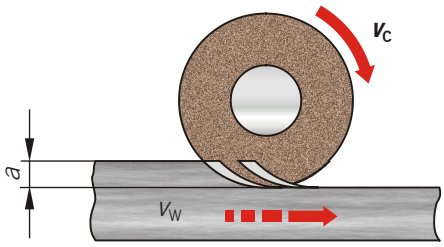
– l'asportazione di trucioli si riduce
– i trucioli diventano più fini
– il singolo grano viene meno sollecitato
– l'inclinazione della scheggia del grano si riduce

⇒ **la mola diventa più dura**

Teoria

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

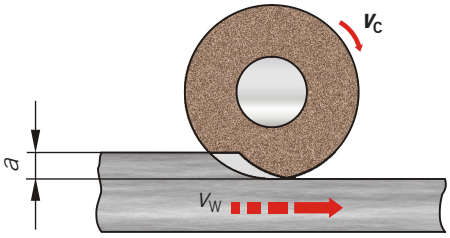
Aumento della velocità di taglio v_c



– vengono impiegati più taglienti per unità di tempo
– i trucioli diventano più fini
– il singolo grano viene meno sollecitato
– la scheggiatura del grano si riduce

⇒ **la mola diventa più dura**

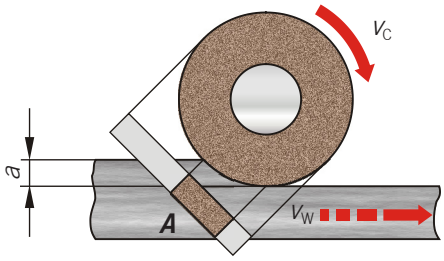
Riduzione della velocità di taglio v_c



– vengono impiegati meno taglienti per unità di tempo
– i trucioli diventano più grossi
– il singolo grano viene maggiormente sollecitato
– la scheggiatura del grano aumenta

⇒ **la mola diventa più tenera**

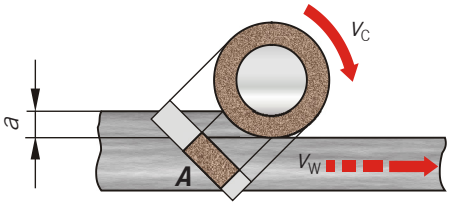
Diametro mola maggiore



– la superficie di contatto ***A*** tra la mola e il pezzo da lavorare diventa maggiore
– le forze di rettifica rimangono praticamente invariate
– il singolo grano viene meno sollecitato
– l'inclinazione della scheggia del grano si riduce

⇒ **la mola diventa più dura**

Diametro mola minore



– la superficie di contatto ***A*** tra la mola e il pezzo da lavorare diventa minore
– le forze di rettifica rimangono praticamente invariate
– il singolo grano viene maggiormente sollecitato
– l'inclinazione della scheggia del grano aumenta

⇒ **la mola diventa più tenera**

Aumento del potere lubrificante

– i rapporti di attrito risultano migliori
– il singolo grano viene meno sollecitato
– l'inclinazione della scheggia del grano si riduce

⇒ **la mola diventa più dura**

Riduzione del potere lubrificante

– i rapporti di attrito risultano peggiori
– il singolo grano viene maggiormente sollecitato
– l'inclinazione della scheggia del grano aumenta

⇒ **la mola diventa più tenera**

SWISSMEM

Verifica delle conoscenze

Impiego di utensili abrasivi e dispositivi di serraggio

Domande di verifica

1. Cosa intendete con "grana" di una mola?

2. Cosa intendete con "struttura" di una mola?

3. Come interpretate il numero "12" per una mola?

4. Su quali criteri si basa la scelta della struttura?

5. Cosa intendete con "durezza" di una mola?

6. Quale regola esiste in merito a durezza di materiale e abrasivo?

7. Qual è il significato della striscia colorata su una mola?

Annotazioni

Attività

Rettifica dei pezzi

– Rettifica dei pezzi fino ad una finitura superficiale di Ra 0,8
– Rettifica dei pezzi entro una tolleranza base di IT 6
– Controllo dei pezzi con strumenti di misurazione e controllo adeguati

Domande di base

1. Indicate i settori di impiego della rettifica.

2. Indicate le applicazioni delle lavorazioni di finitura delle superfici.

3. Come ottenete la caratteristica qualitativa richiesta dei pezzi rettificati?

4. Quali velocità periferiche della mola si possono ottenere durante la rettifica (dati in m/s)?

5. Quali processi di rettifica conoscete?

SWISSMEM

Teoria

Rettifica dei pezzi

Sicurezza sul lavoro



- Prima di procedere alla rettifica acquisite familiarità con la macchina! Utilizzate a tale scopo il manuale d'uso oppure fatevi spiegare le funzioni da una persona competente!
- Indossate sempre gli occhiali di sicurezza!
- Procedete al serraggio soltanto delle mole che sono state sottoposte al controllo delle incrinature e ad equilibratura! Eseguite la prova del suono!
- Le mole devono poter essere posizionate sul mandrino senza esercitare forza!
- La calotta di protezione e la slitta non devono essere rimosse!
- Aspirate il pulviscolo di rettifica prodotto!
- Durante la rettifica i trucioli metallici incandescenti prodotti possono incendiarsi costituendo un pericolo per voi o altri operatori nonché per gli oggetti presenti nella zona circostante la macchina ⇒ indossate gli appositi indumenti!
- La velocità periferica consentita della mola non deve mai essere superata!
- Eseguite un ciclo di prova di 5 minuti alla velocità periferica consentita per ogni nuova mola!
- Ravvivate periodicamente la mola! In questo modo la pressione di rettifica resta ridotta e viene garantita una concentricità precisa.
- Attivate l'alimentazione del lubrorefrigerante solo quando la mola è in funzione!
- La mola deve essere arrestata solo dopo aver interrotto l'alimentazione di lubrorefrigerante e averla fatta girare sfruttando la forza centrifuga!



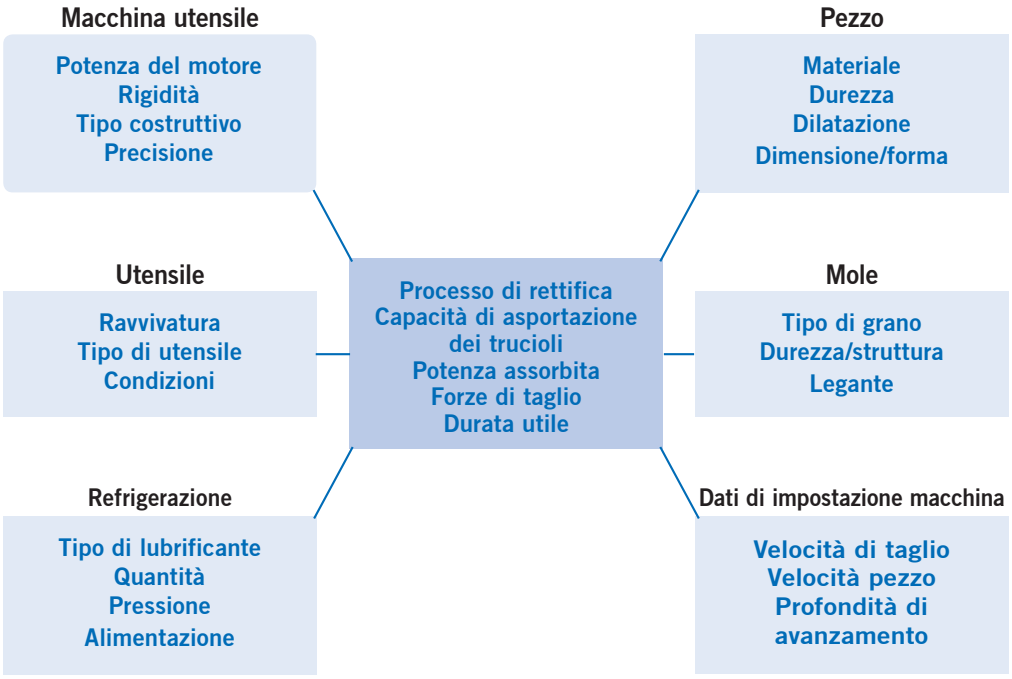
Teoria

Rettifica dei pezzi

Nozioni di base della rettifica

La rettifica è un metodo di lavorazione con una qualità superficiale estremamente elevata e/o quote a tolleranza ristretta. Il raggiungimento di queste tolleranze molto ridotte potrebbe non essere possibile con la tornitura o la fresatura.
Tra i vantaggi della rettifica rientrano la buona lavorabilità dei materiali duri, l'elevata precisione dimensionale e di forma nonché la ridotta rugosità superficiale.

Importanti fattori che influiscono sul processo di rettifica:



Teoria

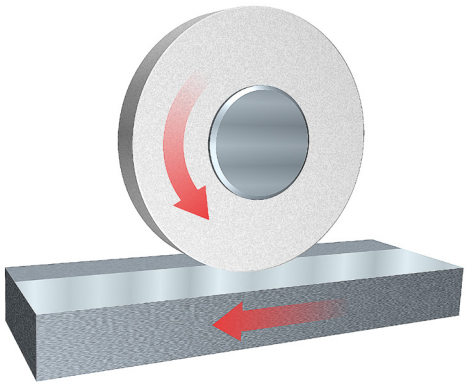
Rettifica dei pezzi

Procedimento di rettifica

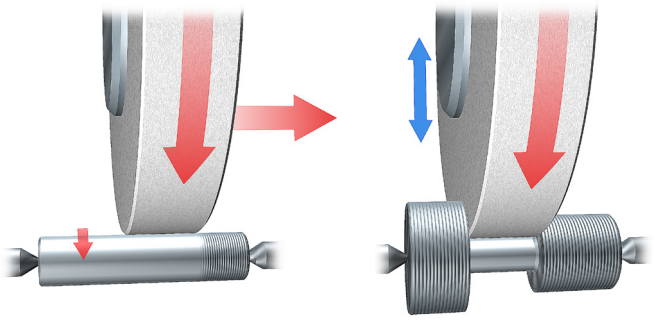
I procedimenti di rettifica possono essere semplicemente suddivisi in:
– Rettifica per piani (rettifica in piano)
– Rettifica in tondo

Questi due tipi di rettifica si suddividono a loro volta in:

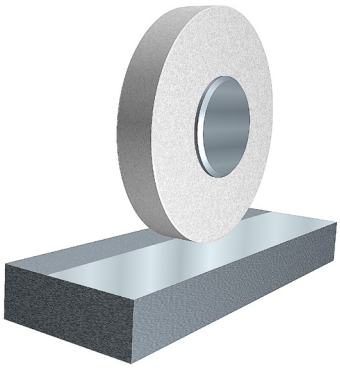
Rettifica longitudinale



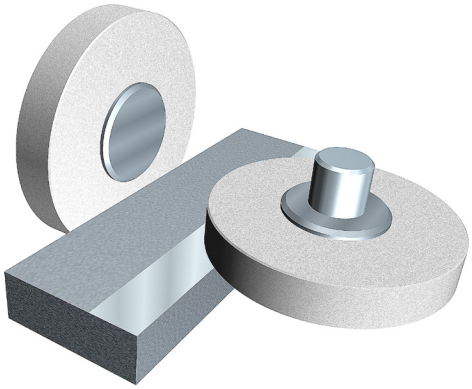
Rettifica trasversale



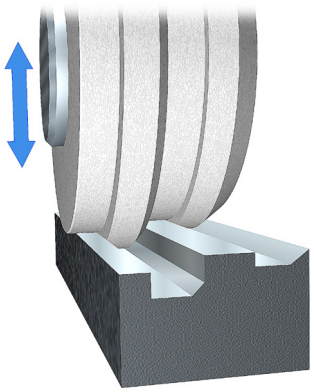
Rettifica periferica



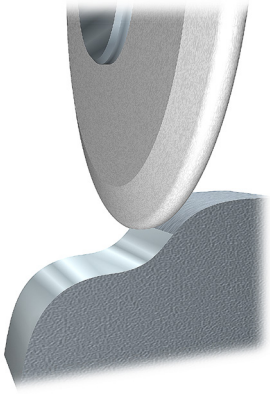
Rettifica laterale



Rettifica di profili



Rettifica a sagoma

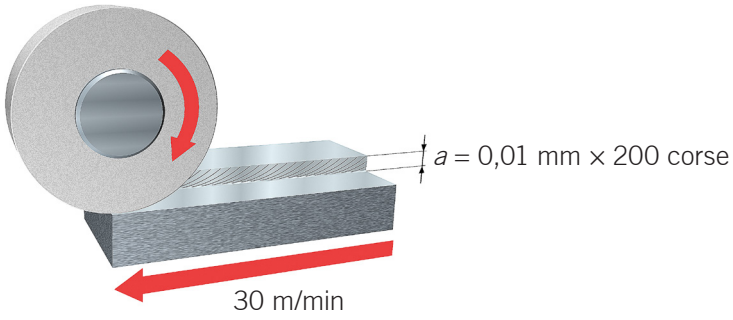


Teoria

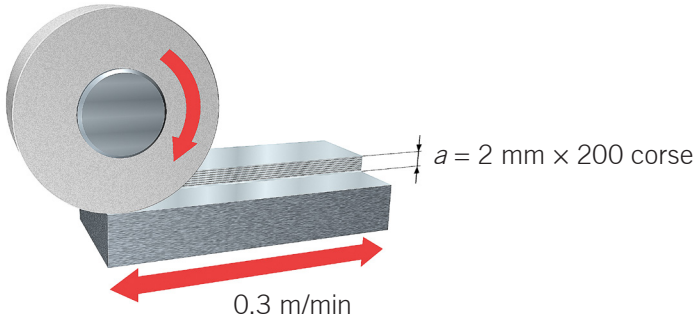
Rettifica dei pezzi

Rettifica per piani (rettifica in piano/periferica)

Nella rettifica periferica l'attività di asportazione dei trucioli viene svolta dai grani lungo la circonferenza. Per questo tipo di rettifica è necessario scegliere una mola con diametro e larghezza più grandi possibili.
La rettifica per piani si suddivide in:
– Rettifica pendolare

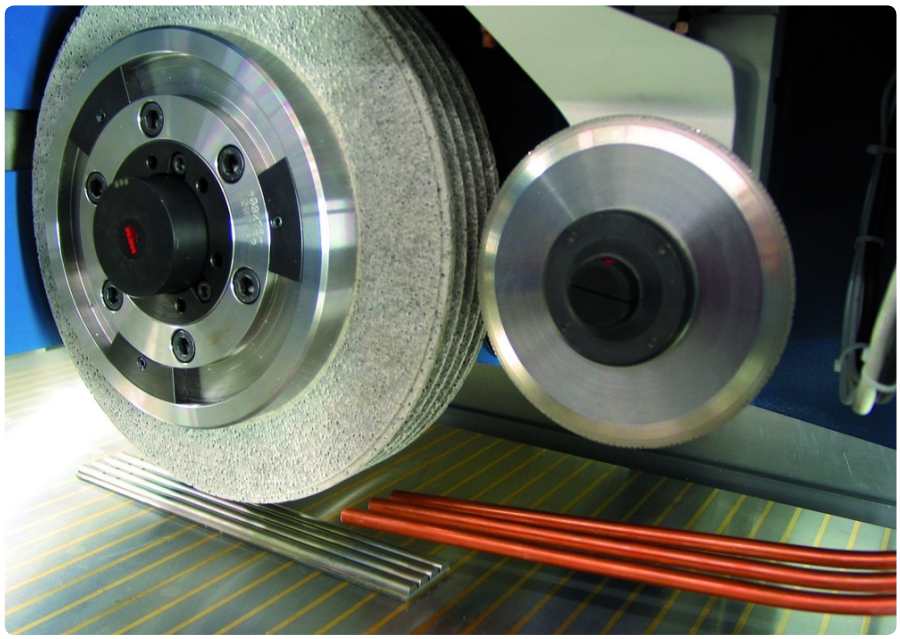


– Rettifica a tuffo



Rettifica pendolare

La rettifica pendolare è il tipo meno utilizzato di rettifica per piani ed è caratterizzata da:
– ridotte profondità di taglio a (0,005 … 0,2 mm)
– elevate velocità della tavola v_w (15 … 30 m/min)
– metodo economico per materiali facilmente rettificabili con ridotte dimensioni del lotto
– costi di investimento relativamente bassi

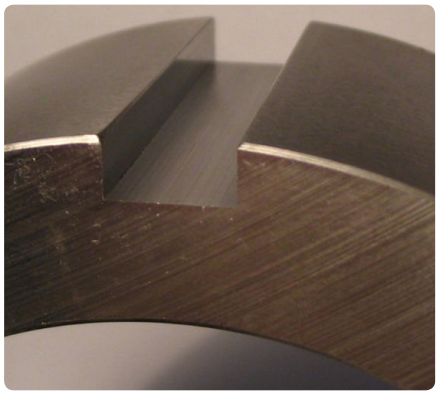


Teoria

Rettifica dei pezzi

Rettifica a tuffo

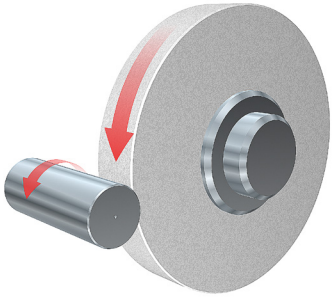
La rettifica a tuffo si contraddistingue per elevate profondità di taglio e velocità della tavola e dell'utensile estremamente ridotte come per la rettifica pendolare ed è caratterizzata da:
– profondità di taglio più elevate *a* (2 … 8 mm)
– superfici più fini
– impiego per la rettifica economica con un elevato numero di pezzi
– elevate temperature di rettifica dovute ad elevate quantità di lubrorefrigerante
– elevate forze di rettifica
– macchine stabili e di conseguenza più costose con potenze del motore comprese tra 40 e 80 kW.



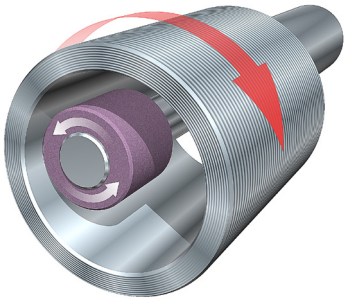


Rettifica in tondo

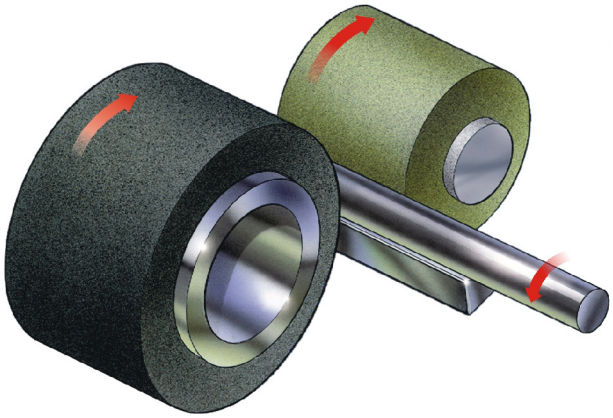
La rettifica in tondo può essere semplicemente suddivisa in:
– Rettifica in tondo esterna



– Rettifica in tondo interna



– Rettifica senza centri (rettifica centerless)



Teoria

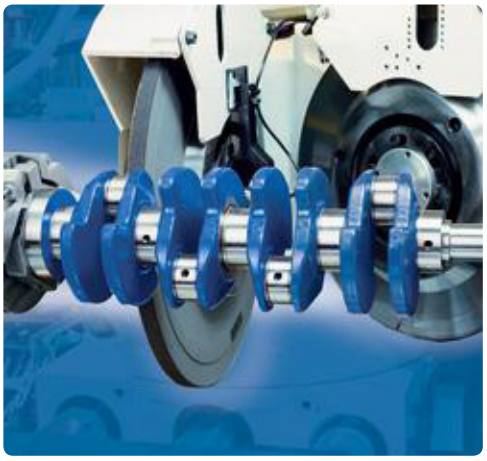
Rettifica dei pezzi

Rettifica in tondo esterna

La rettifica in tondo esterna è tipicamente caratterizzata da superfici di contatto tra pezzo e mola estremamente ridotte, di conseguenza ciò comporta:
– ridotto calore di rettifica
– refrigerazione ottimale e facile asportazione dei trucioli

Nella rettifica in tondo longitudinale l'avanzamento longitudinale della slitta portapezzo avviene lungo il pezzo sulla mola.



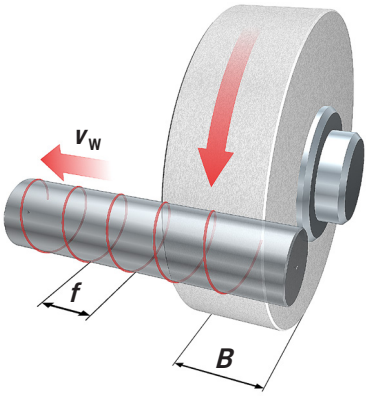


La velocità di avanzamento per giro del pezzo si basa sui seguenti valori:

$f = {}^{2}/_{3}$ della larghezza della mola b per la sgrossatura

$f = {}^{1}/_{3}$ della larghezza della mola b per la finitura

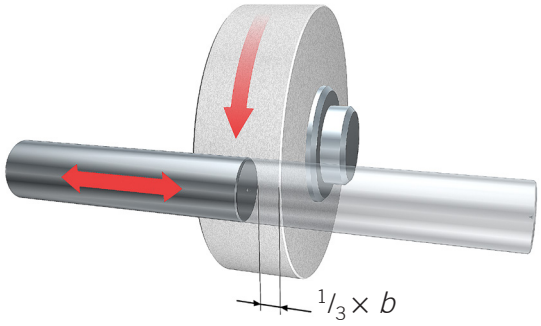
$f = {}^{1}/_{5}$ della larghezza della mola b per la microfinitura



Teoria

Rettifica dei pezzi

Al termine del movimento della tavola la mola non deve sporgere dal pezzo per oltre $^1/_3$ della relativa larghezza *b*.

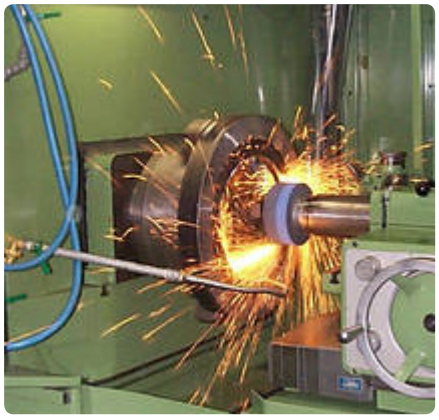


La profondità di taglio *a* viene impostata regolando la testa portamola e si basa sulla rugosità superficiale desiderata, ovvero per
– la sgrossatura 0,0025 … 0,03 mm a passata
– la finitura 0,002 … 0,005 mm a passata

Rettifica in tondo interna

Diversamente dalla rettifica in tondo esterna i fori lavorati presentano una superficie di contatto maggiore tra pezzo e mola, di conseguenza non può essere garantito un evacquamento ottimale dei trucioli e viene compromesso il corretto funzionamento della mola. Le mole vengono limitate nel diametro dal foro e pertanto durante la rettifica variano rapidamente la propria dimensione. Il pezzo e il mandrino portamola non devono essere arrestati con forze di rettifica elevate. Analogamente è preferibile scegliere mole di larghezza ridotta e un avanzamento in profondità lento.

Il diametro della mola deve essere $^6/_{10}$ … $^8/_{10}$ del diametro del foro.
Sono ottimali le mole con struttura piuttosto aperta e di dimensioni più grandi possibili a grana grossa e durezza ridotta.

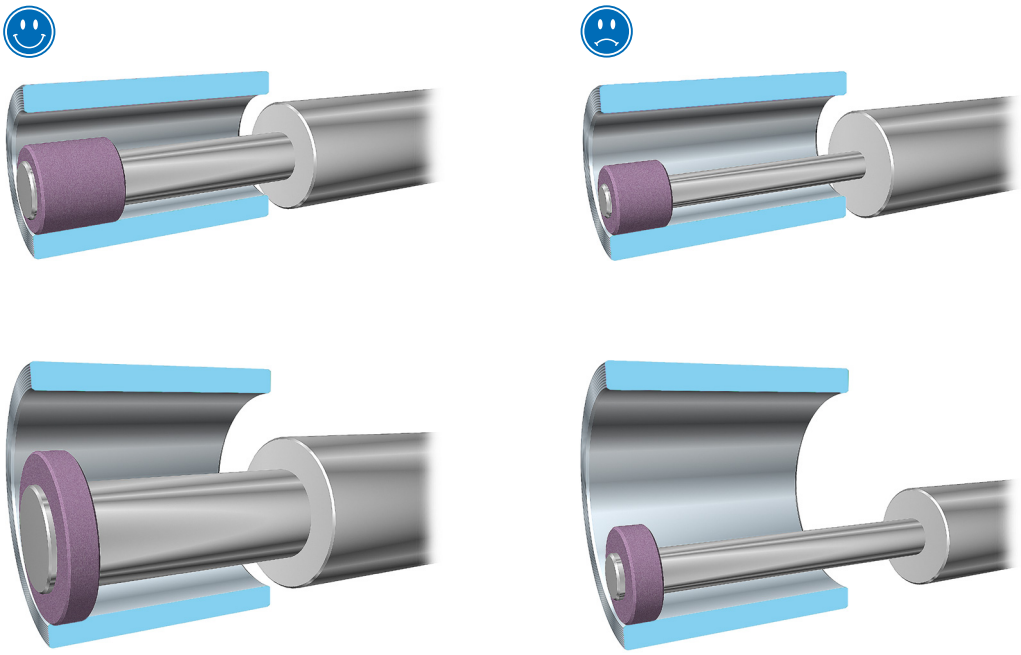


Teoria

Rettifica dei pezzi

Il seguente principio è valido sia per la rettifica interna sia per quella esterna: Il mandrino portamola deve essere più corto e rigido possibile. Il sovrametallo di rettifica deve essere mantenuto più ridotto possibile.

Per evitare le vibrazioni, il diametro del mandrino portamola non deve essere superiore a $^{3}/_{4}$ del diametro del foro (elevata superficie di contatto). Solitamente la lunghezza del foro non deve essere superiore a un quintuplo del diametro del foro.



Teoria

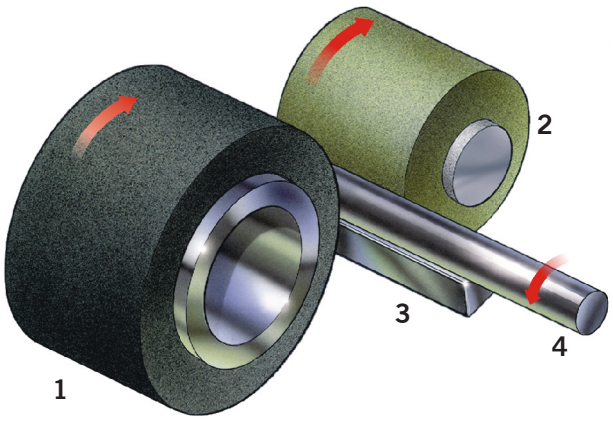
Rettifica dei pezzi

Rettifica senza centri (rettifica centerless)

La rettifica in tondo senza centri è un procedimento impiegato nella produzione in serie per la lavorazione di cilindri, bulloni o perni lisci. Mediante la rettifica a tuffo è possibile lavorare anche parti profilate.
Il pezzo è posizionato tra due mole che funzionano a velocità diverse. La mola che gira più velocemente è quella abrasiva. La mola conduttrice ruota il pezzo, mentre la mola di regolazione più piccola e più lenta rallenta il pezzo, in modo che la mola abrasiva possa rettificarlo. L'avanzamento avviene mediante l'inclinazione della mola di regolazione.

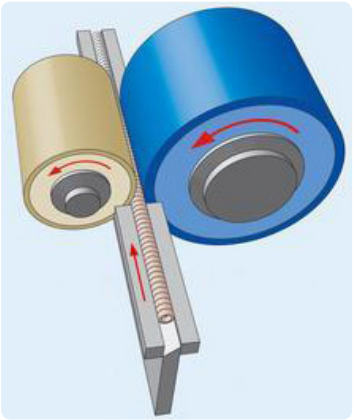


Il pezzo viene sostenuto da una guida di supporto.

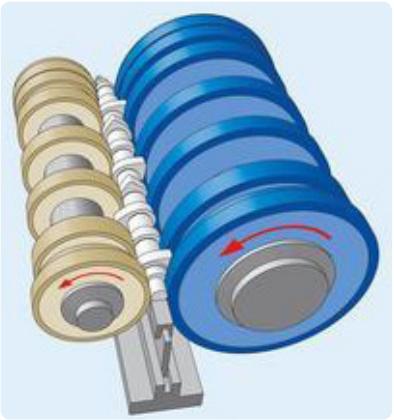


1 Mola abrasiva
2 Mola di regolazione
3 Supporto
4 Pezzo

Rettifica in passata
In combinazione con una stazione di caricamento e scaricamento automatica i pezzi passano attraverso la macchina senza interruzione.



