

Tecnologia dei Processi di Produzione

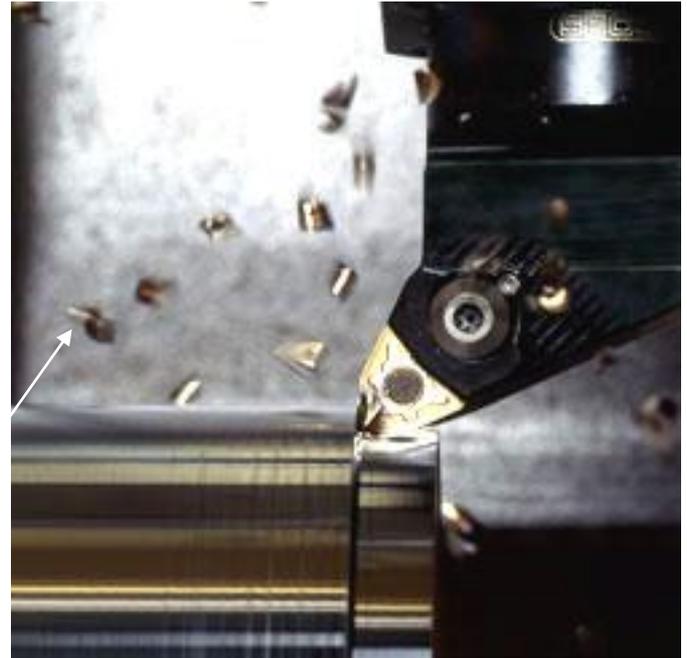
**Tecnologie di Lavorazione Meccanica ad
asportazione di truciolo**

Lavorazioni ad asportazione di truciolo:

Dalla piallatura in falegnameria...



Truciolo



...alla tornitura in officina

Truciolo