Rettifica a tuffo
Tutti i diametri da rettificare vengono lavorati contemporaneamente. Il caricamento e lo scaricamento avvengono dall'alto attraverso il portello di caricamento integrato.



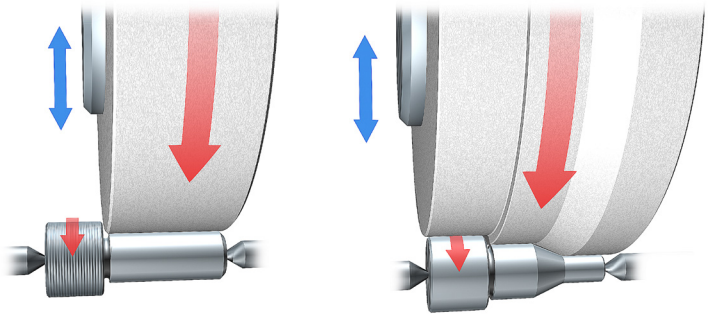
Teoria

Rettifica dei pezzi

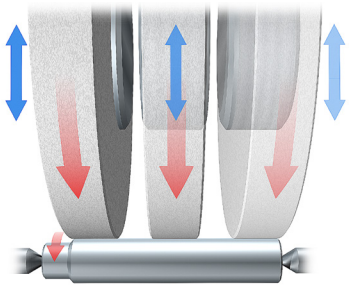
Rettifica in tondo trasversale

Nella rettifica in tondo trasversale l'avanzamento in profondità della mola (profilata) avviene in continuo fino al raggiungimento della quota desiderata. L'avanzamento longitudinale non è richiesto eccetto che per la rettifica a tuffo diritta di pezzi lunghi.

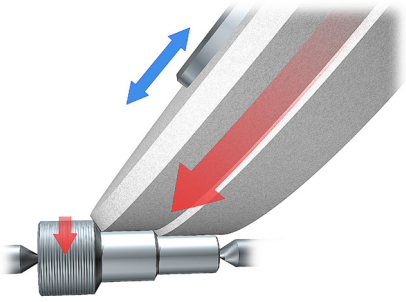
Rettifica a tuffo diritta

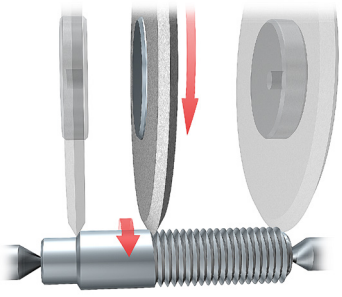


Rettifica a tuffo diritta di pezzi lunghi

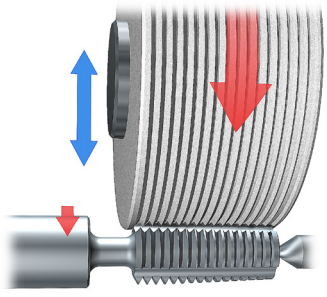


Rettifica a tuffo obliqua





Rettifica di filetti
Rettifica longitudinale con mola a profilo singolo (calibri per filetti, tamponi di misura)



Rettifica a tuffo di filetti con mola multiprofilo (maschi per filettare)

SWISSMEM

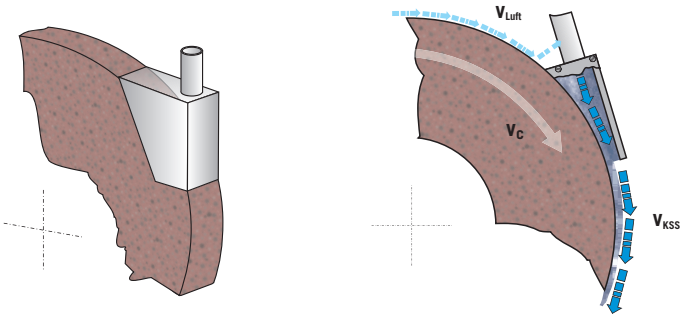
Teoria — Rettifica dei pezzi

Lubrorefrigeranti

I lubrorefrigeranti devono ridurre l'attrito tra il pezzo e la mola, pulire gli incavi della mola e raffreddare il pezzo. A tale scopo vengono utilizzati prevalentemente oli da rettifica ed emulsioni di oli da rettifica. Affinché il lubrorefrigerante possa svolgere l'azione desiderata, deve essere alimentato con una pressione e una velocità elevata.
Il lubrorefrigerante deve raggiungere almeno la velocità periferica della mola in modo da poter rompere il mantello d'aria sulla mola.

Posizionamento degli ugelli di alimentazione del lubrorefrigerante

Gli ugelli in plastica con attacco a innesto sono sicuramente all'altezza delle esigenze nella produzione di utensili. Per la rettifica sono invece di qualità insufficiente, poiché causano turbolenze nel lubrorefrigerante impedendo in larga misura una lubrificazione costante. Un ugello adeguato presenta una zona diritta (zona di uscita del flusso) di almeno 50 mm di lunghezza. È preferibile utilizzare ugelli a cono in quanto possono essere posizionati più vicino (distanza di 0,5 mm) alla mola.



Scelta del lubrorefrigerante

Per lavori di precisione generici si consigliano emulsioni per tecnologia di rettifica Winterthur con almeno il 40% di oli minerali nel concentrato. L'impiego di olio da rettifica puro è consigliato per mole in CBN a legante ceramico. La seguente tabella intende fornire indicativamente i valori massimi relativi all'alimentazione del lubrorefrigerante e alla pressione della pompa per mm della larghezza della mola.

Velocità periferica	30 m/s	50 m/s	60 m/s
Litro/min/mm	0,5 … 1	2	3
Pressione (bar)	1 … 2	2 … 4	4 … 6

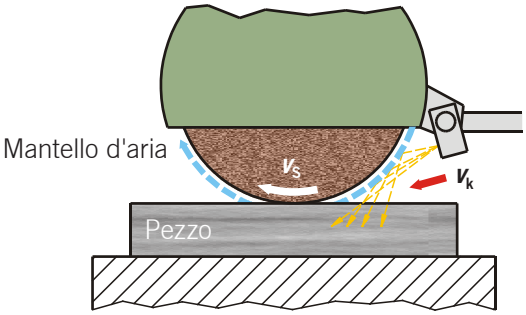
Se si impiega olio da rettifica puro aumentare l'alimentazione del 50 … 100%!

SWISSMEM

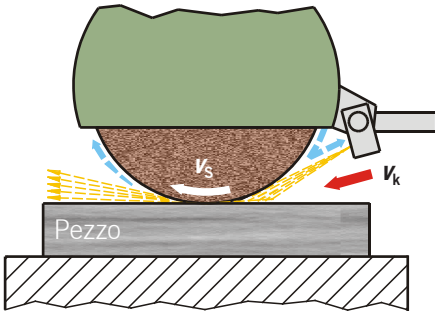
Teoria

Rettifica dei pezzi

Velocità del lubrorefrigerante troppo ridotta



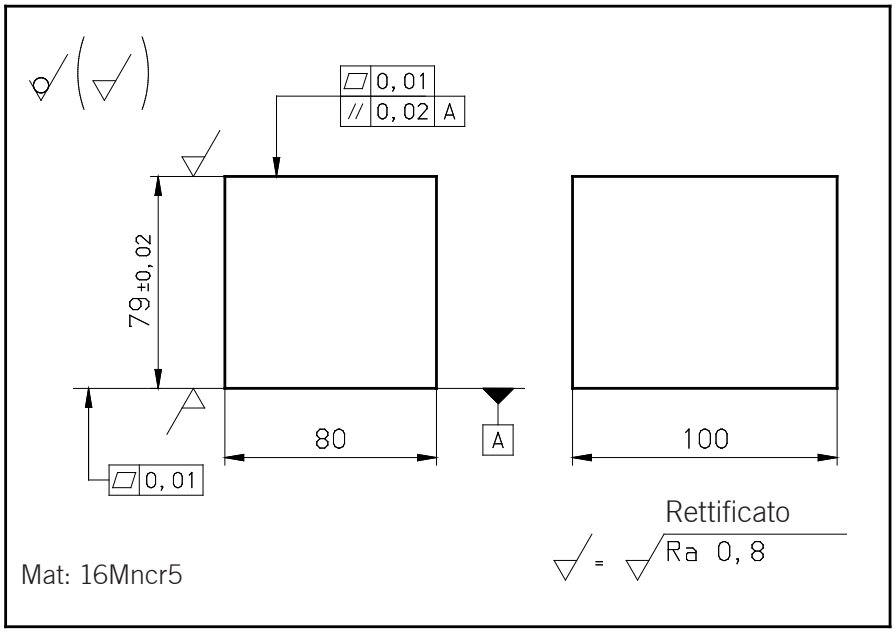
Velocità del lubrorefrigerante sufficiente



Sicurezza sul lavoro

L'alimentazione del lubrorefrigerante deve avvenire soltanto con la mola in funzione. Infatti le mole ferme si riempiono di liquido su un lato e alla successiva messa in funzione possono danneggiarsi a causa dello sbilanciamento. Pertanto in fase di regolazione della macchina viene prima avviato il mandrino e successivamente l'alimentazione di lubrorefrigerante. Per l'arresto della macchina viene prima arrestata la pompa del lubrorefrigerante e poi la mola viene fatta girare sfruttando la forza centrifuga. Il mandrino può essere arrestato solo quando non esce più liquido dalla mola durante il movimento di rotazione per forza centrifuga.

4. Eseguite una rettifica in piano su un pezzo semplice come il seguente.



Verifica delle conoscenze

Rettifica dei pezzi

Domande di verifica



1. Cosa ottenete lasciando in funzione la macchina per 10 minuti prima di iniziare i lavori di rettifica?

2. Cosa ottenete nella rettifica in piano lavorando i pezzi con mole più grandi e larghe possibili?

3. Quali sono gli obiettivi della "ravvivatura"?

4. Qual è il diametro minimo dei dischi di bloccaggio in riferimento al diametro della mola?

5. Indicate gli effetti dovuti a un elevato calore di rettifica.

6. Cosa intendete con rettifica laterale in piano?

7. Quale problema si verifica durante la rettifica di pezzi lunghi e tondi?

8. Indicate alcuni esempi di parti di rettifica per i seguenti procedimenti di rettifica.

Rettifica pendolare/per piani:

Rettifica in tondo interna:

Rettifica senza centri:

Attività

Manutenzione delle macchine utensili

- **Pulizia, manutenzione e protezione dalla corrosione delle apparecchiature**
- **Riempimento, sostituzione e smaltimento conforme alle norme in materia di tutela ambientale di materiali di consumo quali oli, refrigeranti e lubrificanti secondo quanto indicato nei manuali d'uso**

Domande di base

1. Cosa ottenete eseguendo una manutenzione periodica delle macchine e dei dispositivi?

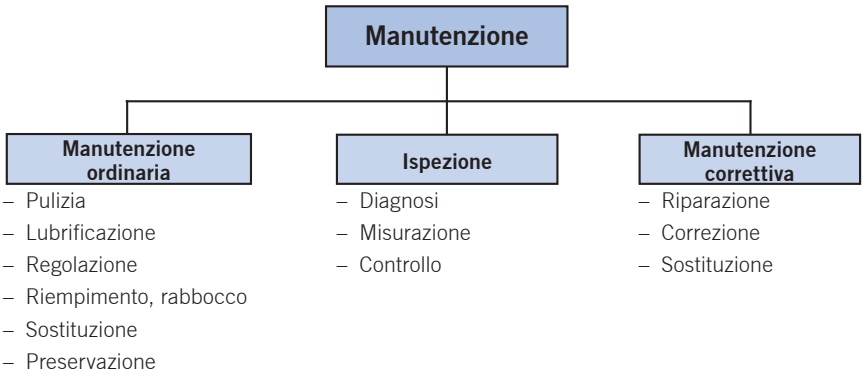
2. Descrivete le operazioni di pulizia da eseguire su un tornio.

3. Dove e come smaltite gli oli esausti e i trucioli metallici?

Teoria — Manutenzione delle macchine utensili

Manutenzione

La manutenzione è fondamentale per garantire la funzionalità (condizione richiesta) delle macchine e dei dispositivi.
Una manutenzione ordinaria periodica e un'accurata piccola manutenzione assicurano la precisione, prolungano la durata della vita e prevengono la necessità di riparazioni.
Le operazioni di manutenzione ordinaria vengono eseguite ad intervalli periodici, vengono prestabilite dai costruttori delle macchine e descritte nel manuale d'uso.



Manutenzione ordinaria

La manutenzione ordinaria comprende tutti i provvedimenti atti a ridurre il logorio e l'usura di macchine, gruppi e componenti e di conseguenza a prolungarne la durata della vita.

Le operazioni di manutenzione ordinaria vengono eseguite ad intervalli definiti, vengono stabilite dal produttore della macchina e descritte nel manuale d'uso.

Il gestore crea quindi un programma di manutenzione ordinaria in base alle specifiche richieste della rispettiva azienda o del produttore della macchina.

Teoria

Manutenzione delle macchine utensili

La manutenzione ordinaria comprende i seguenti provvedimenti:

Pulizia
Vengono rimosse le impurità prodotte da materiali estranei che favoriscono l'usura.

Lubrificazione
Viene aumentata la scorrevolezza grazie all'impiego di lubrificanti adeguati e di conseguenza viene ridotto l'attrito.

Regolazione
Mediante la regolazione vengono corretti gli scostamenti dal valore nominale, ad esempio viene eseguita la regolazione del gioco del cuscinetto o la registrazione di un finecorsa.

Riempimento, rabbocco
Con il rabbocco di olio lubrificante o lubrorefrigerante viene nuovamente raggiunta l'affidabilità e disponibilità richiesta.

Sostituzione
Vengono ad esempio sostituiti gli oli o i piccoli componenti che hanno perso le loro proprietà originali.

Preservazione
La preservazione è una misura preventiva che impedisce l'azione nociva di agenti esterni quali ad esempio la corrosione.

In un piano di manutenzione ordinaria sono contenute le seguenti attività:
– Lavori di manutenzione ordinaria prescritti e definiti in modo dettagliato
– Prescrizioni relative agli intervalli di manutenzione
– Indicazioni relative ai materiali di consumo e ai materiali ausiliari

Teoria

Manutenzione delle macchine utensili

Piano di manutenzione ordinaria di una fresatrice CNC:

Elemento	Intervallo	Attività
Dispositivi di sicurezza	mensile	Funzionalità del pulsante di arresto di emergenza
	mensile	Controllo del corretto funzionamento del mandrino di lavoro
Batteria tampone	annuale	Controllo/sostituzione della batteria tampone
Protezione dei dati	mensile	Protezione dei programmi NC
Serraggio utensile	settimanale	Controllo della presenza di danni al portapinza e ai segmenti della pinza
	mensile	Controllo della forza di innesto
Supporto cambiautensili	mensile	Lubrificazione dei portelli di caricamento
Refrigerazione del mandrino	settimanale	Controllo ed eventuale lavaggio della griglia di ingresso aria
	ogni 3-5 anni	Controllo ed eventuale sostituzione del refrigerante
Lubrificazione centralizzata	mensile	Controllo del livello olio ed eventuale rabbocco
	annuale	Pulizia ed eventuale sostituzione del filtro olio
Gruppo idraulico	mensile	Controllo del livello olio nel tubo di livello ed eventuale svuotamento
	mensile	Controllo della presenza di condensa nel serbatoio dell'olio ed eventuale svuotamento
	annuale	Sostituzione dell'olio e pulizia del serbatoio dell'olio
	annuale	Sostituzione della cartuccia del filtro di ritorno
Accumulatore di pressione	annuale	Controllo dello stato di carica del gas
Tubazioni flessibili dell'impianto idraulico	annuale	Controllo delle tubazioni flessibili dell'impianto idraulico
Tavola a coordinate asse X-Y	mensile	Controllo ed eventuale sostituzione dell'elemento raschiante della protezione telescopica in acciaio
Guide lineari	annuale	Lubrificazione delle guide lineari
Unità di manutenzione aria compressa	annuale	Controllo ed eventuale sostituzione delle cartucce di prefiltro e microfiltro
Ventilatore armadio di comando	annuale	Sostituzione dell'elemento filtrante
Impianto refrigerante	settimanale	Controllo del livello del refrigerante ed eventuale rabbocco/sostituzione
	settimanale	Controllo ed eventuale pulizia delle celle filtranti
Refrigerante	settimanale	Controllo della concentrazione
	settimanale	Controllo del pH
Parti non rivestite	settimanale	Pulizia delle parti non rivestite e trattamento a spruzzo con olio antiruggine
Pannelli trasparenti in policarbonato	settimanale	Controllo ed eventuale sostituzione dei pannelli trasparenti in policarbonato

Teoria — Manutenzione delle macchine utensili

Ispezione

Nella fase di ispezione vengono eseguiti un confronto e una valutazione dell'affidabilità e disponibilità reale e di quella richiesta.
Le ispezioni vengono prevalentemente effettuate agli stessi intervalli, ma potrebbero essere necessarie anche dopo determinati tempi di funzionamento, tempi di fermo prolungati, lavori di riallestimento o dopo l'eliminazione dei guasti.
La distanza temporale tra gli intervalli di ispezione dipende dagli effetti ambientali sul luogo di utilizzo (ad esempio sporcizia, calore), dal danneggiamento previsto (ad esempio usura, corrosione) nonché dal carico dell'impianto (ad esempio sovraccarichi di breve durata, frequenza di commutazione).
Il programma di ispezione viene preparato tenendo conto delle specifiche esigenze del gestore della macchina e prendendo in considerazione il manuale d'uso. Questo programma contiene tutti gli interventi da eseguire, le unità di misura e le variabili di controllo, la frequenza di esecuzione degli interventi nonché avvertenze speciali relative ai singoli interventi.

Manutenzione correttiva

La manutenzione correttiva consiste nel ripristino o nel mantenimento della funzionalità della macchine mediante la riparazione o la sostituzione dei componenti difettosi
e può essere distinta in:
– Manutenzione correttiva per guasti
– Manutenzione preventiva

Manutenzione correttiva per guasti
Se la macchina è interessata da un guasto o è fortemente limitata nel proprio funzionamento, il necessario intervento di manutenzione correttiva viene definito come manutenzione correttiva per guasti.

Manutenzione preventiva
La manutenzione correttiva che viene effettuata a causa dell'esito di una precedente ispezione viene definita manutenzione preventiva. Questo provvedimento offre una flessibilità temporale che può essere sfruttata per l'approvvigionamento di parti di ricambio o pezzi sostitutivi, poiché le parti da sostituire sono da considerarsi ancora funzionanti per un ragionevole periodo di tempo.
Presupposto fondamentale per una ricerca guasti e una manutenzione correttiva sistematica è la perfetta conoscenza del sistema. Le nozioni relative al sistema come la struttura e il funzionamento della macchina rappresentano le premesse per una manutenzione correttiva mirata.
L'obiettivo principale della manutenzione è garantire la massima disponibilità della macchina e l'approvvigionamento ottimale di tutte le risorse necessarie per la manutenzione come ad esempio personale competente e materiale.

Durante l'ispezione le macchine, i gruppi e i relativi componenti vengono sottoposti sia a controllo **soggettivo** che **oggettivo**.
Mediante il controllo soggettivo possono essere rilevati danneggiamenti quali:



Mediante il controllo oggettivo le macchine possono essere sottoposte a verifiche di misurazione e collaudo.

Verifica delle conoscenze

Manutenzione delle macchine utensili

Domande di verifica

1. Cosa ottenete con una manutenzione ordinaria periodica di una macchina utensile?

2. Dove potete consultare le indicazioni relative all'olio da rabboccare?

3. Quali misure di sicurezza dovete adottare quando eseguite le operazioni di pulizia?

4. Cosa intendete con manutenzione preventiva?

5. Create un piano di manutenzione ordinaria per la macchina su cui attualmente lavorate.

SWISSMEM

Attività

Nozioni di base della tecnica CNC

– **Apprendimento e applicazione delle nozioni di base relative alla tecnologia di programmazione**

Domande di base

1. Quali nozioni preliminari dovete possedere per utilizzare la tecnica CNC?

2. Qual è la differenza tra macchine convenzionali e macchine CNC?

3. Quali tipi di controllo di una macchina CNC conoscete?

Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

Concetti di NC, CNC, DNC

NC (Numerical Control):
I primi controlli NC, risalenti a circa il 1960, avevano una sola memoria per un blocco, leggevano ogni volta un blocco sulla banda perforata e lo eseguivano immediatamente. Attualmente questi controlli non vengono più impiegati.

CNC (Computerized Numerical Control):
Le macchine CNC sono presenti sul mercato dal 1974. Il controllo è dotato di un proprio computer, ovvero di una memoria per un intero programma, che consente di tenere in memoria una lavorazione. È altrattanto possibile eseguire la simulazione del programma con modifica sul controllo.

DNC (Direct Numerical Control):
Alla fine degli anni '60, quando il costo dei computer era ancora molto elevato, si fece largo l'idea che in futuro un mainframe avrebbe controllato una fabbrica piena di macchine NC. Oggi il trasferimento del programma avviene direttamente dal computer di programmazione alla macchina tramite un cavo.

Dialogo:
A metà degli anni '80 si fece strada la programmazione a dialogo (programmazione per officina) la quale comportava un "dialogo" con la macchina che consisteva nella richiesta da parte dell'operatore di un tipo di lavorazione e in risposta, la macchina indicava una soluzione.

Macchine utensili CNC

CNC è l'acronimo di **Computerized Numerical Control** ed indica la possibilità di creare un programma in un controllo CNC che viene poi eseguito da una macchina (ad esempio tornio o fresatrice). Il controllo acquisisce delle istruzioni come l'accensione del mandrino principale, la regolazione del numero di giri e la movimentazione delle slitte della macchina. Inoltre controlla continuamente se il mandrino principale precedentemente attivato è effettivamente in funzione, se il numero di giri è stato raggiunto e fino a che punto sono state spostate le slitte della macchina. Perciò tutti i gruppi devono essere dotati di un'unità di controllo, come ad esempio un contagiri sul mandrino principale o un sistema di misurazione della posizione sulle slitte della macchina. L'operatore della macchina comunica al controllo tramite dei comandi quali operazioni devono essere eseguite. Il controllo esegue il comando non appena quello precedente è stato completato correttamente. Una sequenza di tali comandi (programma CNC) consente alla macchina CNC di produrre autonomamente un pezzo. Diversamente dalle macchine convenzionali le macchine a controllo CNC consentono di ottenere una precisione estremamente elevata e di conseguenza anche un considerevole risparmio di tempo.



Teoria

Nozioni di base della tecnica CNC

Per le macchine utensili CNC vengono impiegati come motore del mandrino principale sia i motori a corrente continua (DC) sia i motori a corrente alternata (AC). Principalmente vengono tuttavia utilizzati i motori asincroni controllati AC.



Solitamente per una macchina per tornire CNC il motore del mandrino principale è un motore a corrente continua a regolazione continua o un motore a corrente alternata regolato in frequenza. Questo tipo di motore consente di lavorare con una velocità di taglio costante e il mandrino di lavoro viene azionato con pochi o persino senza sistemi di riduzione meccanici.

Settori di impiego delle macchine CNC

Per lotti di piccole o medie dimensioni fino al singolo pezzo le macchine utensili CNC rappresentano in molti casi il metodo di lavorazione più economico.
Eccone di seguito i motivi:

– La spesa per i dispositivi, le sagome e gli utensili speciali può essere eliminata o ragionevolmente ridotta.

– La complessità dei pezzi viene risolta in modo semplice e rapido con la tecnica CNC.

– I costi di costruzione sono contenuti, in quanto non è necessario modificare i dispositivi o le dime per tracciare.

– Un programma CNC può essere modificato con estrema semplicità.

– Gli utensili vengono utilizzati in modo migliore grazie al numero di giri e agli avanzamenti ottimali.

– La qualità del pezzo rimane sostanzialmente costante e di conseguenza i controlli qualità vengono ridotti.

– I tempi ausiliari e i tempi di attesa vengono ridotti grazie al maggiore grado di automazione e alla maggiore flessibilità. A loro volta contribuiscono ad ottenere una riduzione dei costi e dei tempi di ciclo.

Teoria

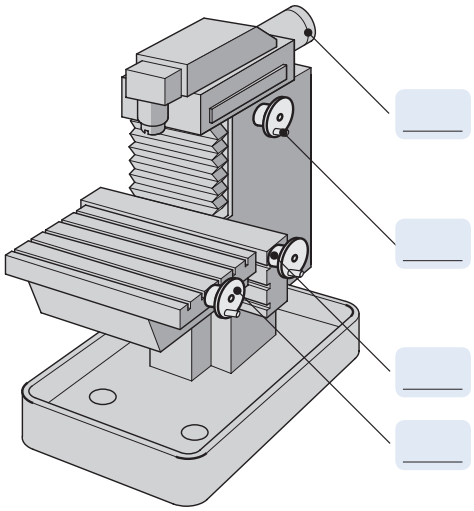
Nozioni di base della tecnica CNC

Confronto tra una macchina utensile convenzionale e una macchina utensile CNC.

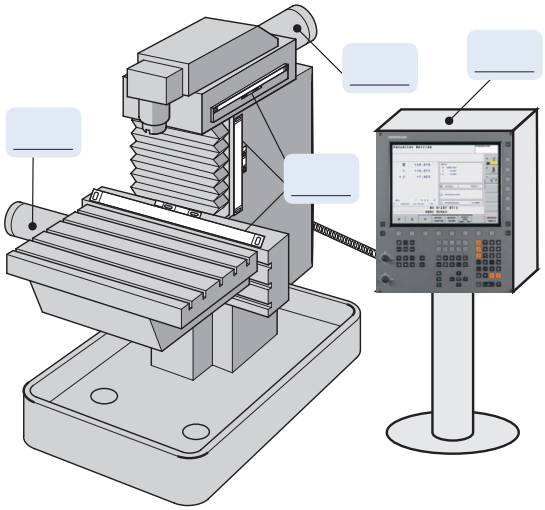
1. Numerate le singole parti delle macchine secondo quanto specificato nella tabella.

N.	Funzione	Macchina convenzionale	Macchina CNC
1	Motore	Motore principale per mandrino e avanzamento	Singoli assi motori
2	Movimentazione dell'asse	L'operatore esegue la movimentazione manuale degli assi.	Il controllo esegue la movimentazione elettronica degli assi.
3	Misurazione della posizione	Tramite lettura manuale della scala sul volantino	Tramite sistemi elettronici di misurazione della posizione per tutti gli assi
4	Controllo	Operatore	controllo CNC

Convenzionale:



CNC:



Sicurezza sul lavoro

Al fine di proteggere l'operatore della macchina, da lesioni causate dalle parti in movimento della macchina, dai trucioli o dai pezzi, le macchine CNC sono provviste di una carenatura integrale. La porta scorrevole con finestra integrata è dotata di un sistema di sicurezza, in modo che la macchina entri in funzione solo a porta chiusa.





Teoria

Nozioni di base della tecnica CNC

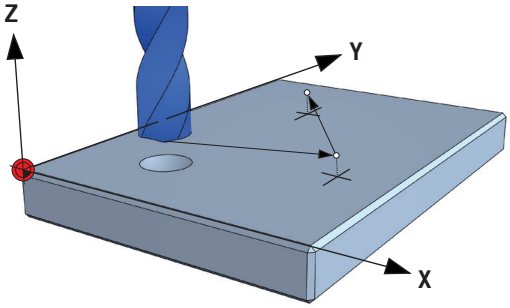
Tipi di controllo

I moderni controlli attualmente in uso non sono sempre stati disponibili. Infatti è stato necessario svilupparli e sono soggetti a un costante processo di sviluppo. Per questo motivo esistono diversi tipi di controllo.

2. Fornite degli esempi di applicazione per i tre tipi di controllo.

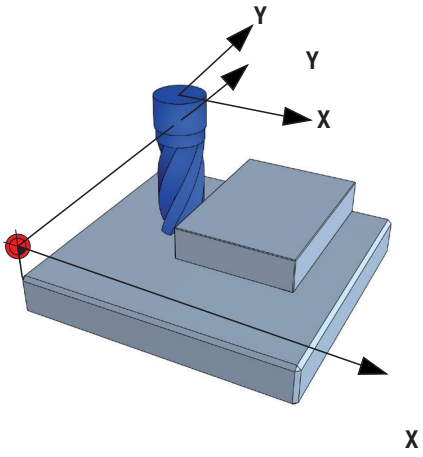
Tipo di controllo: **controllo punto a punto**
– Il raggiungimento delle coordinate del punto avviene in corsa rapida.
– Durante la movimentazione l'utensile non è in presa.

Applicazione:



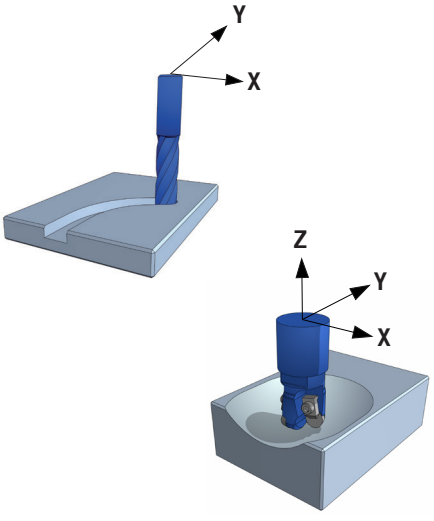
Tipo di controllo: **controllo parassiale**
– L'utensile è in presa

Applicazione:



Tipo di controllo: **controllo continuo**
– Movimentazione simultanea di due (2D) o tre (3D) assi.
– L'interpolatore determina le velocità reciproche degli assi.
– Caso speciale: controllo continuo 2–5D
È possibile eseguire la lavorazione di quasi tutti i lati senza dover smontare il pezzo.

Applicazione:



Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

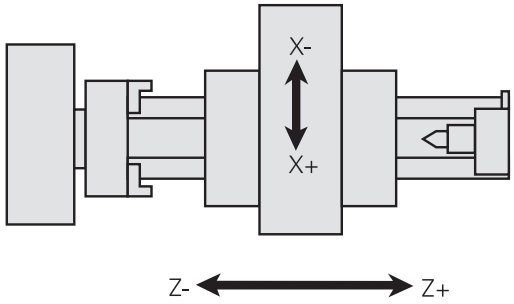
Assi di un tornio

Un tornio dispone di almeno due assi principalmente attribuiti alla slitta della macchina e contraddistinti dalle lettere X e Z conformemente alla norma DIN.
Le macchine progettate per la lavorazione di pezzi più complessi sono dotate di assi aggiuntivi.

Orientamento degli assi

L'asse Z di una macchina utensile è determinato dalla posizione del mandrino di lavoro.

Direzioni degli assi
- **Asse X**: la slitta trasversale viene definita come asse X. Tutti i valori X immessi e visualizzati vengono considerati come **valori del diametro**.
- **Asse Z**: il carrello viene designato come asse Z ed è orientato nella stessa direzione del mandrino di lavoro.



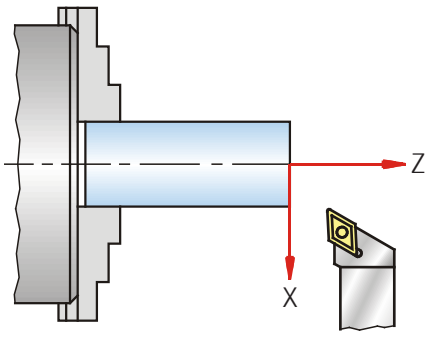
Utensile davanti al centro di rotazione

Movimentazioni
- I movimenti in **direzione +** comportano l'allontanamento dal pezzo.
- I movimenti in **direzione –** comportano l'avvicinamento al pezzo.

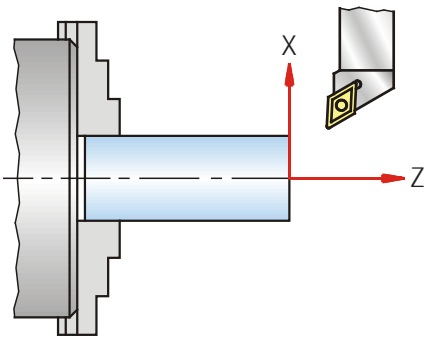
Utensile davanti o dietro al centro di rotazione

In funzione della struttura del tornio l'utensile si trova davanti o dietro al centro di rotazione. Il controllo conosce la struttura della macchina e prende in considerazione il posizionamento dell'asse X nelle immagini ausiliarie durante la simulazione e la lavorazione del pezzo.

Utensile **davanti** al centro di rotazione



Utensile **dietro** al centro di rotazione



Per garantire una programmazione coerente vale la seguente definizione: Durante la programmazione ipotizzate sempre che sia l'utensile ad eseguire il movimento!

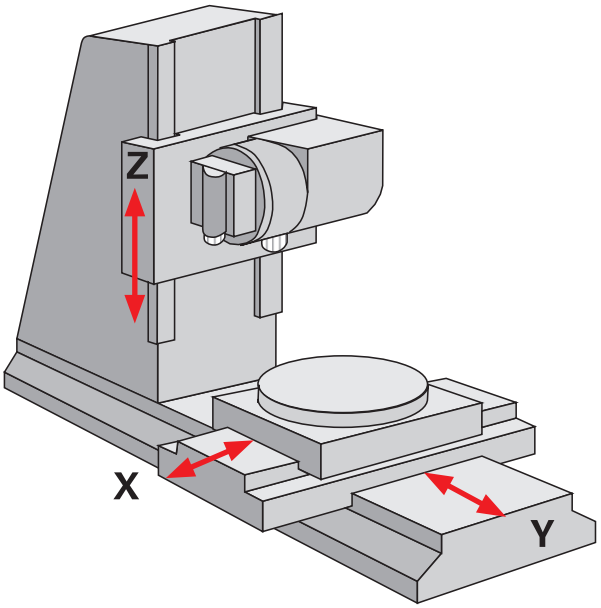
SWISSMEM

Teoria

Nozioni di base della tecnica CNC

Assi di una fresatrice

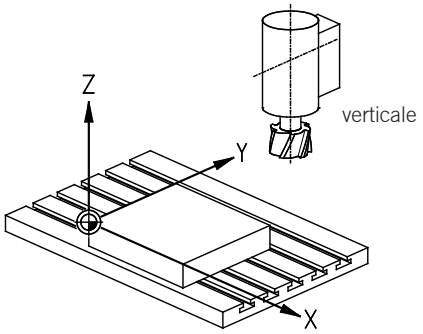
Una fresatrice dispone almeno di tre assi che sono attribuiti all'utensile o alla tavola della macchina. Il posizionamento degli assi dipende dal sistema costruttivo della macchina.



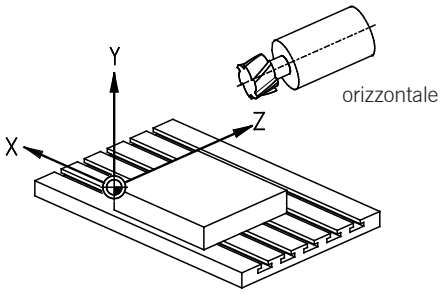
In considerazione dei diversi sistemi costruttivi delle macchine vale la seguente definizione:
Durante la programmazione ipotizzate sempre che sia l'utensile ad eseguire il movimento anche quando è effettivamente la tavola ad essere movimento.

Orientamento degli assi

Nelle fresatrici l'asse X corrisponde alla direzione di movimentazione principale nel piano di posizionamento. È fondamentalmente parallelo alla superficie di serraggio del pezzo e spesso è perciò orizzontale.



La direzione positiva dell'asse Y deriva inevitabilmente dalla definizione del sistema di riferimento cartesiano.



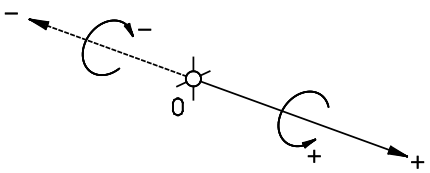
Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

Sistema di coordinate

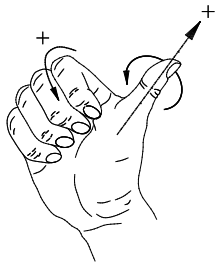
Le macchine utensili CNC necessitano di un sistema di coordinate. Questo sistema è diverso da un fabbricante all'altro e pertanto qualsiasi punto nello spazio di lavoro (area di lavoro) della macchina utensile è univoco e non confondibile con valori numerici.
Le macchine utensili si basano spesso sul sistema di coordinate cartesiane, in cui gli assi delle coordinate sono disposti perpendicolarmente l'uno all'altro.

Sistema di coordinate cartesiane

Al singolo asse delle coordinate sono assegnati:
– il proprio orientamento nello spazio
– la propria scala di valori con l'origine
– la definizione +/– del movimento lineare lungo l'asse
– la definizione +/– del movimento di rotazione attorno all'asse

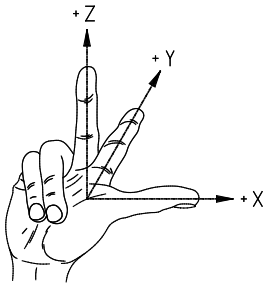


Sistema di riferimento:
Quando il pollice della mano destra viene tenuto nella direzione positiva dell'asse, le altre dita indicano la direzione di rotazione positiva che corrisponde alla rotazione in senso antiorario.

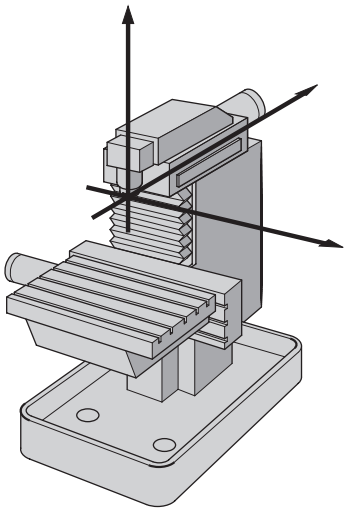


La disposizione, ovvero la sequenza degli assi delle coordinate, viene definita dalla regola delle tre dita della mano destra:
Asse X: pollice
Asse Y: indice
Asse Z: medio

Le punte delle dita indicano le direzioni positive degli assi.

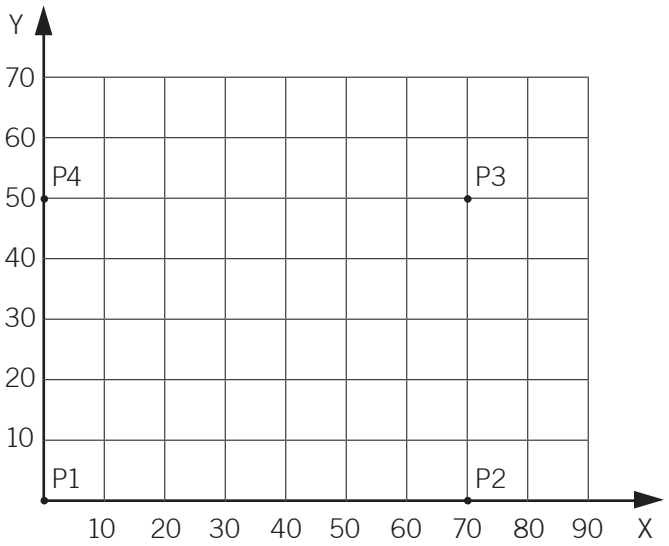


3. Indicate le direzioni degli assi e il relativo segno.



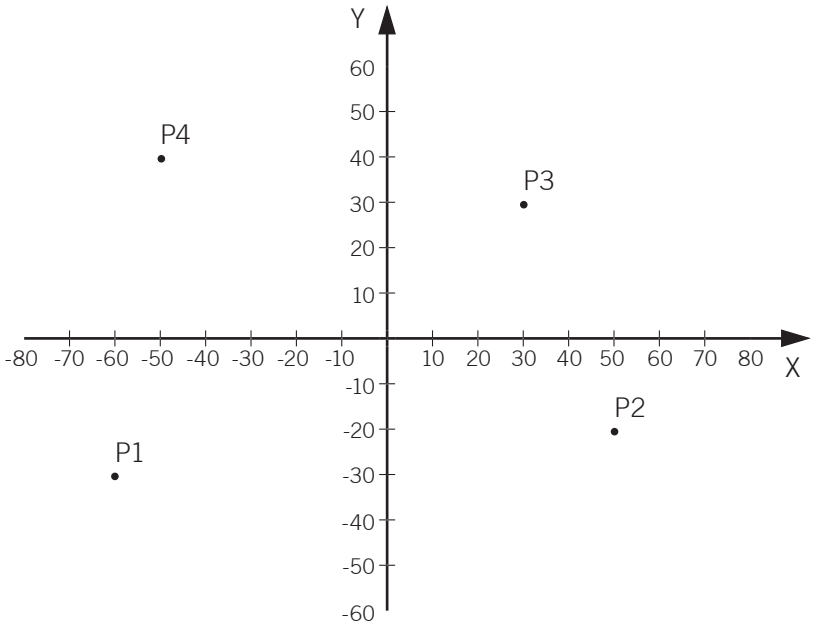
Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

4. Determinate le coordinate senza cambio di segno.



Punto	X	Y
P1		
P2		
P3		
P4		

5. Determinate le coordinate con cambio di segno.



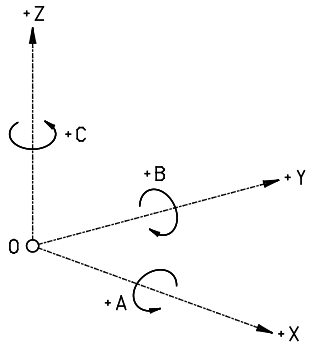
Punto	X	Y
P1		
P2		
P3		
P4		

SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

Sistema di coordinate cartesiane spaziali

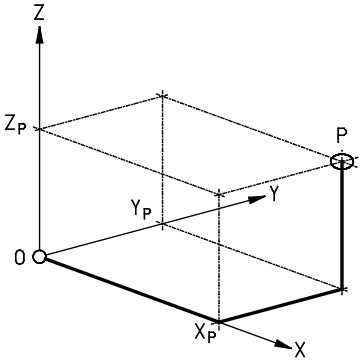
Per la descrizione di qualsiasi pezzo nello spazio necessitate di un sistema di coordinate a tre assi. Le direzioni delle frecce mostrano le direzioni positive del movimento. Nella tecnologia NC gli angoli vengono contraddistinti da lettere maiuscole romane come A, B o C (denominazione degli assi).



Origine delle coordinate

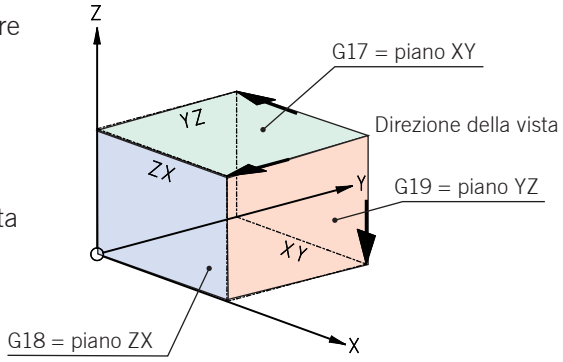
Il punto di intersezione comune degli assi delle coordinate viene definito origine, che indica i valori zero (origine delle coordinate) degli assi.

Nel sistema di coordinate spaziali la posizione di qualsiasi punto può essere indicata con tre misure di lunghezza.
Il punto P ha le coordinate X_P, Y_P e Z_P.



Piani principali

Due assi definiscono assieme sempre un piano principale:
- La prima lettera indica l'asse principale (ascisse).
- La seconda lettera indica l'asse secondario (ordinate).
- La terza lettera, che non è riportata nell'immagine a destra, indica l'asse di avanzamento (quota).

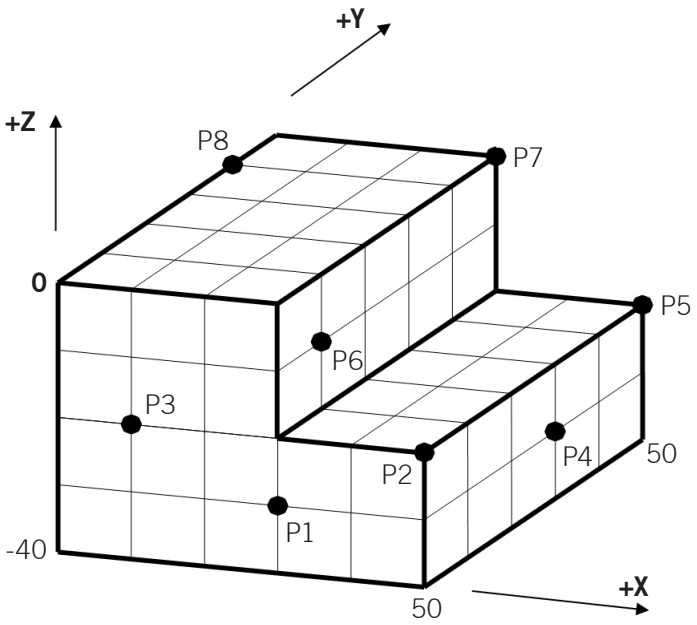


Il sistema di coordinate cartesiane nello spazio presenta quindi tre piani principali XY, YZ e ZX. Questi tre piani sono perpendicolari l'uno all'altro come gli assi.
La scelta dei piani serve per il calcolo dell'interpolazione circolare, per il posizionamento dell'utensile sul profilo nonché per il calcolo della correzione del raggio e della lunghezza dell'utensile.
I piani principali sono importanti per quei controlli che per ogni istruzione NC possono sempre elaborare solo due valori delle coordinate. In questi casi il piano principale deve essere selezionato con il corrispondente comando G prima di poter indicare i dati delle coordinate. (G17, G18, G19)

SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

6. Determinate le coordinate.



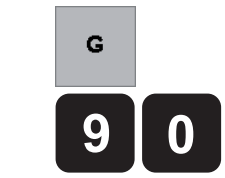
Punto	X	Y	Z
P1			
P2			
P3			
P4			
P5			
P6			
P7			
P8			

Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

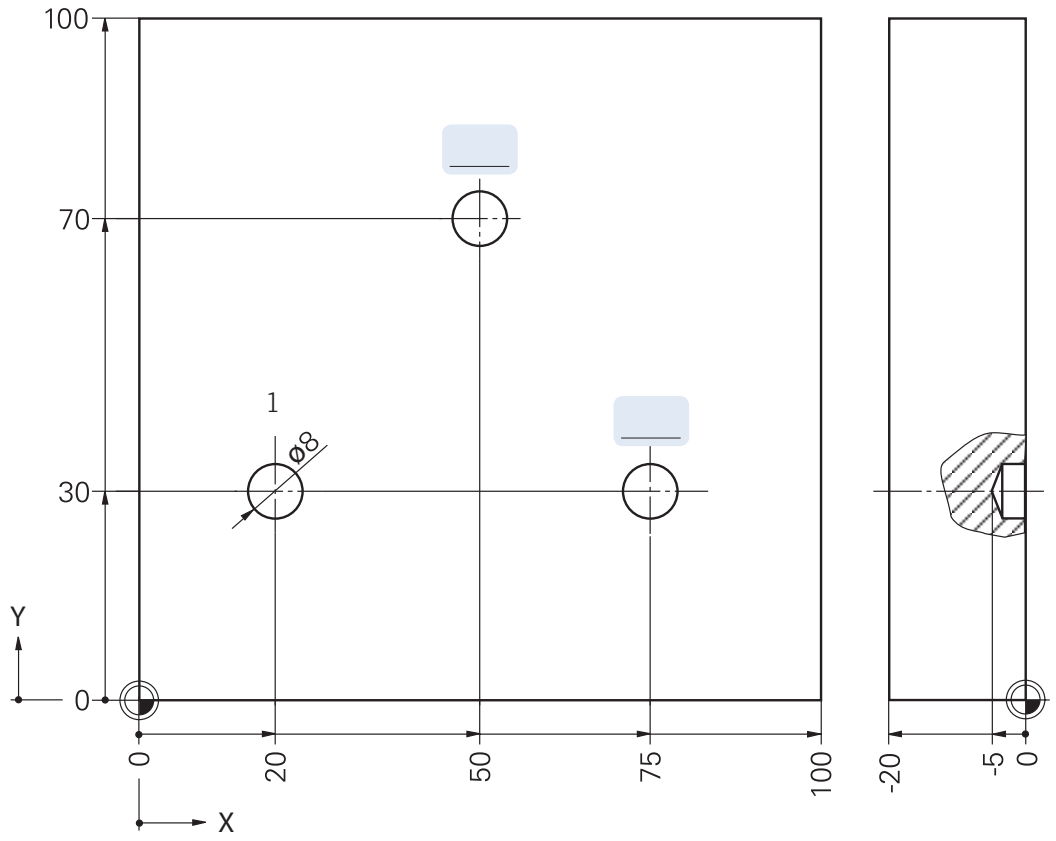
Quotatura delle coordinate

Oltre alla **quotatura assoluta** viene utilizzata anche la cosiddetta **quotatura incrementale**. I due tipi di quotatura si differenziano per il punto di riferimento:
– La quotatura assoluta si riferisce a un punto di riferimento assoluto.
– La quotatura incrementale si riferisce alla posizione attuale dell'utensile.

7. Coordinate assolute G90:
(G90 indica nel linguaggio di programmazione il sistema di coordinate assolute)



Definite la posizione dei fori sugli assi nel sistema di coordinate del piano XY.



Foro	Coordinate X	Coordinate Y
1	X + 20	Y + 30
2		
3		

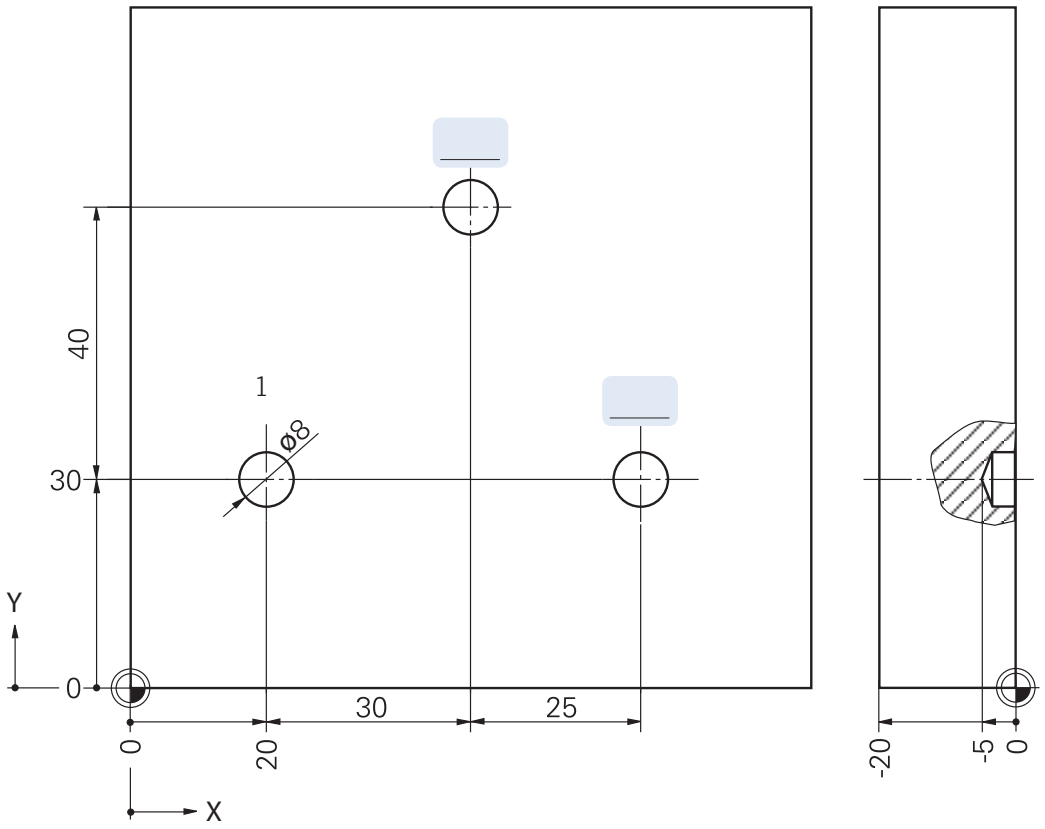
SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

8. Coordinate incrementali (G91):
(G91 indica nel linguaggio di programmazione il sistema di coordinate incrementali)

G
9 1

Definite la posizione dei fori sugli assi nel sistema di coordinate del piano XY.



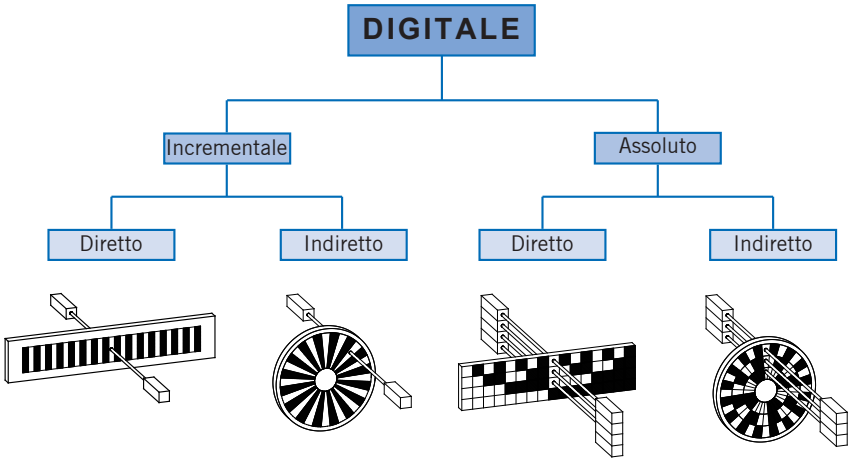
Foro	Coordinate X	Coordinate Y
1	XI + 20	YI + 30
2		
3		

SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

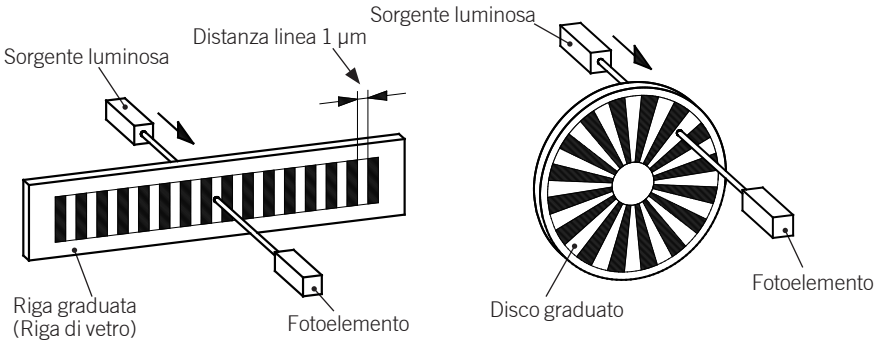
Sistema di misurazione della posizione

Per la lavorazione dei pezzi sulle macchine utensili tradizionali l'operatore esegue il controllo della precisione dimensionale.
Tuttavia le macchine utensili a controllo numerico necessitano per ciascun asse di un proprio sistema di misurazione della posizione che indica al regolatore di posizione la rispettiva posizione effettiva. A tale riguardo esistono diverse possibilità.



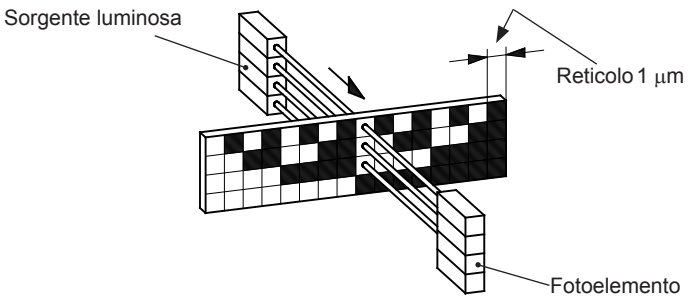
Procedimento di misurazione

Misurazione incrementale
Nella **misurazione incrementale** viene sempre misurata una sola variazione della posizione e a questo scopo vengono conteggiati gli impulsi luminosi di un sistema ottico. In una normale divisione di 1 µm dopo 1000 impulsi è stato dunque percorso un tratto di 1 mm.



Al fine di poter ottenere non solo una variazione della posizione, ma anche la posizione effettiva, dopo una taratura il controllo CNC conteggia tutti gli impulsi. Questa taratura viene eseguita con una ricerca dei punti di riferimento. Se la posizione numerica del contatore va persa ad esempio a causa di una caduta di tensione, è necessario eseguire nuovamente la ricerca dei punti di riferimento.

Misurazione assoluta
Nella **misurazione assoluta della posizione** vengono impiegati righe o dischi codificati, che presentano una codifica (in bianco e nero) a bande verticali. Ogni banda verticale presenta un modello diverso e deve pertanto essere identificata in modo univoco. Il controllo CNC può inoltre assegnare a ciascuna colonna una posizione della slitta.



SWISSMEM

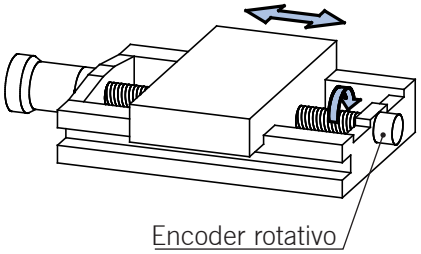
Teoria

Nozioni di base della tecnica CNC

Il sistema di misurazione della posizione misura la lunghezza delle slitte della macchina rispetto all'origine assoluta della macchina e inoltra questi dati (valori effettivi) alla regolazione della posizione. I sistemi di misurazione installati sulle macchine utensili CNC possono essere distinti in base alle seguenti caratteristiche:

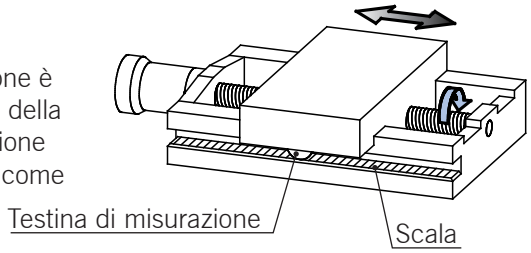
Punto di misura

Nella **misurazione indiretta della posizione** viene misurato il movimento di rotazione della vite di avanzamento da cui viene calcolato il movimento lineare della slitta.
La precisione di misurazione una volta presente nei sistemi di misurazione indiretti viene attualmente compensata.



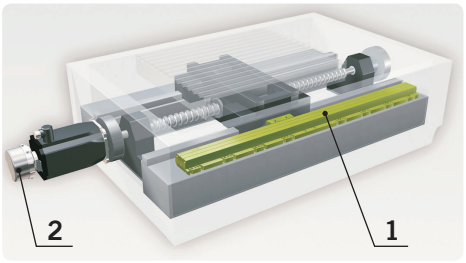
Struttura del sistema di misurazione diretta della posizione:
– L'encoder rotativo è flangiato alla vite a circolazione di sfere
– Protezione necessaria dallo sporco
– Semplice costruzione, facile da isolare

Nella **misurazione diretta della posizione** il sistema di misurazione è montato direttamente sulla slitta della macchina, in modo che la posizione sia immediatamente disponibile come valore assoluto.



Struttura del sistema di misurazione indiretta della posizione:
– Testina di misurazione e scala sono montate sul carrello utensili o sul basamento
– Protezione necessaria dallo sporco
– Costruzione complessa

Confronto tra misurazione indiretta e diretta della posizione:



1 Misurazione diretta della posizione tramite misuratore di lunghezza:
compensazione del calore - rilevamento preciso della posizione sull'intera lunghezza

2 Misurazione indiretta della posizione tramite encoder rotativo/vite:
possibili errori dovuti a imprecisioni meccaniche nella vite a circolazione di sfere o agli effetti del calore

I sistemi di misurazione assoluti non richiedono sicuramente alcuna ricerca dei punti di riferimento, ma sono sostanzialmente più complessi e quindi più costosi rispetto ai sistemi incrementali. Sulle macchine utensili CNC vengono pertanto utilizzati maggiormente i sistemi di misurazione incrementali.

9. Qual è la differenza tra la misurazione diretta e indiretta della posizione?

SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

Punti di riferimento

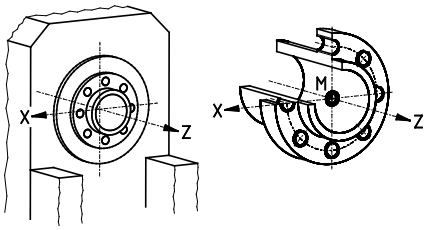
Le macchine utensili CNC necessitano per il proprio funzionamento e per la programmazione dei cosiddetti punti di riferimento. I punti di riferimento costituiscono assieme al sistema di coordinate macchina una base di riferimento univoca e unificata per gli assi della macchina, il controllo e il programma NC.

Origine macchina **M**

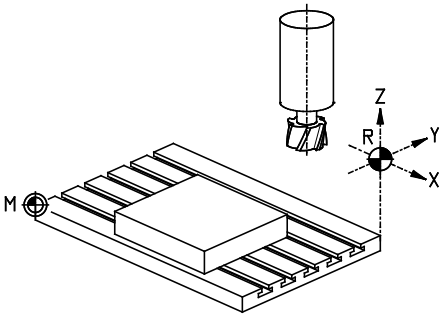


L'origine macchina è l'origine delle coordinate del sistema di coordinate macchina. La posizione relativa viene determinata dal produttore della macchina utensile e non può essere modificata dal programmatore.
Il controllo CNC fa riferimento per ogni dato delle coordinate fornito dal programma NC all'origine macchina, che rappresenta la base per tutti gli altri punti di riferimento.
All'origine macchina si riferiscono in particolare i sistemi di misurazione degli assi lineari.

Nelle macchine per tornire CNC l'origine macchina si trova sull'asse centrale e solitamente sulla superficie di battuta della testa del mandrino.



Nelle fresatrici CNC e nei centri di lavoro la posizione varia da produttore a produttore.



Teoria

Nozioni di base della tecnica CNC

Punto di riferimento macchina **R**

I controlli delle macchine utensili CNC con sistema di misurazione incrementale della posizione non rilevano le relative posizioni degli assi all'accensione. Questa condizione deve essere confrontata con quella di un orientista che sa precisamente dove si trova il Nord ma non ha la benché minima idea di dove sia al momento.

Mentre per gli alpinisti e gli orientisti è sufficiente vedere da lontano i punti distintivi nell'ambiente e orientarsi di conseguenza, la macchina CNC con misurazione incrementale della posizione deve raggiungere direttamente un punto di riferimento definito dal produttore.

Poiché le coordinate del punto di riferimento sono memorizzate nel controllo, dopo l'azzeramento, il controllo CNC rileva l'esatta posizione degli assi nel sistema di coordinate macchina e può allineare le relative origini software con quelle dei sistemi di misurazione.

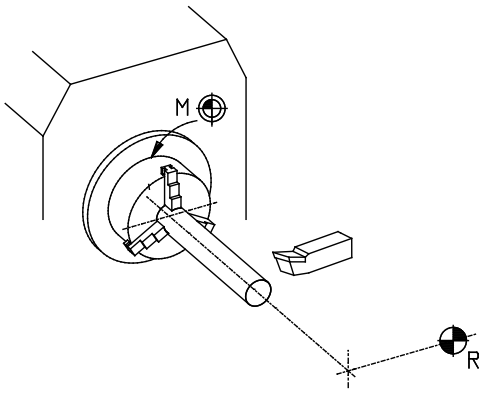
Di per sé l'origine macchina già descritta sarebbe il punto di riferimento corretto, in quanto rappresenta l'origine del sistema di coordinate macchina. In pratica non è spesso accessibile a causa degli alloggiamenti utensili, dei pezzi serrati o per altri motivi.

Pertanto il produttore della macchina utensile sceglie per il punto di riferimento una posizione che può essere raggiunta in tutte le condizioni e che solitamente è uno degli angoli esterni dello spazio di lavoro.

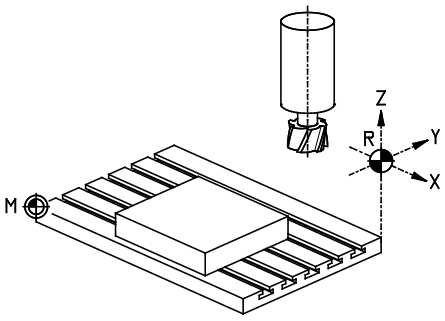
Azzeramento

Il punto di riferimento deve essere nuovamente raggiunto e le origini nuovamente allineate dopo ogni accensione della macchina utensile, ma anche in caso di guasto.

Tornio



Fresatrice



10. Qual è la differenza tra l'origine macchina e il punto di riferimento macchina?

SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

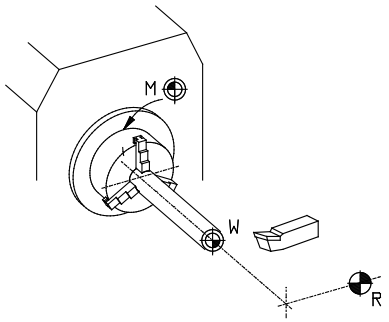
Origine pezzo **W**



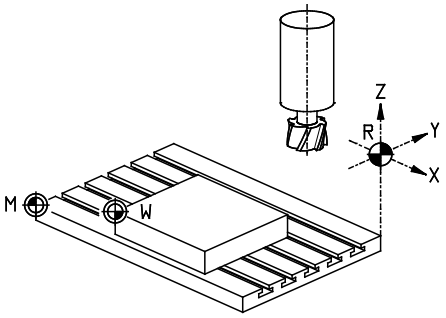
Con l'origine macchina M ed eventualmente con il punto di riferimento R il controllo CNC effettua il controllo sugli assi della macchina, senza però sapere ancora dove il pezzo corrente è serrato nello spazio di lavoro.
Il controllo CNC ottiene questa informazione con l'origine pezzo W, che determina anche l'origine del sistema di coordinate pezzo. Infine offre il vantaggio di non dover immettere i dati geometrici del pezzo riferiti all'origine macchina M o al punto di riferimento R, bensì a un'origine selezionabile liberamente che spesso deriva dalla quotatura nel disegno del pezzo.

Selezione dell'origine pezzo

Sulle macchine per tornire CNC l'origine pezzo W si trova nel punto di intersezione dell'asse di rotazione con il bordo di riferimento della quotatura della lunghezza del pezzo. Questo bordo di riferimento può essere ricavato dal disegno d'officina. L'origine è solitamente identificabile dal disegno.



Nelle fresatrici CNC viene selezionato un angolo più esterno e ben accessibile del pezzo lavorato.



Lettura dell'origine pezzo

La posizione dell'origine pezzo deve essere comunicata al controllo CNC in due possibili modi:
– in "modalità di allestimento" allineando il pezzo con l'utensile oppure
– avvicinando al pezzo, nello stesso punto, un tastatore 3D.

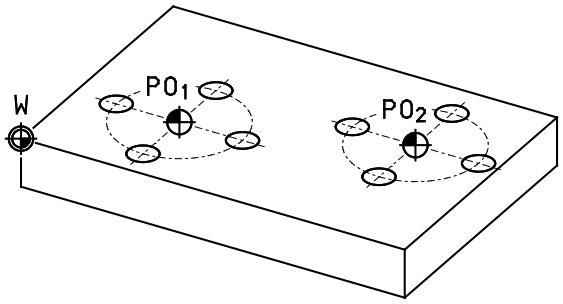
In generale questa operazione deve essere ripetuta in tutte le coordinate X, Y e Z.
I valori delle coordinate così determinati vengono memorizzati come spostamento dell'origine rispetto all'origine macchina M o al punto di riferimento R. In questo modo ad ogni nuova accensione della macchina utensile può essere recuperata l'esatta origine pezzo W.

Teoria

Nozioni di base della tecnica CNC

Origine programma **P0**

Durante la creazione del programma CNC è compito dell'operatore o dell'operatrice della macchina convertire i dati presenti nel disegno d'officina in corrispondenti dati delle coordinate. In teoria l'origine pezzo W potrebbe sempre servire come base.

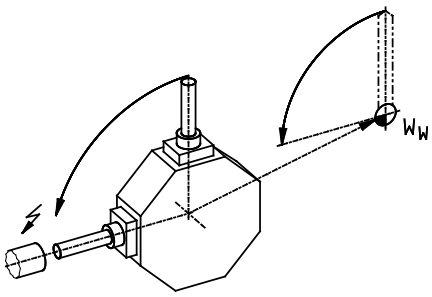


I controlli CNC offrono tuttavia un'ulteriore comodità: durante l'esecuzione del programma è possibile infatti selezionare a piacere il punto di riferimento determinante per l'immissione delle coordinate, l'origine programma P0, e modificarne la posizione, se necessario.

In questo modo si evitano inutili calcoli durante la programmazione CNC eliminando quindi una possibile fonte di errore. Un altro vantaggio è costituito dal fatto che in questo modo le geometrie (ad esempio gli schemi dei fori) definite una volta possono essere copiate con un semplice spostamento dell'origine.

Punto di cambio utensile **W_W**

Per evitare che durante il cambio automatico di un utensile con un altro si verifichino delle collisioni con il pezzo, è possibile selezionare il punto di cambio utensile W_W in modo che in qualunque caso la distanza di sicurezza sia sufficientemente grande.



Assicuratevi che nelle lavorazioni interne anche il movimento verso il punto di cambio utensile avvenga senza collisioni.

Punto di riferimento portautensile **N**

Nella lavorazione CNC è fondamentale che il tagliente dell'utensile possa essere controllato in modo preciso rispetto al profilo da creare del pezzo finito. Come per i pezzi da lavorare, anche per gli utensili sarebbe scomodo riferire i dati di forma e dimensione all'origine macchina. Molto più elegante risulta infatti il punto di riferimento portautensile N che nelle fresatrici si trova sulla testa portamandrino e nelle macchine per tornire sulla superficie della torretta o revolver.

SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

Spostamento dell'origine

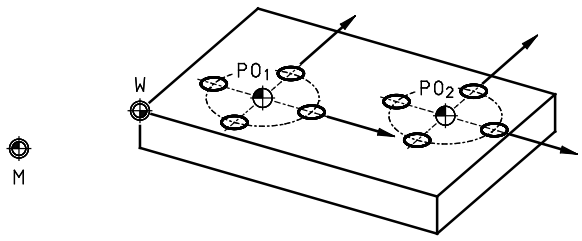
Con un utilizzo adeguato dell'origine pezzo e/o dell'origine programma spesso è possibile semplificare notevolmente la programmazione CNC.

Le nuove posizioni di questi punti vengono comunicate al controllo CNC con il cosiddetto spostamento dell'origine o del punto di riferimento.
Completamente descritto nella sessione di formazione "Sistemi di coordinate" viene definito un sistema di coordinate ortogonale nel piano con due assi e nello spazio con tre assi. Questi assi si intersecano perpendicolarmente l'uno all'altro in un punto. Questo punto di intersecazione è l'origine delle coordinate.

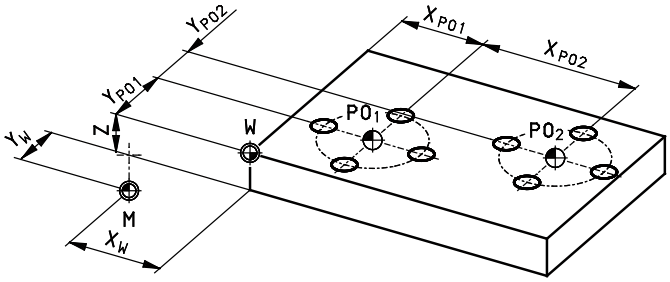
Lo spostamento dell'origine è lo spostamento del sistema di coordinate e viene utilizzato per il posizionamento parallelo agli assi del pezzo nello spazio di lavoro che corrisponde alla distanza in relazione agli assi delle coordinate dall'origine macchina M all'origine pezzo W, da cui ha luogo la programmazione. L'origine pezzo può essere selezionata in qualunque posizione, ma preferibilmente nell'origine del disegno. Uno spostamento del sistema di coordinate può essere costituito da spostamento e rotazione assoluti o incrementali.

Spostamento assoluto e relativo dell'origine

Analogamente alla programmazione assoluta e relativa (detta rispettivamente anche programmazione del valore assoluto e programmazione del valore relativo/incrementale) anche lo spostamento dell'origine può essere definito come assoluto o relativo.
Lo spostamento assoluto dell'origine si riferisce, anche in caso di ripetizione, sempre all'origine macchina M o al punto di riferimento R.



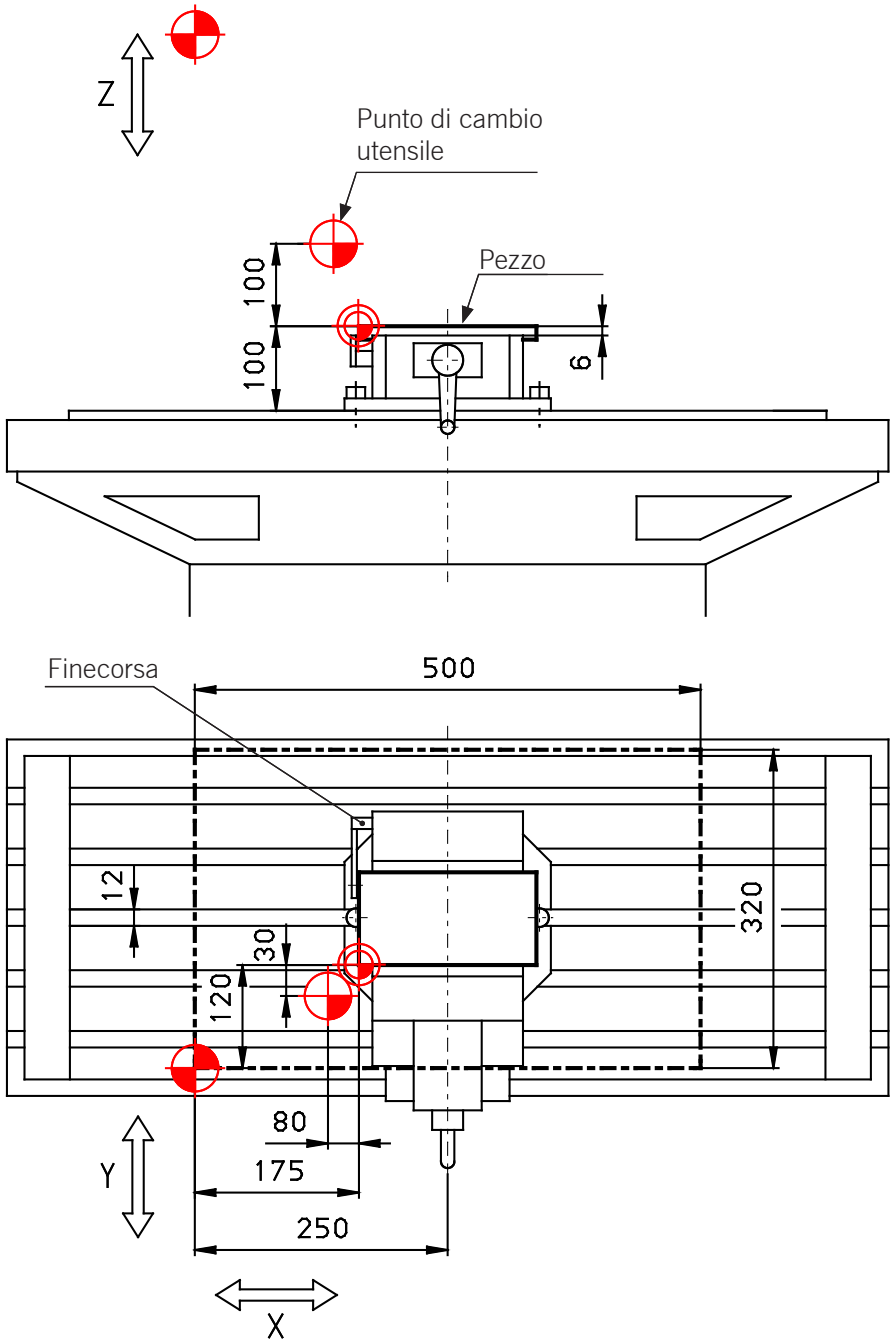
Invece lo spostamento relativo o incrementale dell'origine si riferisce al punto di riferimento al momento ancora attuale.



SWISSMEM

Teoria — Nozioni di base della tecnica CNC

Esempio di uno schema di serraggio



11. Descrivete e denominate i punti.

Teoria

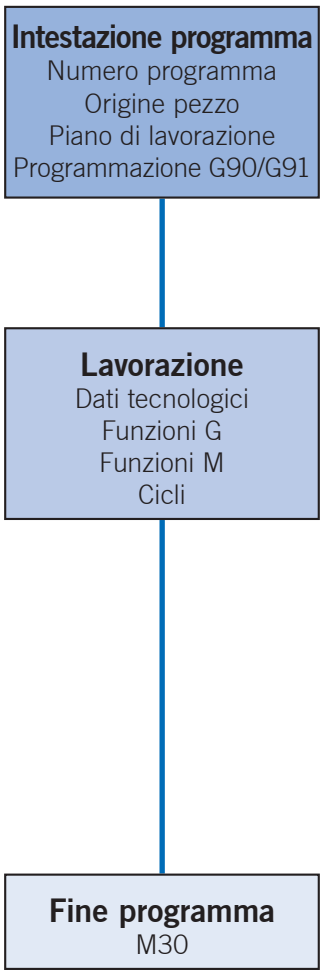
Struttura di un programma CNC

Nozioni di base

Il contenuto del programma è costituito da un numero a scelta di blocchi che descrivono passo passo l'intero ciclo di lavoro della macchina. Ogni blocco del programma rappresenta una fase di lavorazione geometrica e/o una determinata funzione macchina. I singoli blocchi presentano una numerazione progressiva e sono costituiti a loro volta da una o più parole composte da lettere e numeri secondo la rappresentazione degli indirizzi oggi comunemente in uso.

Struttura

Fondamentalmente un programma si suddivide in tre parti:



Esempio:

% PM:	inizio programma
N4711:	Numero programma
N1:	piano di lavorazione X/Y, asse utensile Z
N2:	spostamento origine
N3:	programmazione assoluta
N4:	utensile, cambio utensile, correzione lunghezza utensile
N5:	numero di giri, avanzamento, commento
N6:	posizionamento in corsa rapida, attivazione rotazione mandrino a destra
N7:	avanzamento profondità di passata, attivazione refrigerante
N8:	Interpolazione
N9:	corsa rapida per distanza di sicurezza
N10:	corsa rapida Z
N11:	corsa rapida XY
N12:	X, Y, Z sulla posizione di cambio utensile
⋮	
N26:	fine programma, ritorno all'inizio programma

Numero blocco

I blocchi di un programma vengono numerati per poterli ritrovare più facilmente in un secondo momento.
Se nella macchina non è preimpostata una numerazione, si utilizzano nel migliore dei casi, un passo di 10, così da poter inserire i blocchi.
così da poter inserire i blocchi dimenticati. Anche il numero del blocco ha un indirizzo, ovvero la lettera N.

SWISSMEM

Teoria — Struttura di un programma CNC

Efficacia delle parole

Esistono parole che sono efficaci solo nel blocco in cui sono programmate.
Queste parole sono definite: "autocancellanti" (non modali), ad esempio X–50 è efficace solo in questo blocco.

Le altre parole sono valide finché non vengono eliminate o sostituite da una nuova parola.
Queste parole sono definite "autoconservanti" (modali), ad esempio F100 = avanzamento di 100 mm/min rimane efficace.

Blocchi

Le singole parole, ovvero i comandi, vengono raggruppate in un blocco.

Il comando X–50 da solo non fornisce ancora alcuna informazione sul tipo di movimento, avanzamento, numero di giri del mandrino, ecc.
Nel momento in cui vengono aggiunti i comandi corrispondenti, allora si può parlare di blocco.
Un blocco è dunque una serie di comandi che costituiscono un'istruzione eseguibile dal controllo.

La macchina deve sempre conoscere quanto segue:

Come	⇒ G
Dove	⇒ X, Y, Z
Avanzamento, mandrino	⇒ F, S

Struttura del blocco

Esempio:

N... G... X... Y... F150 S1000 M3

N = numero del blocco
G = condizione del percorso
X, Y = informazioni sul percorso
F = avanzamento
S = numero di giri mandrino
M = funzione di commutazione

Numero del blocco N
Il numero del blocco è una numerazione crescente della sequenza di blocchi. Il numero del blocco serve a trovare più rapidamente un blocco.

Condizioni del percorso G
Le condizioni del percorso descrivono come arrivare dal punto A al punto B e vengono denominate funzioni G. Alcuni esempi di queste funzioni sono il movimento dell'utensile con il maggiore avanzamento possibile, il movimento lineare con avanzamento di lavorazione, il movimento circolare, il tempo di sosta, l'arresto preciso, ecc. Queste funzioni precedono solitamente le informazioni sul percorso, altrimenti la macchina utensile verrebbe probabilmente movimentata in modo non definito e il comando del programma verrebbe attivato solo nel blocco successivo.

Le condizioni del percorso possono essere:

G0	corsa rapida dal punto A al punto B
G1	interpolazione lineare con avanzamento dal punto A al punto B
G2	interpolazione circolare in senso orario
G3	interpolazione circolare in senso antiorario
G40	senza correzione del raggio utensile
G41	correzione del raggio utensile a sinistra
G42	correzione del raggio utensile a destra
G54	spostamento dell'origine pezzo

Teoria

Struttura di un programma CNC

Informazioni sul percorso X, Y, Z
Le informazioni sul percorso sono valori delle coordinate di uno o più punti di arrivo relativi a quanti assi può movimentare il controllo. Gli assi a movimentazione lineare vengono identificati con gli indirizzi X, Y e Z, mentre gli assi rotanti con A, B e C, ad esempio X –50.

Avanzamento F
Con la parola **F** viene selezionata la velocità di avanzamento.
Esempio:
F100 velocità di avanzamento di 100 mm/min

Numero di giri del mandrino S
Il numero di giri del mandrino viene programmato utilizzando l'indirizzo **S** in giri al minuto.
Esempio:
S1400 numero di giri del mandrino di 1400 giri/min

S0 serve per l'attivazione del mandrino in modalità controllata dal programma (inserimento del funzionamento a vuoto nella trasmissione a ingranaggi, non possibile per tutte le macchine). Il numero di giri può essere programmato in continuo.
Per il numero di giri del mandrino vale quanto segue:
M3 = rotazione destrorsa del mandrino (senso orario), ovvero la forma normale
M4 = rotazione sinistrorsa del mandrino (senso antiorario)
Lo spegnimento viene programmato con M5. Il numero di giri del mandrino ha un'efficacia modale.

Funzioni macchina M
Con la parola **M** vengono attivate le funzioni macchina,
come ad esempio M05 "arresto del mandrino".
L'alimentazione del refrigerante viene attivata con il comando M08 e disattivata con il comando M09. Entrambi i comandi hanno efficacia modale.
In molti casi un programma termina con la parola M30.
M08 = attivazione refrigerante
M09 = disattivazione refrigerante
M30 = FINE programma, ritorno all'INIZIO

Cambio utensile T
Un cambio utensile viene programmato con l'indirizzo T o TT, il numero utensile e il comando M6.
I valori di correzione dell'utensile richiamati con l'indirizzo T o TT hanno efficacia modale.

T	= indirizzo dell'utensile locale
TT	= indirizzo dell'utensile globale
Da 1 a 999999	= numero utensile
M6	= comando per il cambio utensile

Il cambio utensile viene sempre programmato in un proprio blocco di programma, ad esempio **N6 T1 M6**

Esecuzione di un cambio utensile:
– Se un blocco contiene il comando M6, dopo l'esecuzione di questo blocco il programma viene interrotto e il mandrino arrestato.
– Il tasto per il cambio utensile o la spia luminosa sul quadro di comando lampeggia. L'utensile richiamato viene montato.
– Quando si esce dalla modalità cambio utensile premendo il tasto corrispondente, è possibile continuare il programma con il tasto "Avvio ciclo".
– Il cambio utensile M6 elimina il comando M3/M4 (direzione di rotazione del mandrino).

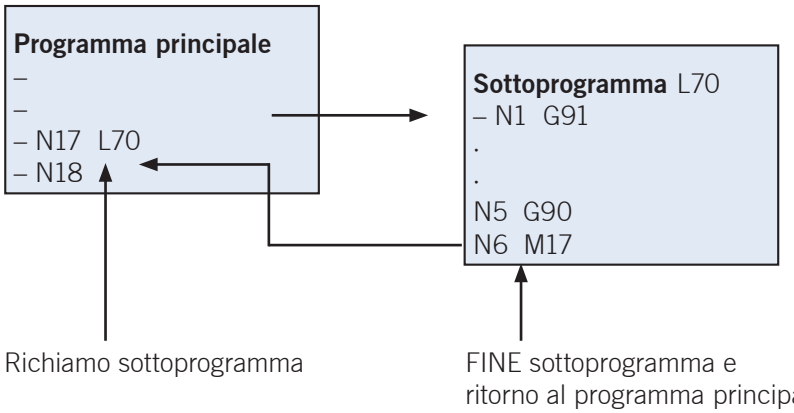
Teoria

Struttura di un programma CNC

Programma principale e sottoprogramma

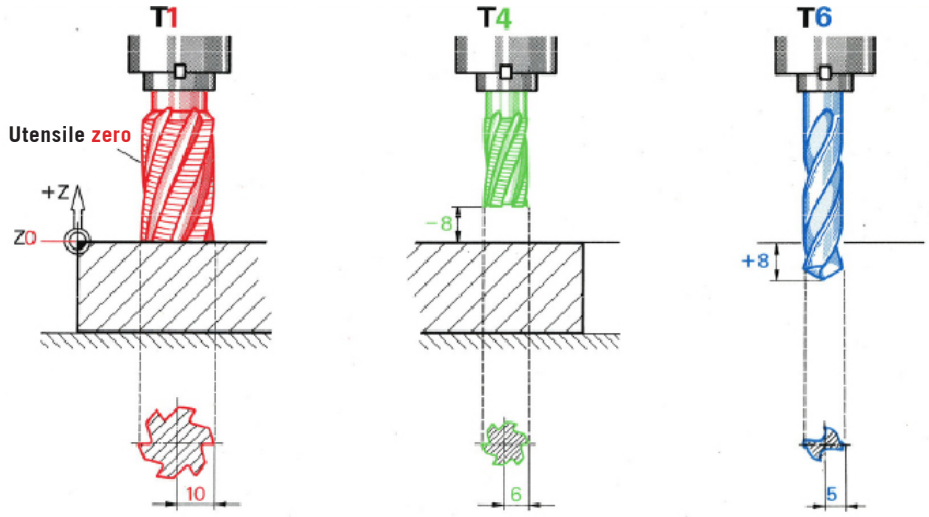
Programma principale:
Il programma principale è costituito da:
– Intestazione programma
– Lavorazione
– Fine programma
Contiene dunque tutti i dati geometrici e tecnologici per l'asportazione dei trucioli.

Sottoprogramma:



Un sottoprogramma non deve mai essere eseguito autonomamente. La sua funzione è quella di ridurre il lavoro di programmazione mediante l'utilizzo di fasi di lavorazione uguali e ricorrenti anche per diversi pezzi.

Correzione dell'utensile
Durante la lavorazione il controllo compensa le quote dell'utensile con le quote del pezzo, in modo da poter programmare il profilo del pezzo indipendentemente dagli utensili utilizzati. Prima è necessario misurare ciascun utensile.



Correzione della lunghezza in direzione Z (G17)

Per quanto restano efficaci le funzioni modali memorizzate (G/F/S)?

SWISSMEM

Teoria

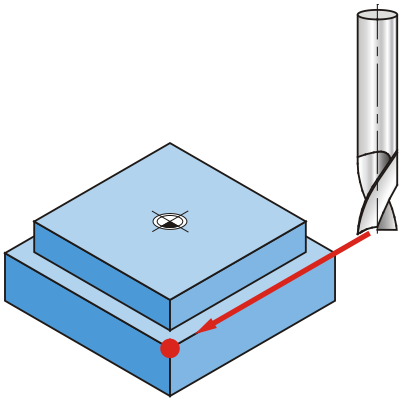
Struttura di un programma CNC

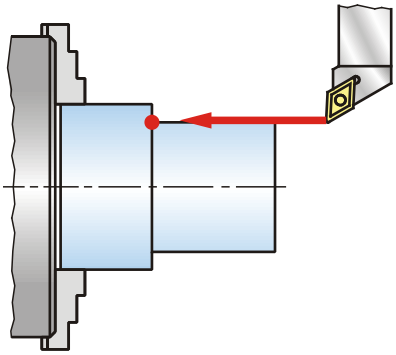
Dall'istruzione di movimentazione alla movimentazione

Le movimentazioni di una macchina utensile CNC vengono eseguite in base alle istruzioni di movimentazione nel controllo CNC.
Per poter raggiungere le posizioni sono necessari i comandi di programma che consentono di raggiungere queste posizioni in corsa rapida, in avanzamento o mediante un movimento circolare.
Una movimentazione in corsa rapida descrive il percorso di una distanza compresa tra A e B con la velocità di avanzamento più elevata possibile. Questo movimento può, ma non deve essere lineare.

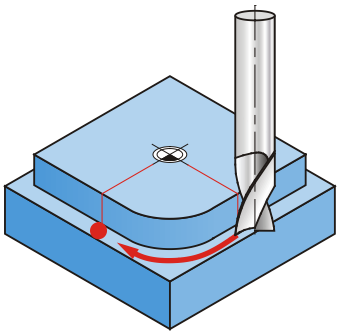
Movimento dell'utensile

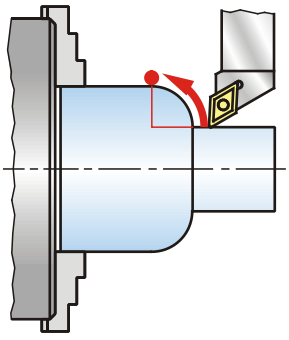
L'utensile può raggiungere qualsiasi punto nello spazio di lavoro della macchina utensile su una linea retta.
Il controllo calcola dalle coordinate del punto di partenza e di arrivo il percorso dell'utensile e il relativo accoppiamento o moto di avanzamento.
Questo movimento viene definito interpolazione rettilinea o lineare.





L'utensile può eseguire un percorso circolare che deve trovarsi in un piano principale.
Il controllo calcola il percorso dell'utensile e il relativo accoppiamento dei moti di avanzamento.
A tale scopo necessita delle coordinate dei punti di partenza, di arrivo e intermedi del cerchio completo o del semicerchio.
Questo calcolo viene definito interpolazione circolare.



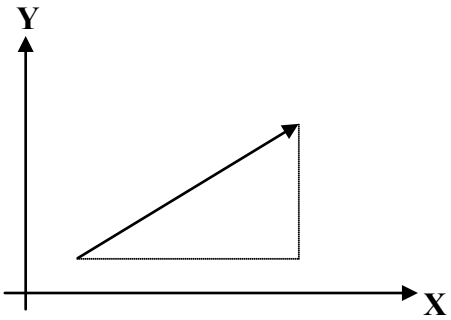


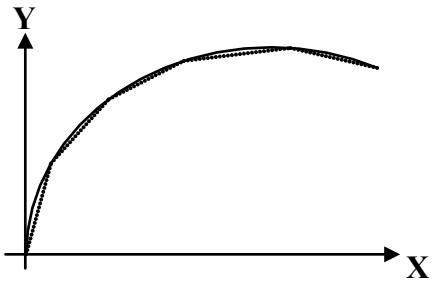
Teoria

Struttura di un programma CNC

Interpolazione

La maggior parte dei controlli moderni sono controlli continui che consentono di controllare contemporaneamente più assi. Questi controlli eseguono l'interpolazione lineare o circolare.





Nel controllo CNC: tracciare una retta, un arco o una curva tra ciascun punto di partenza e di arrivo assegnato ad A e a B.

Il controllo calcola continuamente in base alla formula di interpolazione i valori intermedi attuali per i punti passanti compresi tra P1 e Pn.

Interpolazione lineare: nell'interpolazione lineare il controllo CNC calcola una serie di punti su una linea di collegamento rettilinea tra due posizioni dell'utensile.

Interpolazione circolare: nell'interpolazione circolare il controllo CNC calcola una serie di punti su un percorso circolare desiderato tra due posizioni dell'utensile.

Durante il movimento dell'utensile da punto a punto i movimenti sugli assi vengono regolati in modo che l'utensile non presenti uno scostamento superiore all'ampiezza di tolleranza consentita di questi punti.

Teoria

Struttura di un programma CNC

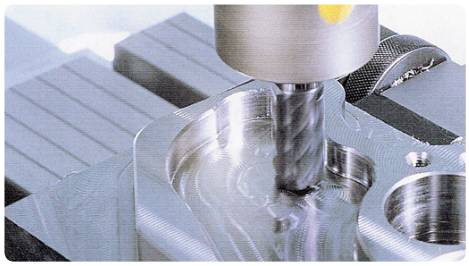
Procedura di programmazione

Nella fresatura e tornitura convenzionali di solito si sa per esperienza come procedere. Invece per parti complesse viene prima considerato in che modo, con quali utensili e quali accessori è necessario eseguire la lavorazione.
Il controllo non è dotato di capacità di apprendimento e non possiede alcuna esperienza, perciò deve ricevere tutte le informazioni necessarie prima dell'inizio della lavorazione.
Per questo motivo è necessario che prima di iniziare la programmazione venga creato un piano di lavoro preciso, ovvero il processo di lavorazione venga suddiviso in singole fasi tradotte poi nel linguaggio di programmazione.
Nel caso si dovesse tralasciare qualcosa, le possibilità di intervento durante lo svolgimento del programma sono molto limitate. Pertanto durante la programmazione si consiglia di attenersi alla seguente procedura:

1. fase: Determinazione dell'origine utensile
2. fase: Determinazione delle coordinate
Programmazione in quotatura assoluta o incrementale?
3. fase: Creazione del piano operativo
Pianificazione dettagliata:
– Percorso di movimentazione
– Avanzamento
– Numero di giri mandrino
– Utensile
– Refrigerante
ecc.
4. fase: Creazione e inserimento del programma
6. fase: Simulazione del programma
7. fase: Esecuzione del programma

Struttura del programma

Il profilo del pezzo viene suddiviso in linee rette ed archi. Nella fase di lavorazione il controllo può eseguire ognuno di questi semplici elementi geometrici del profilo solo in un blocco di programma alla volta. I blocchi vengono inseriti singolarmente nel controllo.



1° blocco
– Spostamento dell'utensile con percorso più breve nel punto P01
– Corsa rapida
– Accensione mandrino
– Coordinate del punto P01

2° blocco
– Spostamento dell'utensile nel punto P02 (fresatura lineare)
– Avanzamento desiderato
– Coordinate del punto P02

3° blocco
– Spostamento dell'utensile con percorso circolare attorno a M1 nel punto P03 (fresatura circolare)
– Avanzamento desiderato
– Coordinate del punto P03
– Coordinate del punto M1

4° blocco
– …
– …

SWISSMEM

Teoria

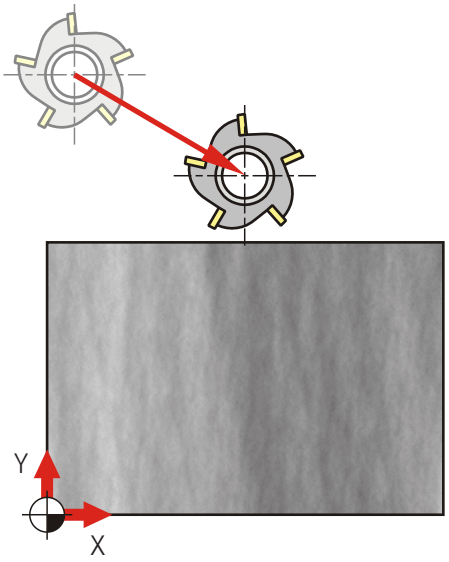
Funzioni di programmazione per la fresatura

Funzione di traiettoria G0 e G1

Corsa rapida G0:
Spostamento della slitta con velocità di corsa rapida nella posizione teorica.

G 0 0

– Inserimento della funzione di traiettoria G0
– **Lunghezza X**: inserimento della posizione teorica in X.
– **Lunghezza Y**: inserimento della posizione teorica in Y.



Il controllo può eseguire i movimenti in corsa rapida anche con mandrino fermo, quindi la macchina esegue nuovamente la movimentazione con l'ultimo avanzamento programmato.

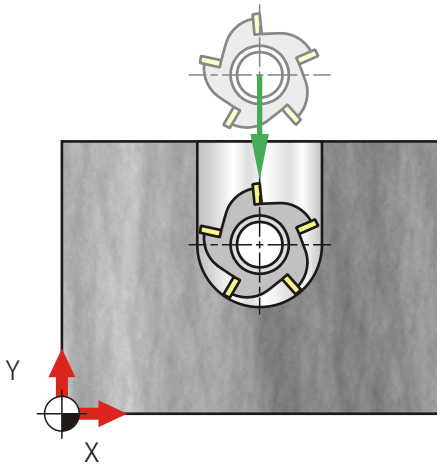
Esempio:

N10 G0 X100 Z–50	L'utensile si sposta contemporaneamente su entrambi gli assi in corsa rapida nel punto X100 Y–50.

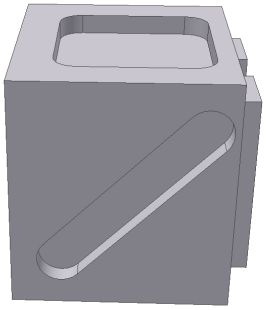
Lineare G1:
Movimentazione dell'utensile su una linea retta, ad esempio per la fresatura di una scanalatura.

G 0 1

– Inserimento della funzione di traiettoria G1
– **Lunghezza X**: inserimento della posizione teorica in X.
– **Lunghezza Y**: inserimento della posizione teorica in Y.

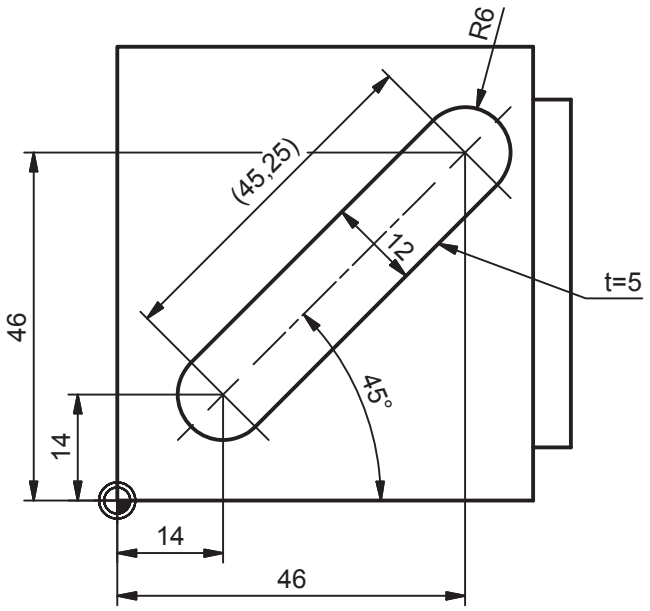


Esercizio — Funzioni di programmazione per la fresatura



1. G1 con programmazione della quota assoluta

In un cubo di alluminio EN AW-6020, di dimensioni 60×60-60 mm, viene eseguita la fresatura di una scanalatura con una fresa HSS da ø12 mm. Indicate le singole fasi e create il programma.



Fasi:	Programma:

Teoria

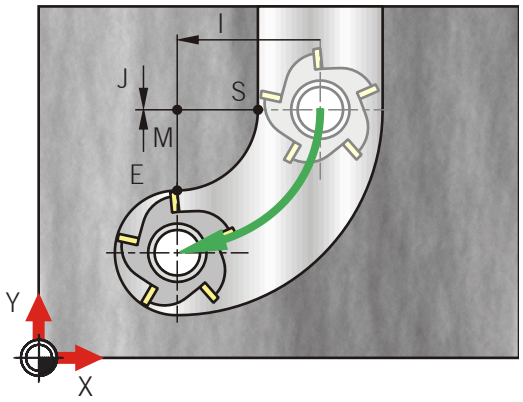
Funzioni di programmazione per la fresatura

Funzione di traiettoria G2

Arco con punto intermedio incrementale in senso orario G2:
movimento dell'utensile con velocità di avanzamento impostata su un arco in senso orario.

G 0 2

– Inserimento della funzione di traiettoria G2
– Punto di partenza S in X e Y
– Punto di arrivo E in X e Y
– Raggio R
– Punto intermedio del cerchio (X) I incrementale
– Punto intermedio del cerchio (Y) J incrementale

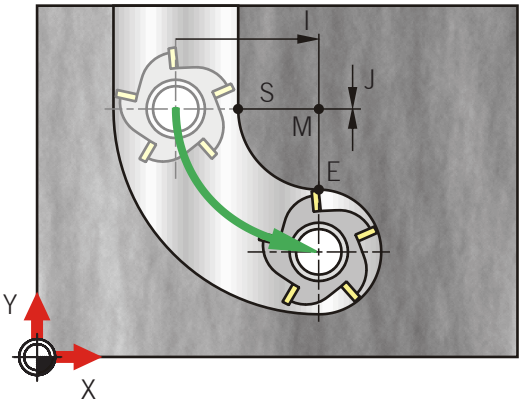


Funzione di traiettoria G3

Arco con punto intermedio incrementale in senso antiorario G3:
movimento dell'utensile con velocità di avanzamento impostata su un arco in senso antiorario.

G 0 3

– Inserimento della funzione di traiettoria G3
– Punto di partenza S in X e Y
– Punto di arrivo E in X e Y
– Raggio R
– Punto intermedio del cerchio (X) I incrementale
– Punto intermedio del cerchio (Y) J incrementale

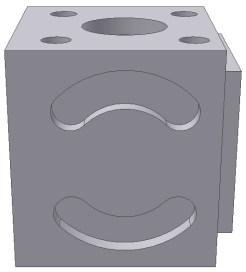


Quando indicate il punto di partenza S e il punto di arrivo E dell'arco, non è più necessaria la programmazione del punto intermedio.

Significato di **I** e **J**:
In base alla posizione del punto intermedio del cerchio **I** e **J** sono positive o negative. Guardate dal punto di partenza **S** parallelamente agli assi delle coordinate in direzione del punto intermedio del cerchio per determinare quanto segue:
– in direzione dell'asse X **I+**
– in direzione opposta all'asse X **I–**
– in direzione dell'asse Z **J+**
– in direzione opposta all'asse Z **J–**
Per la coordinata **I** indicate il valore del raggio.

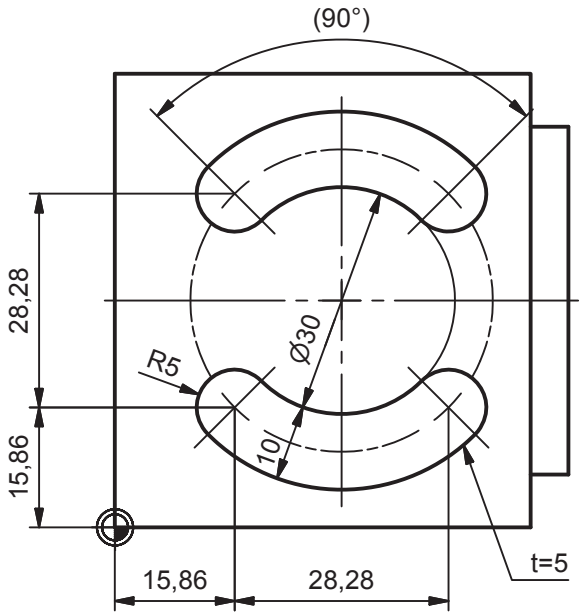
SWISSMEM

Esercizio — Funzioni di programmazione per la fresatura



2. G2 con programmazione della quota incrementale

Nel cubo di alluminio viene eseguita la fresatura di solo due scanalature circolari con una fresa HSS da ø10 mm (scanalatura circolare superiore con G2, scanalatura circolare inferiore con G3). Indicate le singole fasi e create il programma.

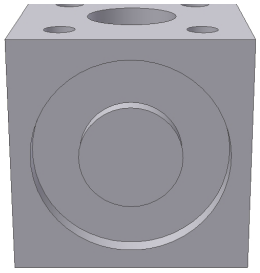


Fasi:	Programma:

SWISSMEM

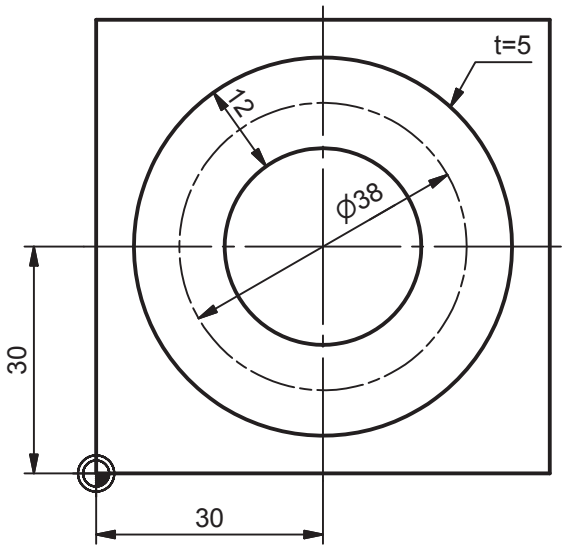
Esercizio

Funzioni di programmazione per la fresatura



3. Lavorazione di una tasca circolare con G3

Sulla terza faccia viene eseguita la fresatura di una tasca circolare con una fresa HSS da ø12 mm. Indicate le singole fasi e create il programma.



Fasi:	Programma:

SWISSMEM

Teoria

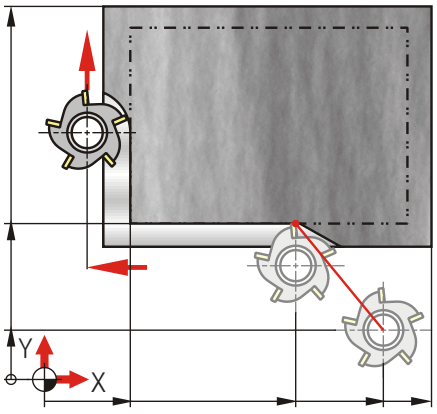
Funzioni di programmazione per la fresatura

Compensazione raggio utensile G40, G41, G42

Compensazione raggio utensile:
Per i passaggi non tangenziali devono essere programmati archi di compensazione. Se questi passaggi non sono ortogonali, è necessario eseguire la lavorazione con funzioni trigonometriche. Le quote del pezzo vengono programmate e il controllo calcola con il rispettivo valore del raggio la traiettoria del punto intermedio della fresa.

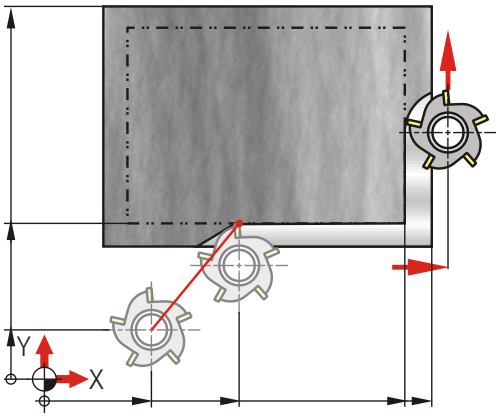
G 4 1

A sinistra del profilo = G41



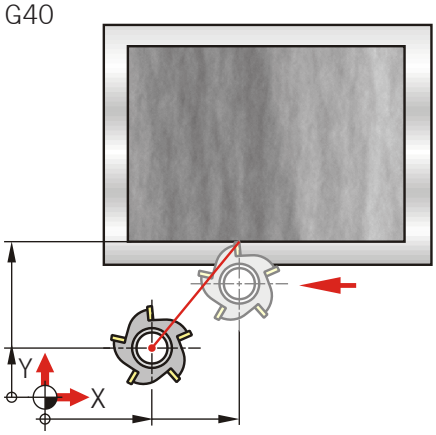
G 4 2

A destra del profilo = G42



G 4 0

Deselezione della compensazione raggio utensile = G40

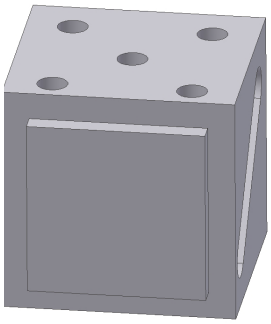


Se vengono utilizzate le funzioni G41 o G42 e G40, per ogni controllo è necessario tenere presenti alcune particolarità, in special modo in merito ai percorsi di avvicinamento e allontanamento:
- L'istruzione G41 o G42 deve essere eseguita prima che venga raggiunto il profilo.
- Il punto, dal quale viene raggiunto il profilo, deve avere una distanza maggiore del raggio della fresa rispetto al profilo.
- L'utensile deve raggiungere il profilo con avanzamento lineare.
- Dopo l'istruzione G40 nel blocco successivo non deve essere programmato alcun movimento G0 sull'asse dell'utensile.
- L'allontanamento dal profilo deve avvenire nel blocco G1.

SWISSMEM

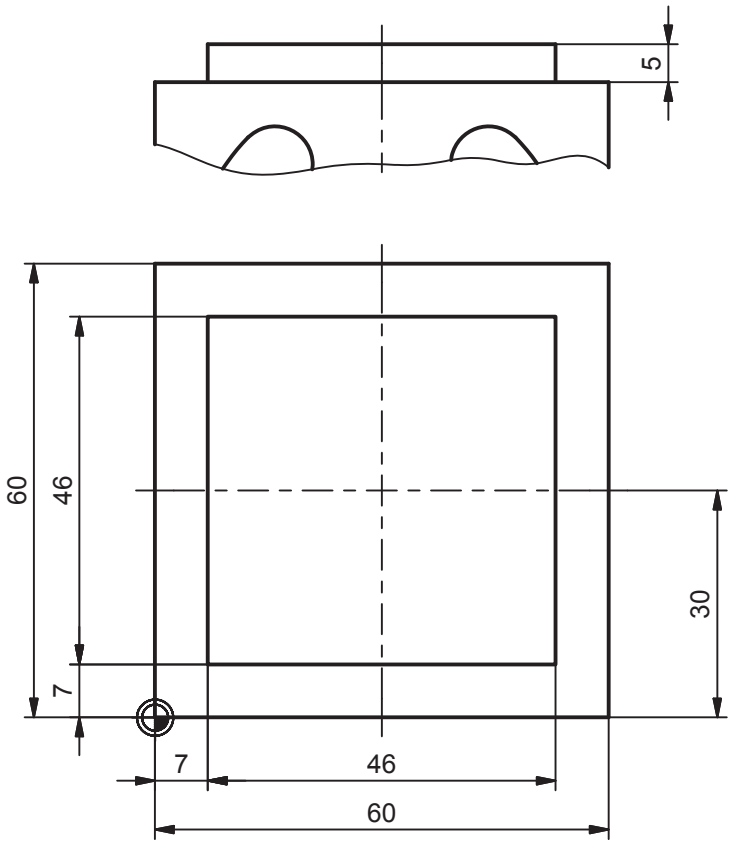
Esercizio

Funzioni di programmazione per la fresatura



4. Lavorazione di una superficie con G41

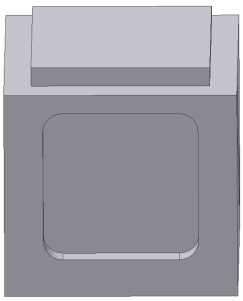
Sulla quarta faccia viene eseguita la fresatura mediante la compensazione raggio utensile e una fresa HSS da ø12 mm. Indicate le singole fasi e create il programma.



Fasi:	Programma:

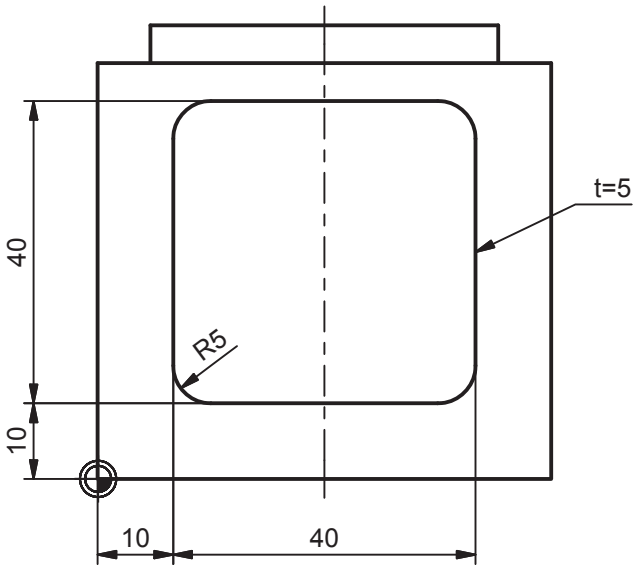
SWISSMEM

Esercizio — Funzioni di programmazione per la fresatura



5. Lavorazione di una superficie con G42

Sulla quinta faccia viene eseguita la fresatura di una tasca con una fresa HSS da ø10 mm. Indicate le singole fasi e create il programma.



Fasi:	Programma:

SWISSMEM

Teoria

Funzioni di programmazione per la fresatura

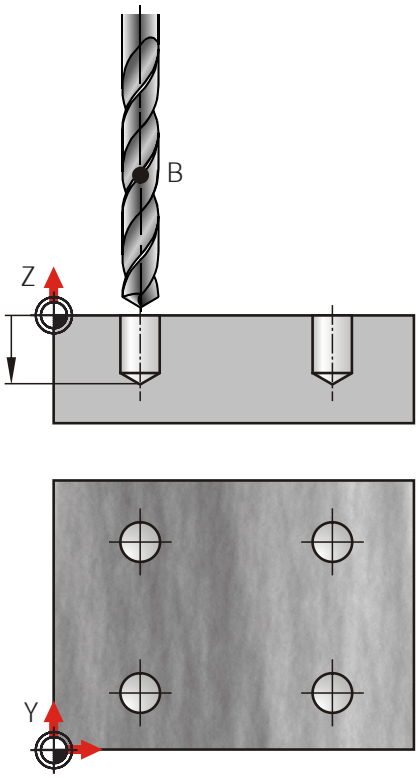
Ciclo di foratura G81

Per semplificare la programmazione, la maggior parte dei controlli per fresatrici contengono dei cicli per le seguenti lavorazioni:
– Foratura di fori profondi
– Maschiatura, alesatura
– Fresatura di incavi, tasche rettangolari e circolari

Indicazioni precise sono riportate nel manuale della macchina fornito dal produttore.

Ciclo di foratura G81 ⇒ foratura semplice:
L'utensile viene fatto avanzare alla profondità Z e infine viene riportato in corsa rapida al piano R o al piano di posizionamento.

G
8 1

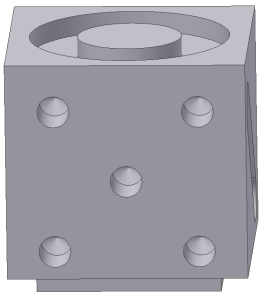


Con il ciclo di foratura e il successivo richiamo del ciclo vengono automatizzate le seguenti attività:
– Raggiungimento posizione Z + B (corsa rapida)
– Raggiungimento posizione X-Y (corsa rapida)
– Abbassamento in B/4 (corsa rapida)
– Immersione conforme alla profondità di immersione Z
– Uscita in B/4
– Risalita alla distanza di ritorno B (corsa rapida)

Esempio:

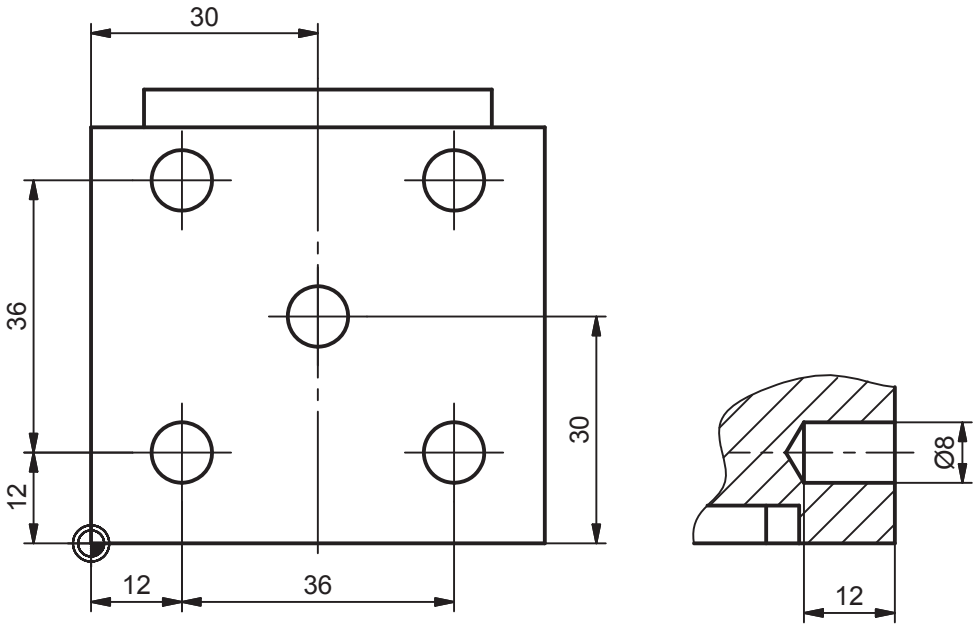
G81 Ciclo di foratura	X0,5 Tempo di sosta	Y2 Distanza di sicurezza	Z-20 Profondità di foratura	M3 Direzione di rotazione

Esercizio — Funzioni di programmazione per la fresatura



6. Foratura con ciclo di foratura G81

Sull'ultima faccia vengono infine eseguiti ancora 5 fori con una punta HSS da ø8 mm. Indicate le singole fasi e create il programma.



Fasi:	Programma:

SWISSMEM

Teoria

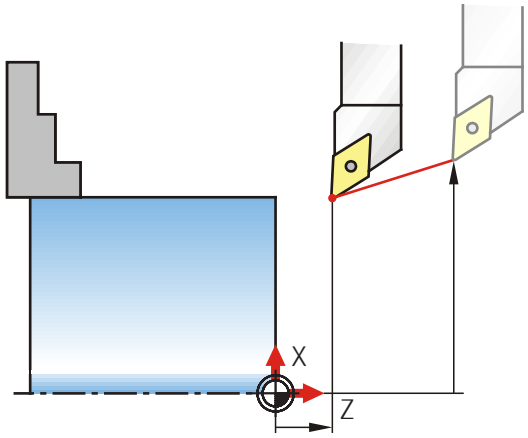
Funzioni di programmazione per la tornitura

Funzione di traiettoria G0 e G1

Corsa rapida G0:
Spostamento della slitta con velocità di corsa rapida nella posizione teorica.

G 0 0

– Inserimento della funzione di traiettoria G0
– **Lunghezza Z**: inserimento della posizione teorica in Z.
– **Diametro X**: inserimento della posizione teorica in X.



Il controllo può eseguire i movimenti in corsa rapida anche con mandrino fermo, quindi la macchina esegue nuovamente la movimentazione con l'ultimo avanzamento programmato.

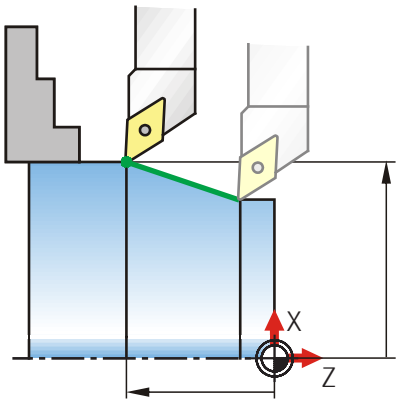
Esempio:

N10 G0 X100 Z–50	L'utensile si sposta contemporaneamente su entrambi gli assi in corsa rapida nel punto X100 Z–50.

Lineare G1:
Movimentazione dell'utensile su una linea retta, ad esempio per la tornitura di un cilindro o di un cono.

G 0 1

– Inserimento della funzione di traiettoria G1
– **Lunghezza Z**: inserimento della posizione teorica in Z.
– **Diametro X**: inserimento della posizione teorica in X.



SWISSMEM

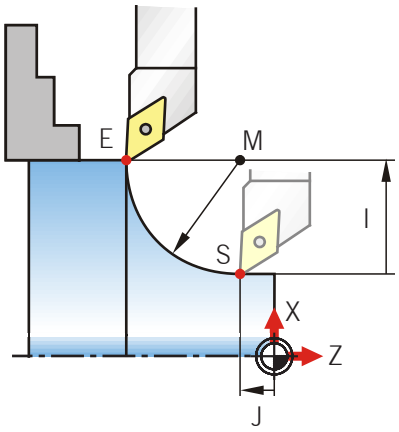
Teoria — Funzioni di programmazione per la tornitura

Funzione di traiettoria G2

Arco con punto intermedio incrementale in senso orario G2:
movimento dell'utensile con velocità di avanzamento impostata su un arco in senso orario.

G 0 2

– Inserimento della funzione di traiettoria G2
– Punto di partenza S in X e Z
– Punto di arrivo E in X e Z
– Raggio R
– Punto intermedio del cerchio (K) I incrementale
– Punto intermedio del cerchio (Z) J incrementale

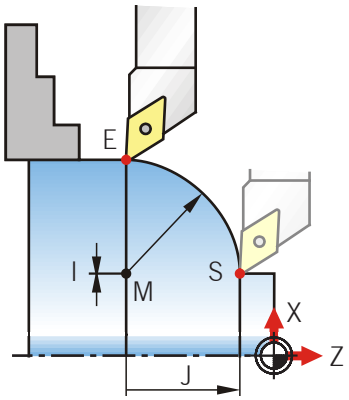


Funzione di traiettoria G3

Arco con punto intermedio incrementale in senso antiorario G3:
movimento dell'utensile con velocità di avanzamento impostata su un arco in senso antiorario.

G 0 3

– Inserimento della funzione di traiettoria G3
– Punto di partenza S in X e Z
– Punto di arrivo E in X e Z
– Raggio R
– Punto intermedio del cerchio (K) I incrementale
– Punto intermedio del cerchio (Z) J incrementale



Quando indicate il punto di partenza e il punto di arrivo dell'arco, non è più necessaria la programmazione del punto intermedio.

Significato di **I** e **J**:
In base alla posizione del punto intermedio del cerchio **I** e **J** sono positive o negative. Guardate dal punto di partenza **S** parallelamente agli assi delle coordinate in direzione del punto intermedio del cerchio per determinare quanto segue:
– in direzione dell'asse X **I+**
– in direzione opposta all'asse X **I–**
– in direzione dell'asse Z **J+**
– in direzione opposta all'asse Z **J–**
Per la coordinata **I** indicate il valore del raggio.

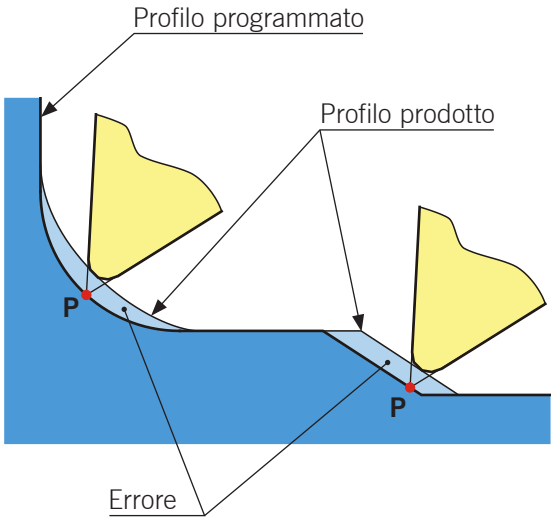
SWISSMEM

Teoria

Funzioni di programmazione per la tornitura

Compensazione raggio utensile (CRT)
G41, G42

Correzione traiettoria utensile con compensazione raggio utensile G41, G42:
Durante la programmazione vengono indicati i punti di arrivo Z ed X che devono essere raggiunti dall'utensile. Il punto del tagliente utensile P coincide all'uscita del programma con le coordinate programmate. In caso di movimentazioni non parallele agli assi le compensazioni del profilo derivano dal raggio del tagliente. Queste compensazioni vengono evitate quando viene attivata la compensazione raggio utensile (CRT) mediante le condizioni del percorso G41 e G42.

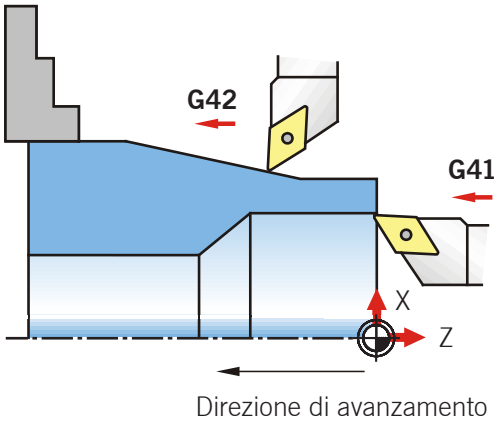


G 4 1

G41: l'utensile si trova a sinistra del profilo, visto nella direzione di avanzamento

G 4 2

G42: l'utensile si trova a destra del profilo, visto nella direzione di avanzamento



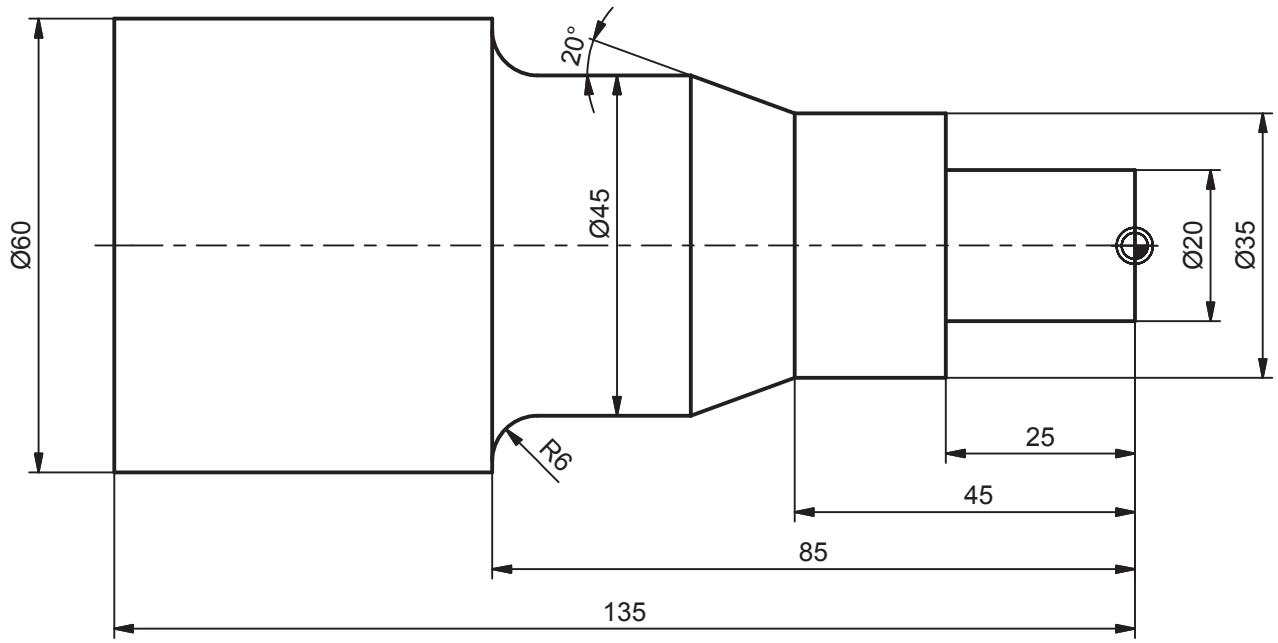
G 4 0

G40: annulla la compensazione raggio utensile (CRT).

Esercizio — Funzioni di programmazione per la tornitura

1. G1, G2, G41, G42 con programmazione della quota assoluta

Eseguite la tornitura dell'albero e indicate le singole fasi, quindi create il programma.



Fasi:	Programma:

SWISSMEM

Attività/Teoria

Fresatrice CNC



- **Preparazione e manutenzione delle fresatrici CNC (vedere il capitolo Manutenzione a pag. 209)**
- **Applicazione della tecnologia di programmazione CNC alla fresatura (vedere il capitolo Tecnica CNC a pag. 215)**
- **Utilizzo degli utensili di fresatura e dei dispositivi di serraggio per le macchine CNC**
- **Fresatura di pezzi con metodo CNC**

Documenti di fabbricazione

La base per il vostro ordine di lavorazione sono i documenti di fabbricazione
Con documenti di fabbricazione si intendono tutti quei documenti che sono necessari per la produzione di singoli componenti, componenti in serie e gruppi.



1. Solitamente i documenti di fabbricazione sono:

Piano operativo

Le fasi di lavorazione riportate nel piano operativo si basano sulla vostra competenza in merito a procedimenti di lavorazione, nozioni sugli utensili e sulle macchine. Tutte le considerazioni relative alle possibilità di lavorazione con relativi vantaggi e svantaggi rientrano nel piano operativo accompagnate dalla decisione corrispondente. Pertanto questi fattori di influenza non sono direttamente individuabili dal piano operativo creato. Questi fattori sono:

- Metodi di lavorazione
- Varianti all'interno del procedimento selezionato
- Numero dei pezzi
- Scelta della macchina
- Nozioni sulla macchina
- Scelta dell'utensile
- Dati tecnologici
- Refrigerazione
- Serraggio dell'utensile
- Serraggio del pezzo
- Programmazione
- Preimpostazioni dell'utensile
- Determinazione dell'origine

Denominazione:		N. ordine:		Data:			
N. disegno:		Materiale:		Firma:			
N.	**Fase di lavorazione**	**Macchina**	**Utensile**	**Numero di giri**	**Avanza-mento**	**Tempo**	**eseg.**

SWISSMEM

Teoria

Fresatrice CNC

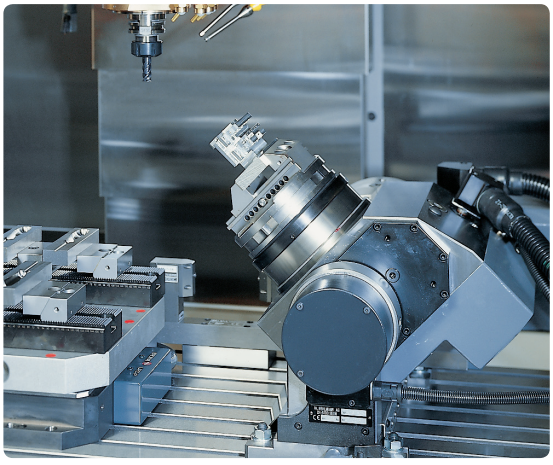
Centro di lavoro

Per i lavori di fresatura CNC sono disponibili diverse tipologie di macchine.
La disposizione come anche il numero degli assi dipendono da diversi fattori quali:
– Produzione di singoli componenti/componenti in serie
– Complessità del pezzo
– Dimensione e materiale



Divisore/Testa orientabile

La fresatrice a 3 assi illustrata nella figura precedente può essere equipaggiata con divisore/testa orientabile CNC opzionale a 5 assi.



Teoria

Fresatrice CNC

Supporto cambiautensili

Il cambio utensile viene eseguito automaticamente sul centro di lavoro CNC. Per questo motivo il mandrino di lavoro è dotato di un sistema di serraggio utensile a comando idraulico o pneumatico. Gli utensili sono collocati in un magazzino utensili. L'utensile viene montato nel mandrino di lavoro con l'ausilio di una pinza doppia oppure il mandrino di lavoro preleva l'utensile direttamente dal magazzino (pick-up).



Cambio utensile con pinza doppia

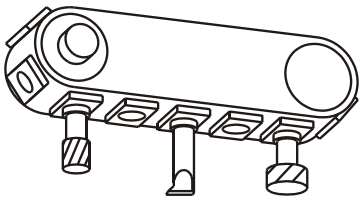


Cambio utensile con procedimento di pick-up

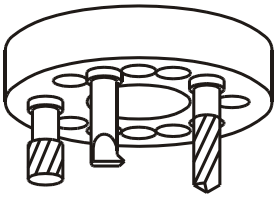
2. Tracciate l'asse orientabile del supporto cambiautensili con pinza doppia nell'immagine in alto (a sinistra).

Magazzini utensili

Come magazzini utensili vengono utilizzati i magazzini a catena o a tamburo.



Magazzino a catena



Magazzino a tamburo rastrelliera

Alloggiamento utensili

Le macchine CNC necessitano di un numero elevato di portautensili rispetto alle macchine utensili convenzionali.
Gli alloggiamenti utensili devono essere adatti alle moderne macchine CNC e soddisfare le seguenti esigenze:

- Serraggio estremamente preciso di utensili per fresatura e foratura di ogni tipo. Tolleranze di concentricità < 0,005 mm.
- Elevata qualità di equilibratura per le macchine con mandrini ad elevata velocità di rotazione. Qualità di equilibratura G2,5 con numero di giri massimo del mandrino.
- Trasmissione della coppia conforme alla potenza del mandrino.
- Elevata precisione di ripetibilità con cambio utensili automatico, < 0,002 mm.
- Equipaggiamento per alimentazione del refrigerante attraverso il centro del mandrino (alimentazione interna del refrigerante).
- Utilizzo rapido e sicuro.

Teoria

Fresatrice CNC

Tipi di alloggiamenti utensili
Per gli utensili per foratura e fresatura è ampiamente diffuso l'utilizzo dell'attacco conico "SK" a norma.

Attacco conico "SK"

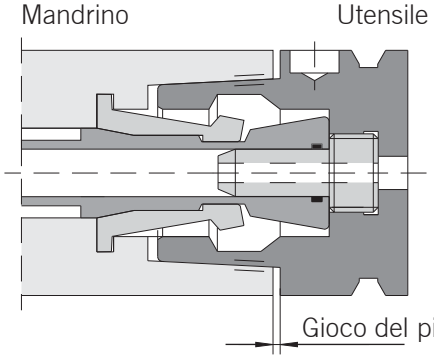


Nei centri di lavoro CNC ad elevato numero di giri viene sempre più utilizzato il cono a stelo cavo "HSK".
Ad un numero di giri elevato il mandrino si allarga grazie alla forza centrifuga. Il classico attacco conico (SK) può essere inserito più in profondità nel mandrino e bloccarsi.

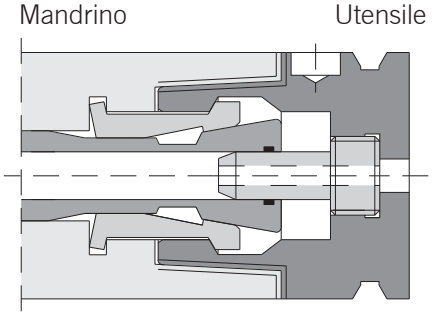
Denominaz.	Immagine	Vantaggio	Svantaggio
Attacco conico DIN 69871-A		– conveniente – ampiamente diffuso	– nessuna superficie di contatto planare – dimensioni elevate – ridotta forza di innesto
HSK A/C		– preciso, superficie di contatto planare – elevata rigidità – elevata trasmissione della coppia – elevata precisione	– 6 diverse norme – adatto solo per la tornitura – montaggio frontale, ovvero il tagliente della fresa è lontano dalla testa portamandrino ⇒ riduzione della stabilità
Capto ISO 26622		– preciso, superficie di contatto planare – ad accoppiamento geometrico, solo 1 norma – adatto anche per la tornitura	– costoso – poco diffuso

Principio di funzionamento dell'interfaccia HSK

Posizione di assemblaggio



Situazione di serraggio



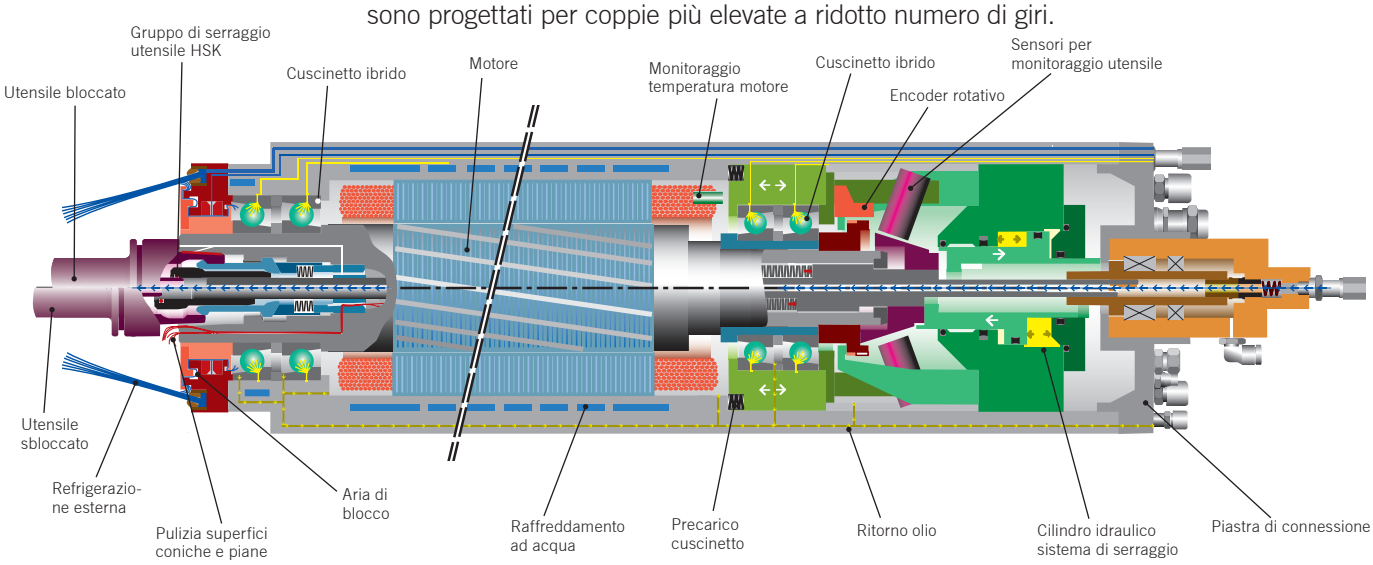
SWISSMEM

Teoria

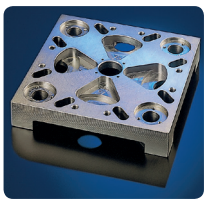
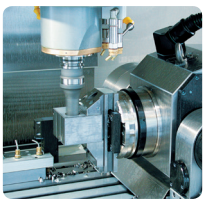
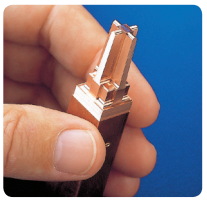
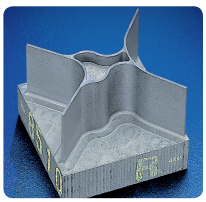
Fresatrice CNC

Motore del mandrino principale

Come motori del mandrino principale possono essere impiegati sia i motori a corrente continua (DC) sia i motori a corrente alternata (AC). Principalmente vengono tuttavia utilizzati i motori asincroni controllati AC. Il tipo costruttivo del mandrino principale e l'intervallo del numero di giri possono essere diversi a seconda dei settori di impiego della macchina. Le macchine con mandrino motorizzato (mandrino e motore di azionamento ⇒ Monobloc) raggiungono un numero di giri molto elevato in funzione della dimensione del portautensili. I mandrini con trasmissione a ingranaggi/trasmissione a cinghia dentata sono progettati per coppie più elevate a ridotto numero di giri.



Intervallo numero di giri

Intervallo numero di giri	Applicazioni		
– **20 000 min^{-1}** Adatto per la maggior parte delle applicazioni, combinazione ideale di numero di giri e coppia	 Acciaio 200×200	 Acciaio tempr. 240×164	 Punta ad inserti ø40
– **36 000 min^{-1}** Consente l'impiego di piccoli utensili o di avanzamenti elevati	 Rame 130×80	 Acciaio tempr. 290×220	 Rame 15×15
– **42 000 min^{-1}** Adatto per pochissime applicazioni, coppia ridotta	 Grafite 50×50	 Ottone ø50	 Punta elicoidale ø0,2

2. Quale relazione esiste tra il numero di giri e la coppia?

SWISSMEM

Teoria

Fresatrice CNC

Possibile esecuzione di un lavoro di fresatura

1. Preparazione della lavorazione
1.1 Studio e comprensione del disegno, determinazione dell'origine pezzo, parallelismo, angolarità, tolleranze, numero di serraggi, tolleranza ISO 2768-mk, smusso, raggi non quotati, procedura
1.2 Gestione del tempo (cosa viene eseguito quando, termine di consegna)
1.3 Determinazione del materiale (richieste per il materiale?)
1.4 Ordine del materiale
1.5 Piano operativo, creazione della lista utensili
1.6 Scelta degli utensili ed eventuale acquisto
1.7 Controllo delle quote grezze (angolarità e rispetto delle quote, smussi)

2. 2.Preparazione della macchina, scelta dei dispositivi di serraggio
2.1 Centraggio del componente da lavorare (comparatore)
2.2 Determinazione dell'origine (tastatore 3D, Centrofix)
2.3 Misurazione degli utensili (lunghezza e raggio)

3. Creazione del programma
3.1 Determinazione delle coordinate, programmazione in assoluta o incrementale?
3.2 Creazione del programma
3.3 Simulazione del programma

4. Produzione del pezzo
4.1 Esecuzione del programma (avvio asportazione trucioli)
4.2 Controllo del primo pezzo

5. Ottimizzazione del programma

6. Consegna al cliente

SWISSMEM

Teoria

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

1. Studiate i disegni della morsa a vite "Gressel" per la lavorazione dei singoli componenti. La base deve essere lavorata su una fresatrice CNC.



Creazione di un **possibile** piano operativo

Determinate le possibilità di serraggio nonché gli utensili necessari prendendo in considerazione i relativi vantaggi e svantaggi. In base alla vostra scelta dei dispositivi di fissaggio e degli utensli, quali problemi devono essere tenuti in considerazione?



Scegliete gli utensili tra quelli a vostra disposizione oppure scegliete gli utensili dalle liste utensili riportate da pagina 270 a pagina 273.

SWISSMEM

Teoria

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

Piano operativo: fresatura CNC

Fase PO	Possibilità	Scelta effettuata	Motivazione	Resp.

Teoria

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

Misurazione dell'utensile

Durante la lavorazione il controllo compensa il raggio e la lunghezza dell'utensile con le quote programmate del pezzo, in modo da poter programmare il profilo del pezzo indipendentemente dagli utensili utilizzati. Prima è necessario misurare ciascun utensile. Durante la misurazione degli utensili si tratta dunque di misurare con precisione la distanza esistente tra il tagliente dell'utensile e un punto fisso sul gambo dell'utensile.

Solitamente si fa una distinzione in
– misurazione esterna dell'utensile
– misurazione interna dell'utensile

Misurazione esterna dell'utensile mediante macchina per la preregolazione degli utensili
L'utensile viene misurato con il portautensile all'esterno della macchina, quindi i dati vengono inseriti nel controllo CNC e assegnati al corrispondente spazio di memoria dell'utensile. Al richiamo dell'utensile dalla macchina questi dati vengono richiamati dalla memoria utensile ed elaborati.



Misurazione dell'utensile integrata nella macchina di lavorazione
La misurazione dell'utensile integrata nella macchina di lavorazione consente una misurazione rapida e senza contatto con l'impiego di un sistema laser. Già per gli utensili più piccoli a partire da ø0,3 mm è possibile eseguire una misurazione precisa della lunghezza e del diametro compresa nel millesimo, sia con l'utensile fermo che in rotazione. I valori di misura rilevati vengono salvati direttamente nella memoria centrale dell'utensile del controllo CNC.
Il sistema controlla inoltre l'usura dell'utensile. In caso di rottura dell'utensile il processo di lavorazione viene interrotto oppure, in caso di turni notturni o festivi non sorvegliati, nel supporto cambiautensili viene richiesto un utensile gemello (sostitutivo), se presente.



SWISSMEM

Teoria

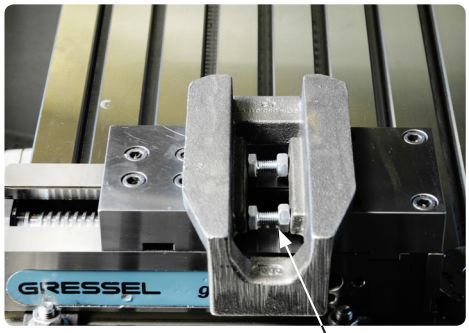
Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

Serraggio del pezzo

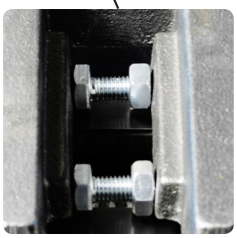
2. Quali possibilità di serraggio avete per la lavorazione della base?

Soluzione scelta:
Morsa manuale, perché universale, veloce ed economica.



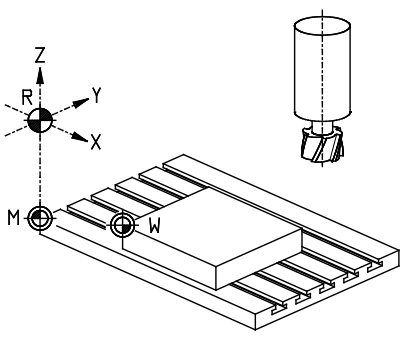


Grazie a martinetti illustrati in figura si impedisce che il pezzo venga schiacciato durante il serraggio della morsa manuale.



Origine pezzo

Con l'origine macchina **M** ed eventualmente con il punto di riferimento **R** il controllo CNC effettua il controllo sugli assi della macchina, senza però sapere ancora dove il pezzo corrente è posizionato nello spazio di lavoro.
Il controllo CNC ottiene questa informazione con **l'origine pezzo W**. che determina anche l'origine del sistema di coordinate pezzo. Infine offre il vantaggio di non dover immettere i dati geometrici del pezzo riferiti all'origine macchina M o al punto di riferimento R, bensì a un'origine selezionabile liberamente che spesso deriva dalla quotatura nel disegno del pezzo in riferimento all'origine pezzo.



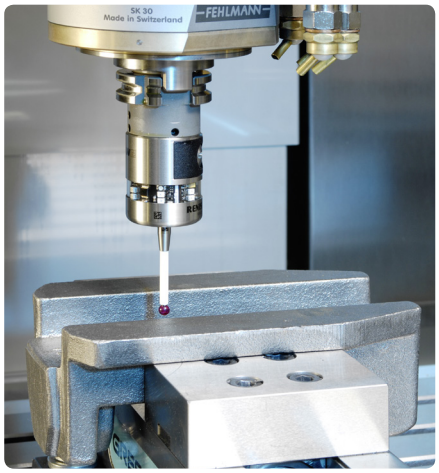
Nelle fresatrici CNC viene selezionato un angolo più esterno e ben accessibile del pezzo lavorato.

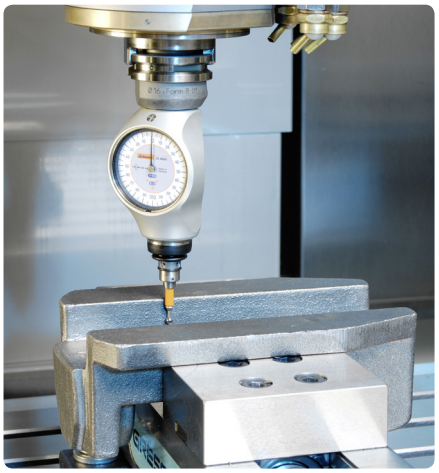
SWISSMEM

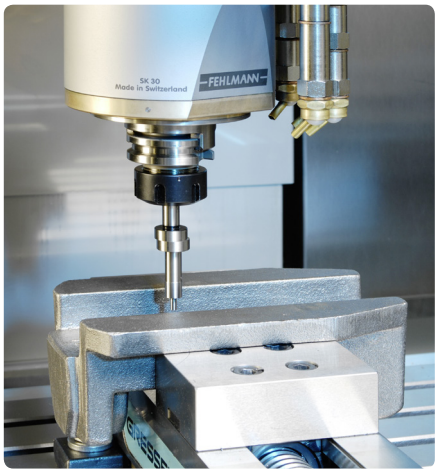
Teoria

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

3. Denominate i seguenti sistemi di misurazione.

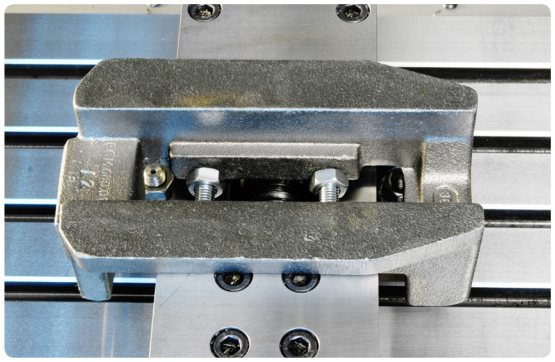






Lavorazione della base

Problema:
– Sgrossatura e finitura della base
– Sgrossatura e finitura dell'incavo



Soluzione scelta:
Fresa a spianare per sgrossatura e finitura



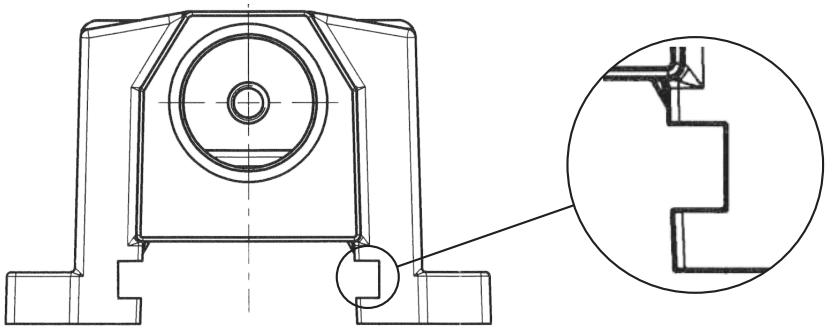
3. Consultate i vostri cataloghi utensili e studiate gli inserti con le relative denominazioni.

SWISSMEM

Teoria

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

Lavorazione dell'incavo



4. Per realizzare l'incavo avete a disposizione i seguenti utensili.
Quali sono i **vantaggi** e gli **svantaggi** degli utensili raffigurati?



Vantaggi:

Svantaggi:

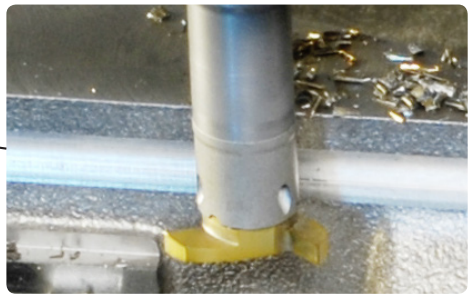


Vantaggi:

Svantaggi:

Soluzione scelta:





SWISSMEM

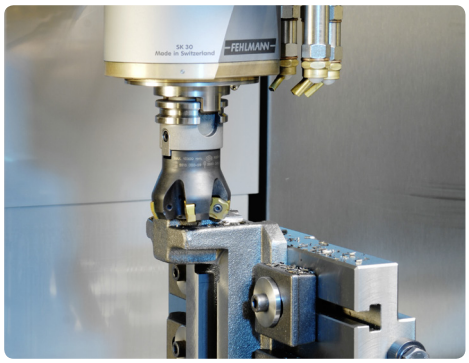
Teoria

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

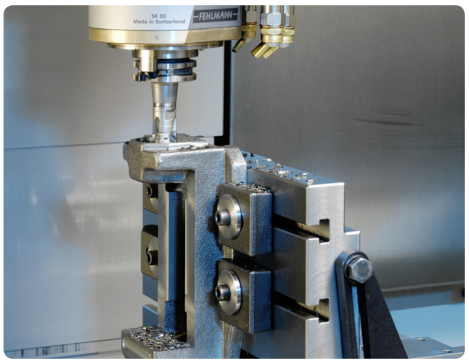
Realizzazione del foro da ø30H7 e da ø36,5

Per la realizzazione del foro sono possibili i seguenti procedimenti:
– Fresa a spianare
– Foratura, barenatura
– Fresatura circolare

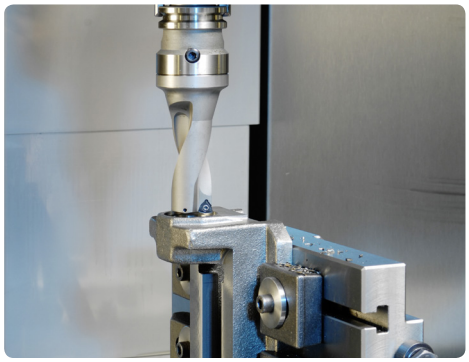
Fresatura a spianare:



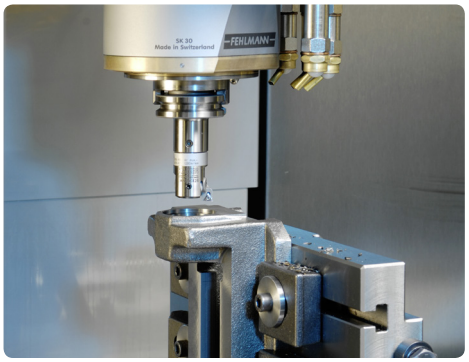
Fresatura circolare del foro (interpolazione circolare X, Y con spostamento sincrono dell'asse Z):



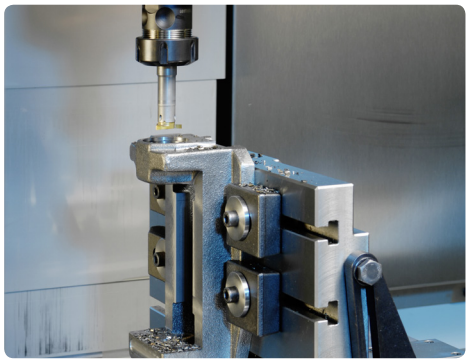
Allargamento:

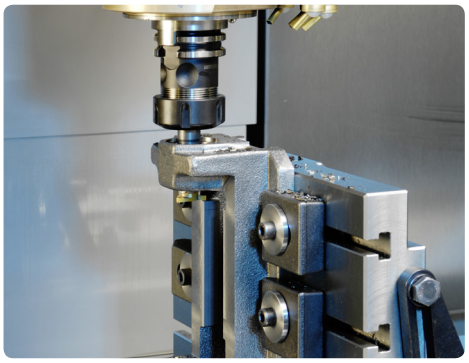


Barenatura:



Fresatura gola di scarico:



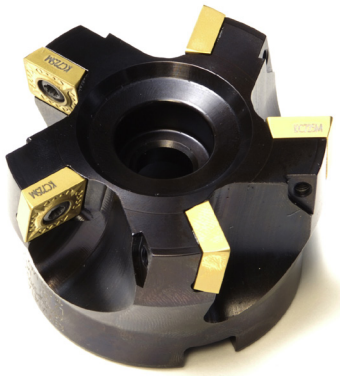


5. Determinate gli utensili e i relativi dati tecnologici se dovete alesare a mano il foro.

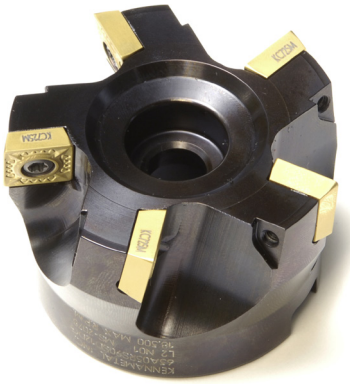
SWISSMEM

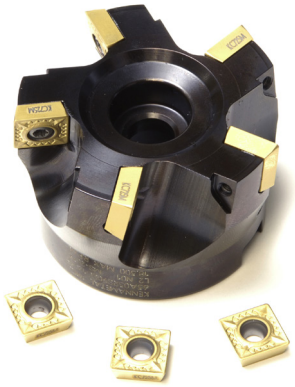
Liste utensili

















Liste utensili

















SWISSMEM

Liste utensili

















Liste utensili



















Annotazioni

Attività/Teoria

Tornio CNC



- **Preparazione e manutenzione delle macchine per tornire CNC (vedere il capitolo Manutenzione a pag. 209)**
- **Applicazione della tecnica di programmazione CNC alla tornitura (vedere il capitolo Tecnica CNC a pag. 215)**
- **Utilizzo degli utensili di tornitura e dei dispositivi di serraggio per le macchine CNC**
- **Tornitura interna ed esterna dei pezzi con metodo CNC**

Documenti di fabbricazione

La base per il vostro ordine di lavorazione sono i documenti di fabbricazione
Con documenti di fabbricazione si intendono tutti quei documenti che sono necessari per la produzione di singoli componenti, componenti in serie e gruppi.



1. Solitamente i documenti di fabbricazione sono:

Piano operativo

Le fasi di lavorazione riportate nel piano operativo si basano sulla vostra competenza in merito a procedimenti di lavorazione, nozioni sugli utensili e sulle macchine.
Tutte le considerazioni relative alle possibilità di lavorazione con relativi vantaggi e svantaggi rientrano nel piano operativo accompagnate dalla decisione corrispondente. Pertanto questi fattori di influenza non sono direttamente individuabili dal piano operativo creato. Questi fattori sono:

- Metodi di lavorazione
- Varianti all'interno del procedimento selezionato
- Numero dei pezzi
- Scelta della macchina
- Nozioni sulla macchina
- Scelta dell'utensile
- Dati tecnologici
- Refrigerazione
- Serraggio dell'utensile
- Serraggio del pezzo
- Programmazione
- Preimpostazioni dell'utensile
- Determinazione dell'origine

Denominazione:		N. ordine:		Data:			
N. disegno:		Materiale:		Firma:			
N.	**Fase di lavorazione**	**Macchina**	**Utensile**	**Numero di giri**	**Avanza-mento**	**Tempo**	**eseg.**

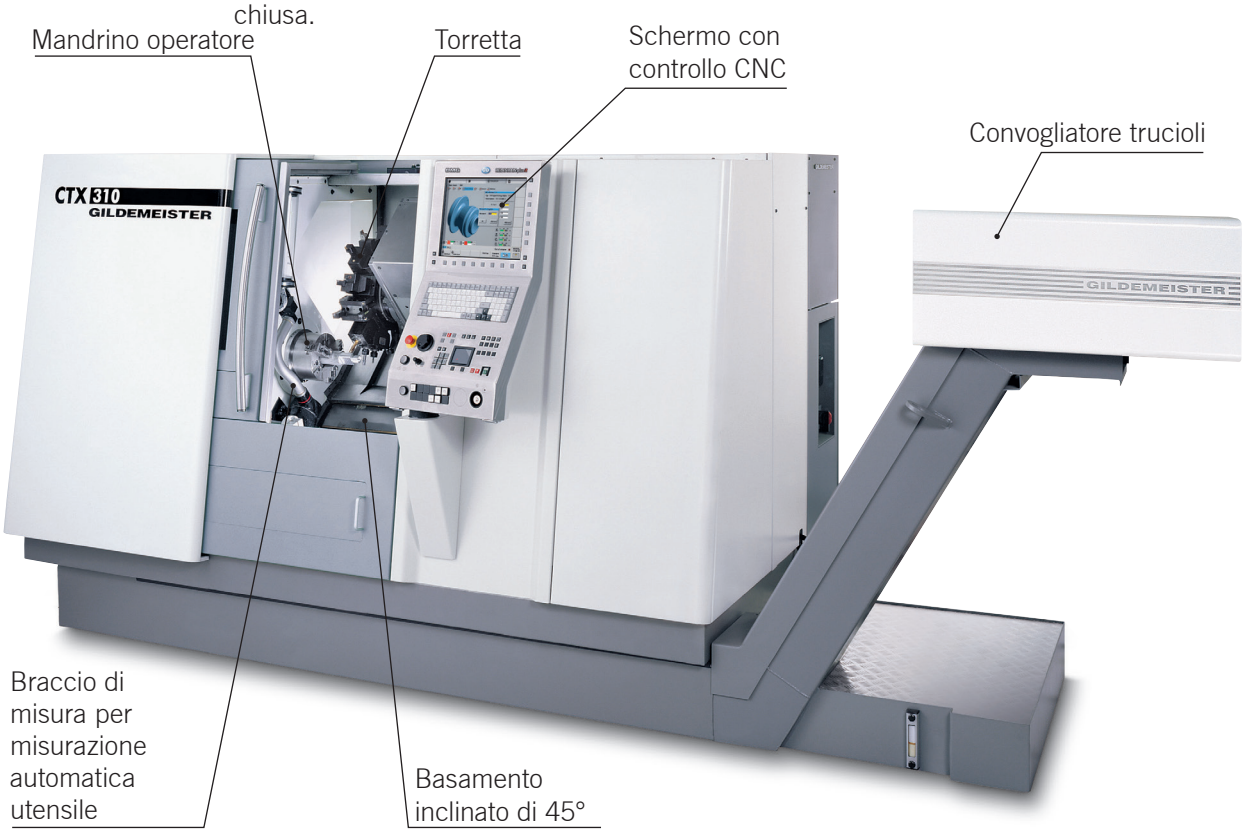
SWISSMEM

Teoria

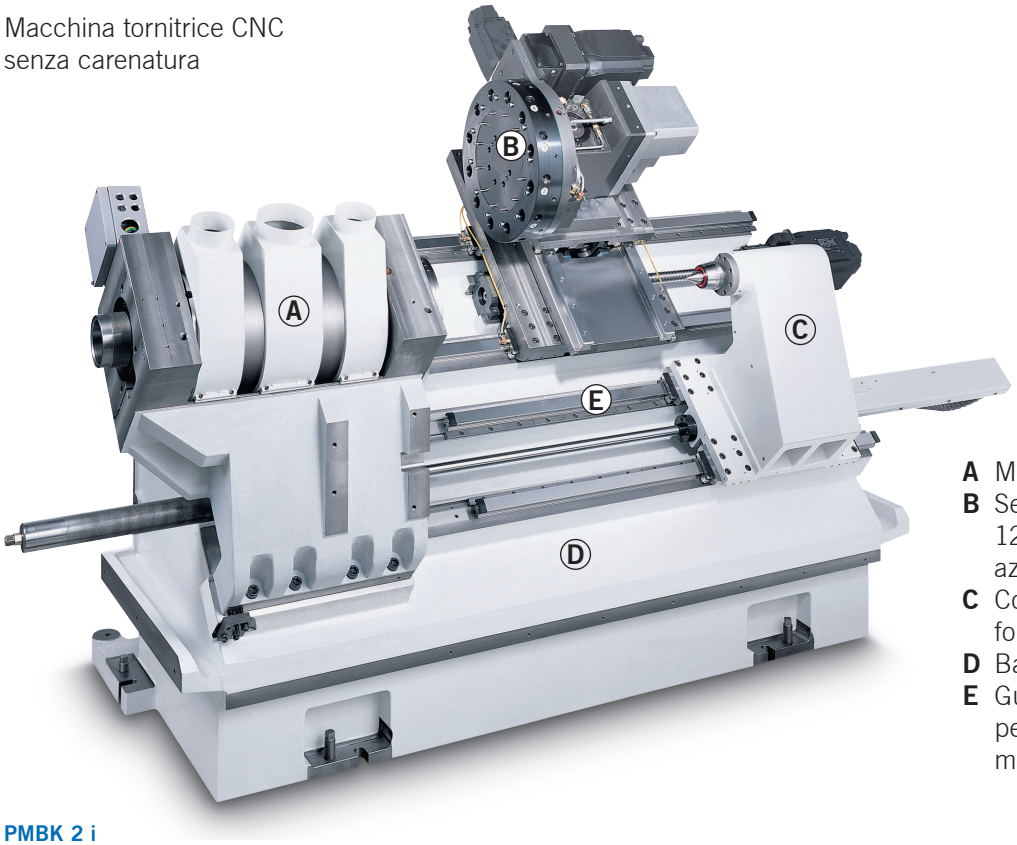
Tornio CNC

Tornio CNC

Al fine di proteggere l'operatore della macchina da lesioni causate dalle parti in movimento della macchina, dai trucioli o dai pezzi, le macchine per tornire CNC sono provviste di una carenatura integrale. La porta scorrevole con finestra integrata è dotata di un sistema di sicurezza, in modo che la macchina entri in funzione solo a porta chiusa.



Macchina tornitrice CNC senza carenatura

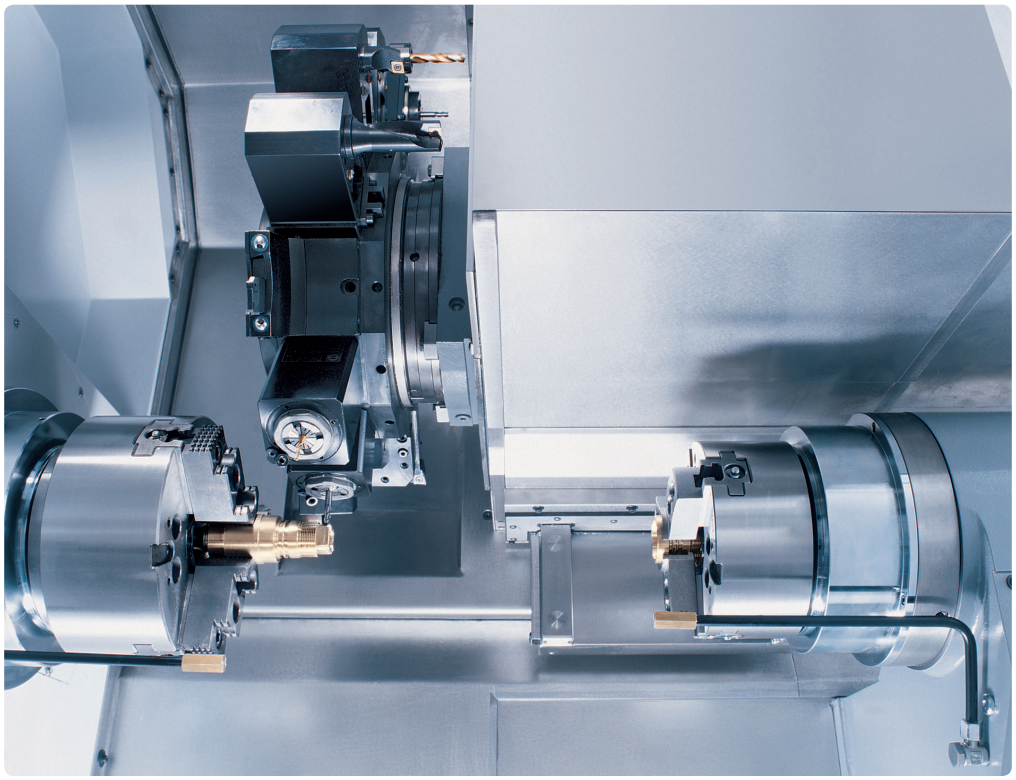


A Motore mandrino integrato
B Servotorretta VDI con 12 stazioni utensili (tutte con azionamento utensile opzionale)
C Contropunta fino a 12 000 N di forza di avanzamento
D Bancale della macchina
E Guida lineare sugli assi X e Z per un'elevata dinamica della macchina

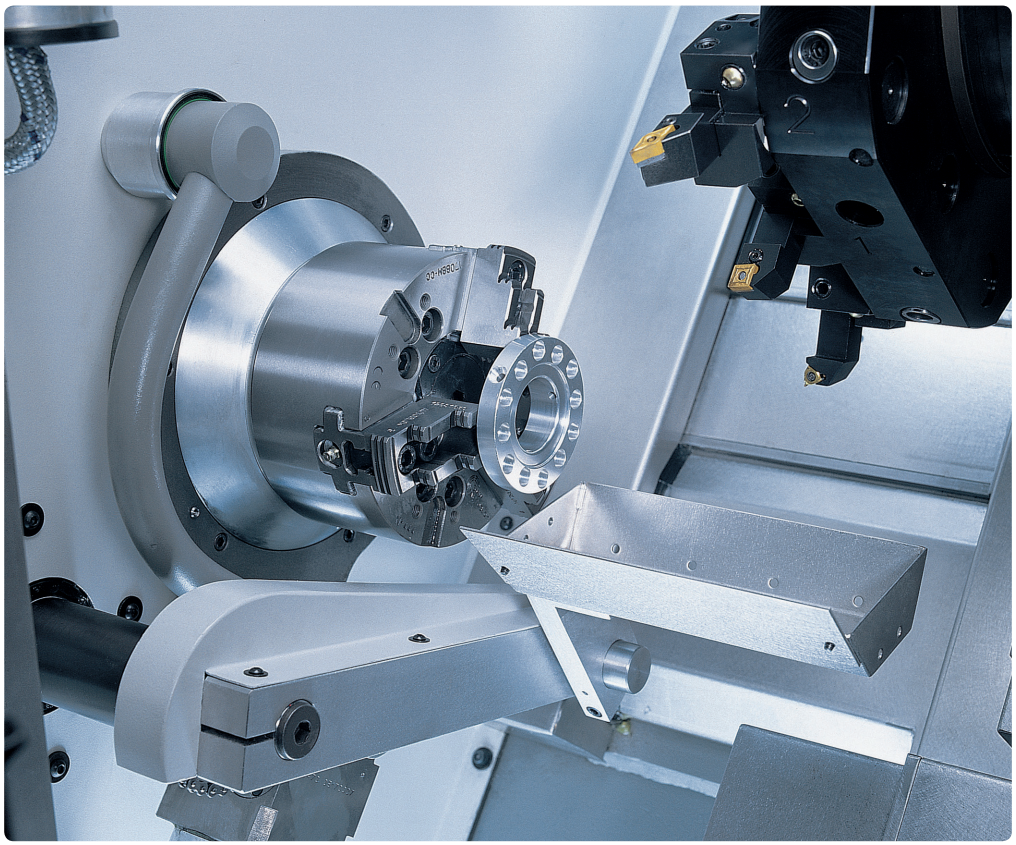
Teoria

Tornio CNC

Per lavorazioni complete ed esigenti sul mercato esistono torni CNC dotati di contro-mandrino, vedi macchina raffigurata.



Dispositivo di scarico automatico con cassetto di raccolta pezzo



SWISSMEM

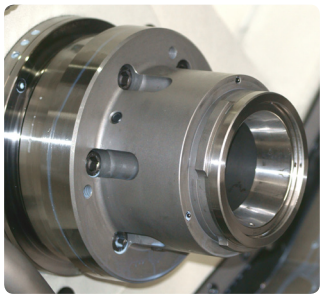
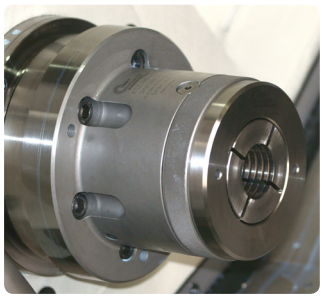
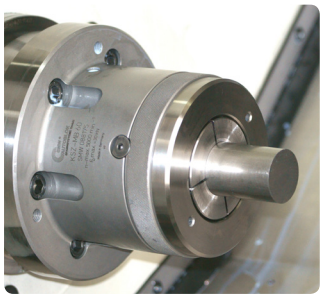
Teoria

Tornio CNC

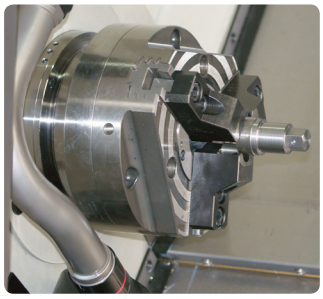
Serraggio dei pezzi

I pezzi vengono bloccati in un mandrino a forte serraggio. I mandrini a forte serraggio più utilizzati sono quelli ad azionamento idraulico, anche se sono disponibili mandrini ad azionamento elettrico o pneumatico.
Solitamente si fa una distinzione fra
– Mandrino a forte serraggio
– mandrino a forte serraggio a 2, 3 o 4 ganasce
disponibili nei diametri più diversi.

Mandrino portapinza a forte serraggio

Mandrino a forte serraggio a 3 ganasce

Bloccaggio degli utensili



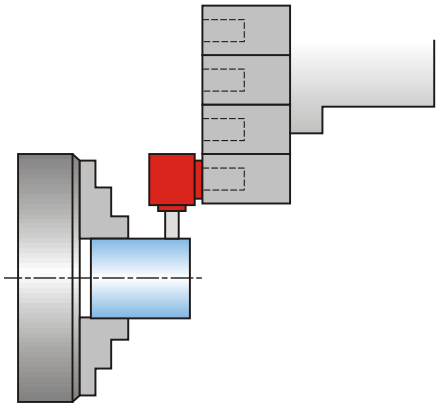
Teoria

Tornio CNC

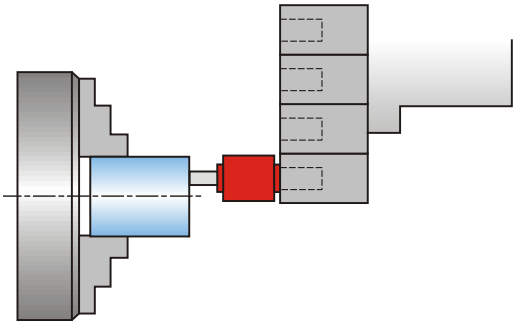
Solitamente gli utensili vengono fissati in una **torretta**, nella quale vengono collocati sul lato frontale superiore (torretta a disco) o sulla circonferenza (torretta a stella). A ciascun utensile è assegnato un determinato numero e posizione nella torretta.

Motore per torretta a tamburo a norma DIN 5482

portautensili radiale (curvo)
per lavorazioni radiali



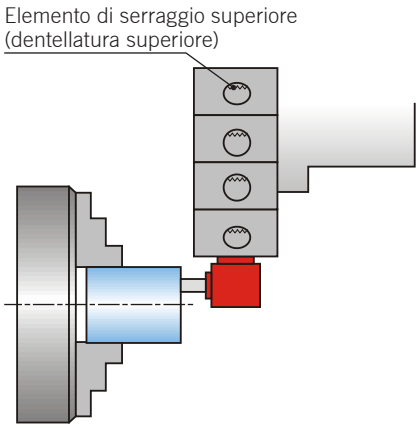
portautensili assiale (diritto)
per lavorazioni assiali



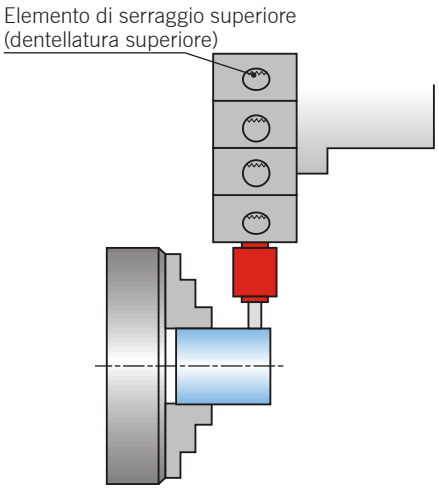
Impiego della torretta a tamburo: per piccoli pezzi da tornire e utensili di dimensioni ridotte.

Motore per torretta a stella a norma DIN 5480

portautensili radiale (curvo)
per lavorazioni assiali



portautensili assiale (diritto)
per lavorazioni radiali



Impiego della torretta a stella: per grandi pezzi da tornire.

SWISSMEM

Teoria

Tornio CNC

Utensili motorizzati

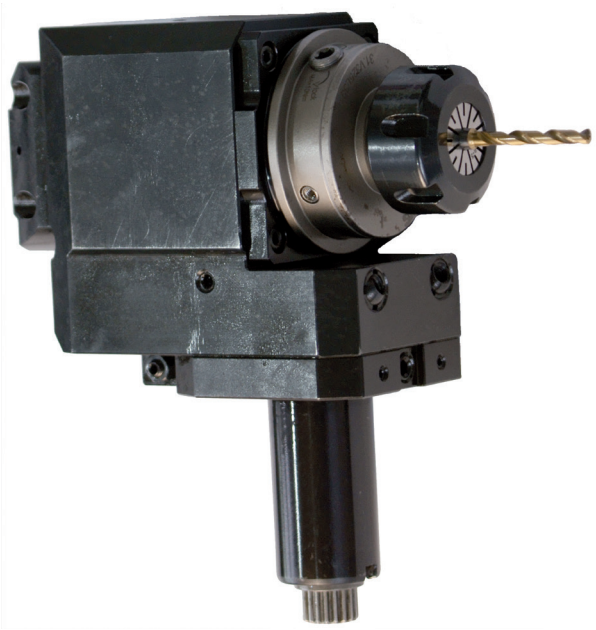
Grazie all'impiego di utensili motorizzati, sui torni CNC, è possibile realizzare quasi tutti i profili come coni, cave o sfere.

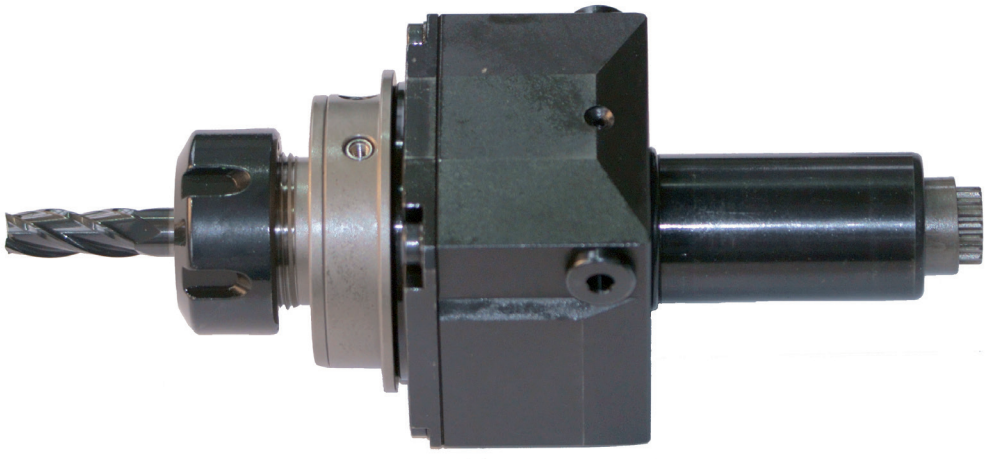
Utilizzando il movimento comandato del mandrino di lavoro (asse C) e gli utensili motorizzati, sui pezzi è possibile realizzare con un solo fissaggio anche tasche, forature, filettature sul diametro e su circonferenze di testa. Un controllo continuo a tre assi e un portautensili nella testa della torretta consentono di eseguire lavorazioni complesse di pezzi senza smontaggio.

Gli utensili motorizzati sono di tipo assiale o radiale, con offset, di lunghezza ridotta, con alimentazione interna o esterna del refrigerante, con regolazione dell'angolo o persino con tecnologia multimandrino.

Questi utensili vengono prodotti in base alle specifiche delle macchine per diverse torni CNC e con diversi gambi e portautensili.

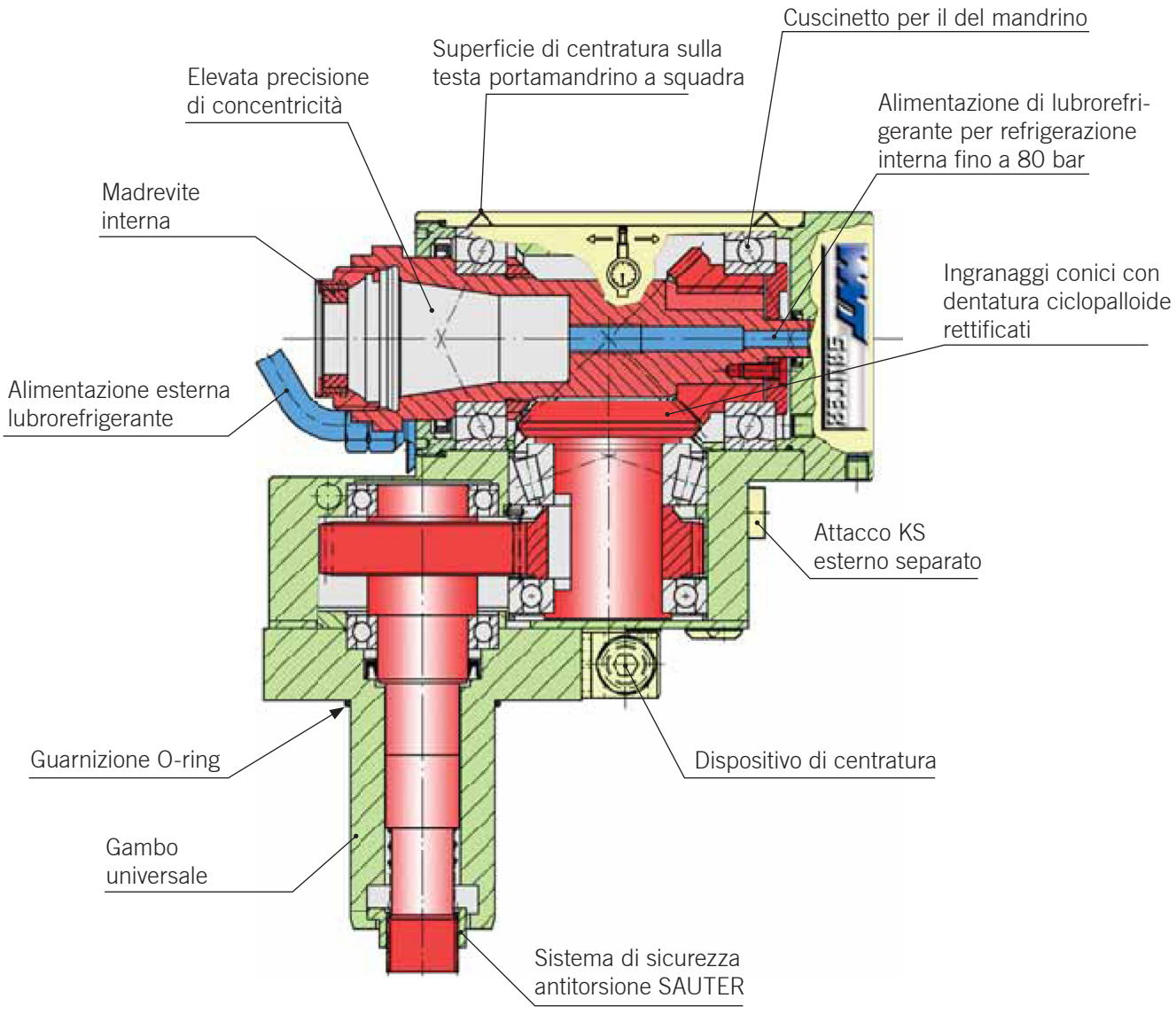
I portautensili motorizzati hanno una precisione di posizionamento di > 0.005 mm.





Teoria Tornio CNC

Caratteristiche di qualità



Teoria

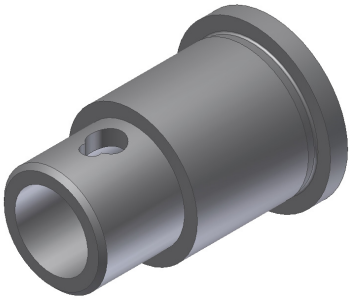
Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

1. Studiate i disegni della morsa a vite "Gressel" per la lavorazione dei singoli componenti. La madrevite del mandrino deve essere lavorata su un tornio CNC.



Creazione di un **possibile** piano operativo

Determinate le possibilità di serraggio nonché gli utensili necessari tenendo in considerazione i relativi vantaggi e svantaggi. Dalla vostra scelta dei dispositivi di fissaggio e degli utensili, derivano problemi che devono essere tenuti in considerazione?



Scegliete gli utensili tra quelli a vostra disposizione oppure scegliete gli utensili dalle liste utensili riportate a pagina 288 e a pagina 289.

SWISSMEM

Teoria

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

Piano operativo: tornitura CNC

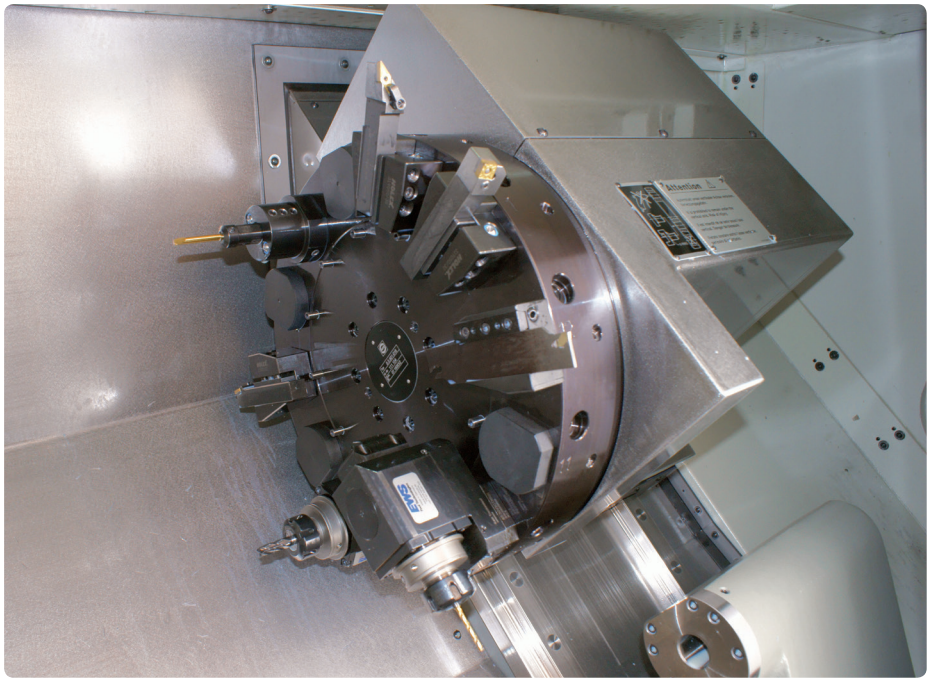
Fase PO	Possibilità	Scelta effettuata	Motivazione	Resp.

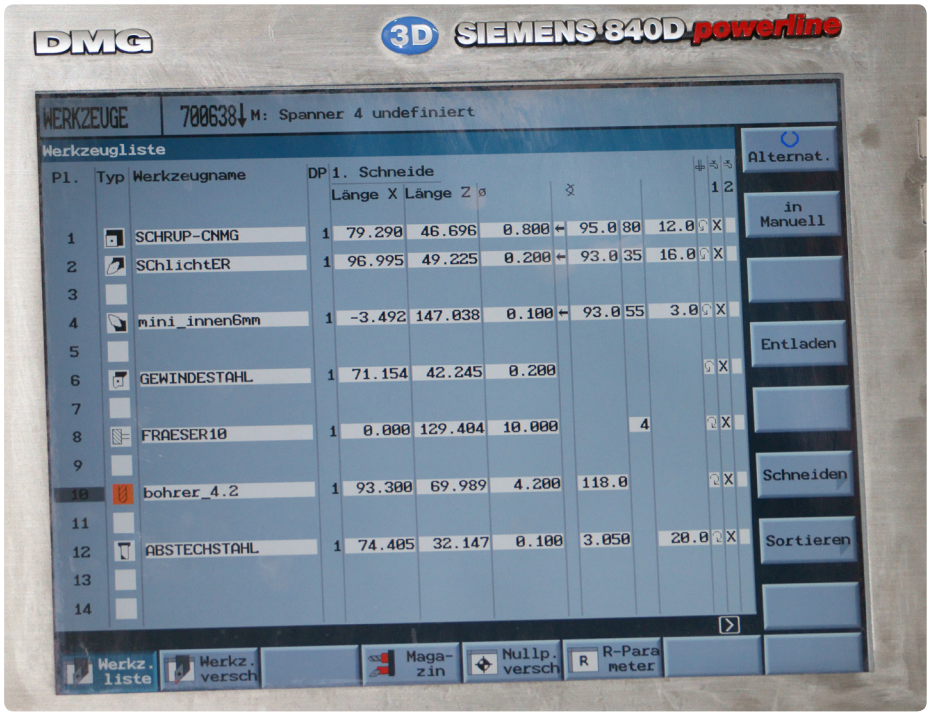
SWISSMEM

Teoria

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

2. Montate gli utensili scelti nella torretta. Cosa dovete tenere in considerazione?





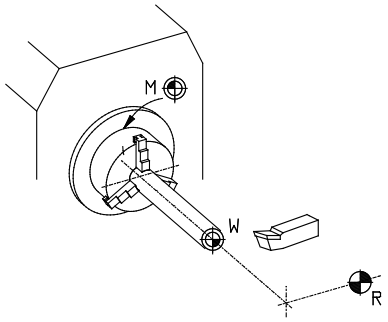
SWISSMEM

Teoria

Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

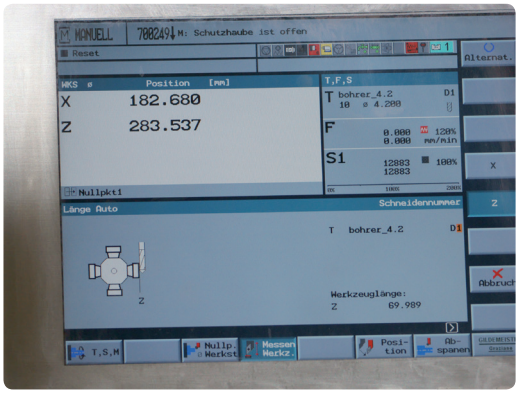
Origine pezzo

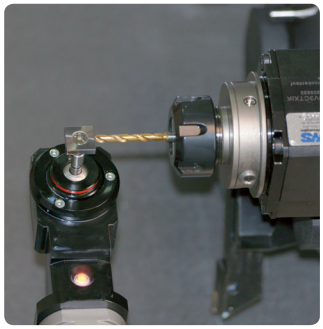
Sulle macchine per tornire CNC l'origine pezzo W si trova nel punto di intersezione dell'asse di rotazione con il bordo di riferimento della quotatura della lunghezza del pezzo. Questo bordo di riferimento può essere ricavato dal disegno d'officina.



Misurazione dell'utensile

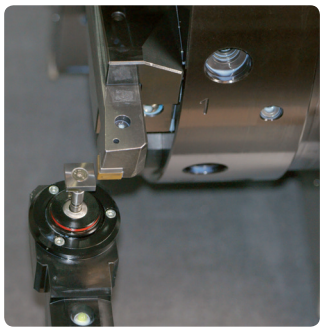
Durante la lavorazione il controllo compensa le quote dell'utensile con le quote programmate del pezzo, in modo da poter programmare il profilo del pezzo indipendentemente dagli utensili utilizzati. Prima è necessario misurare ciascun utensile. Durante la misurazione degli utensili si tratta dunque di misurare con precisione la distanza esistente tra il tagliente dell'utensile e un punto fisso sul gambo dell'utensile.

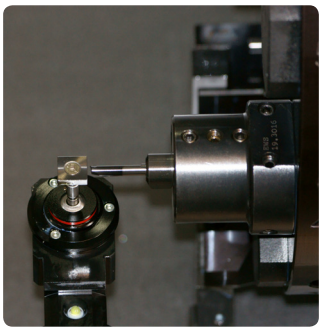


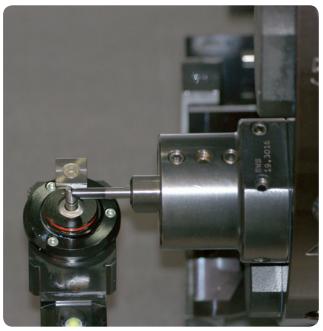




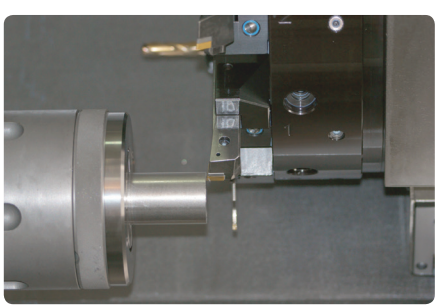








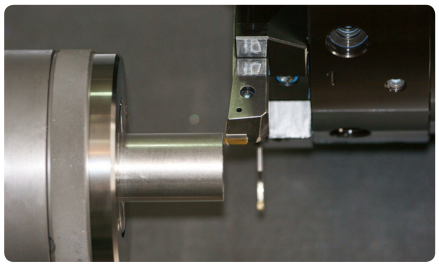
L'origine pezzo viene determinata asportando un truciolo con l'utensile 1, quindi è necessario misurare la lunghezza totale del pezzo ed inserire la differenza tra valore effettivo e valore nominale.

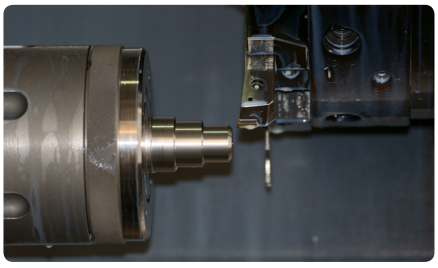


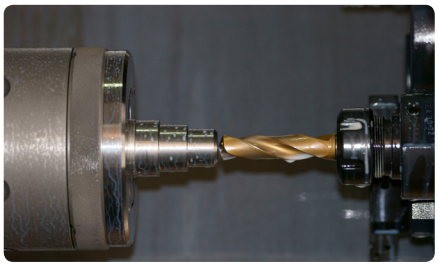
SWISSMEM

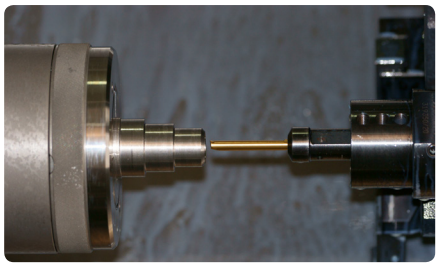
Esercizio — Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"

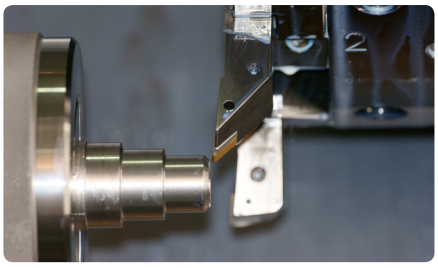
3. Denominate le singole immagini del processo di lavorazione.

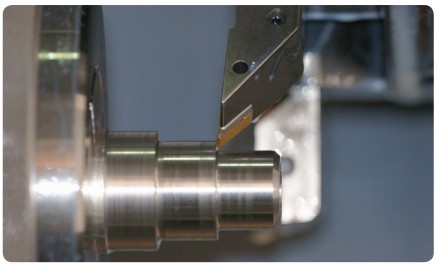


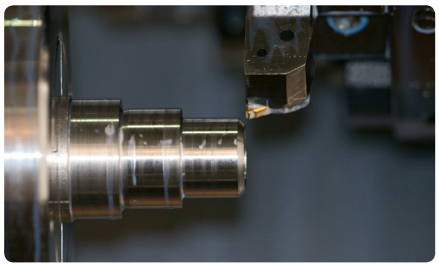


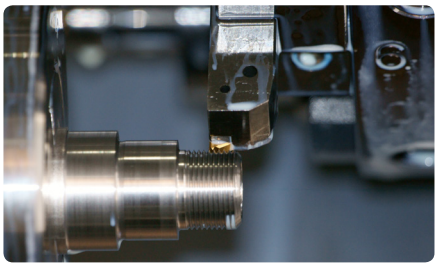


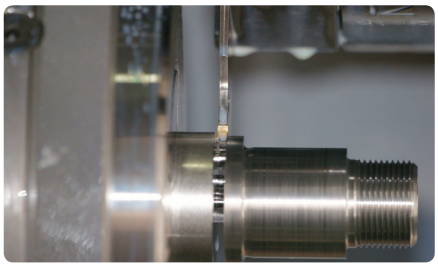






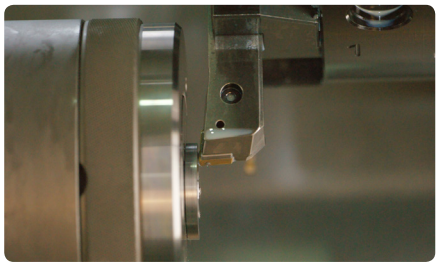


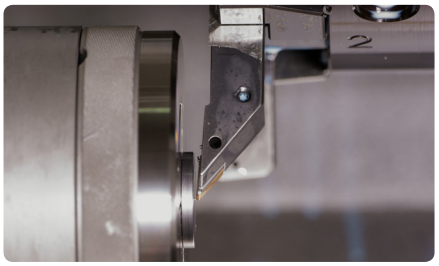


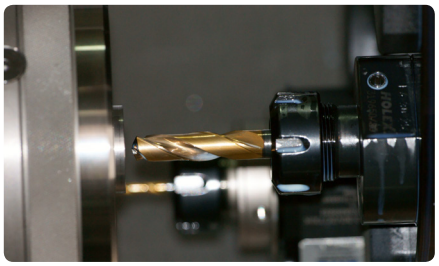


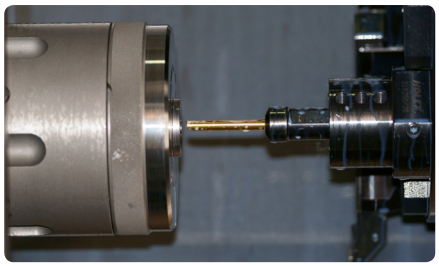
SWISSMEM

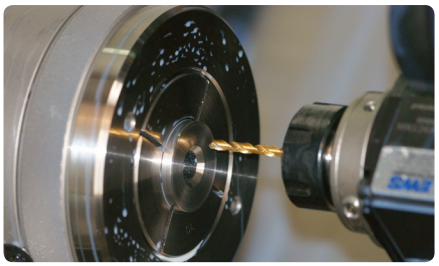
Esercizio Commessa per la produzione della morsa a vite "Gressel"











SWISSMEM

Liste utensili

Tornitura interna









Tornitura esterna







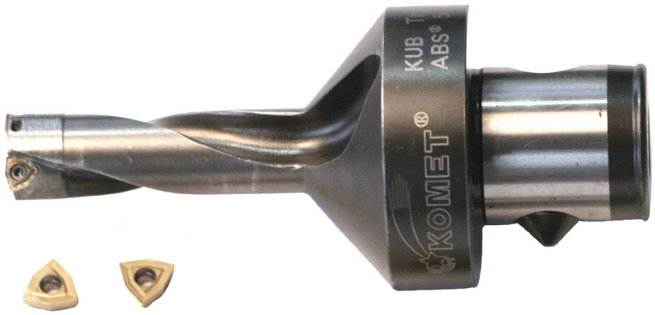






Liste utensili

Foratura



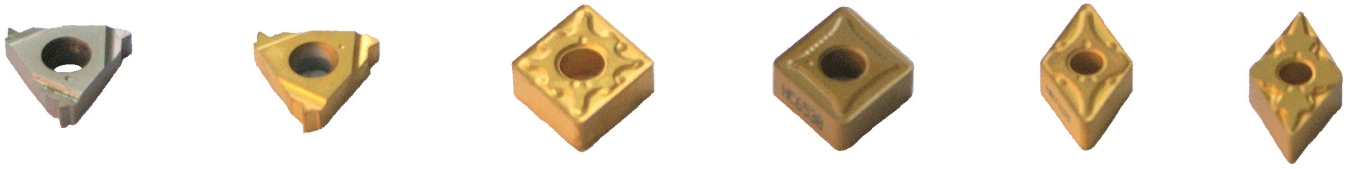








Inserti



Annotazioni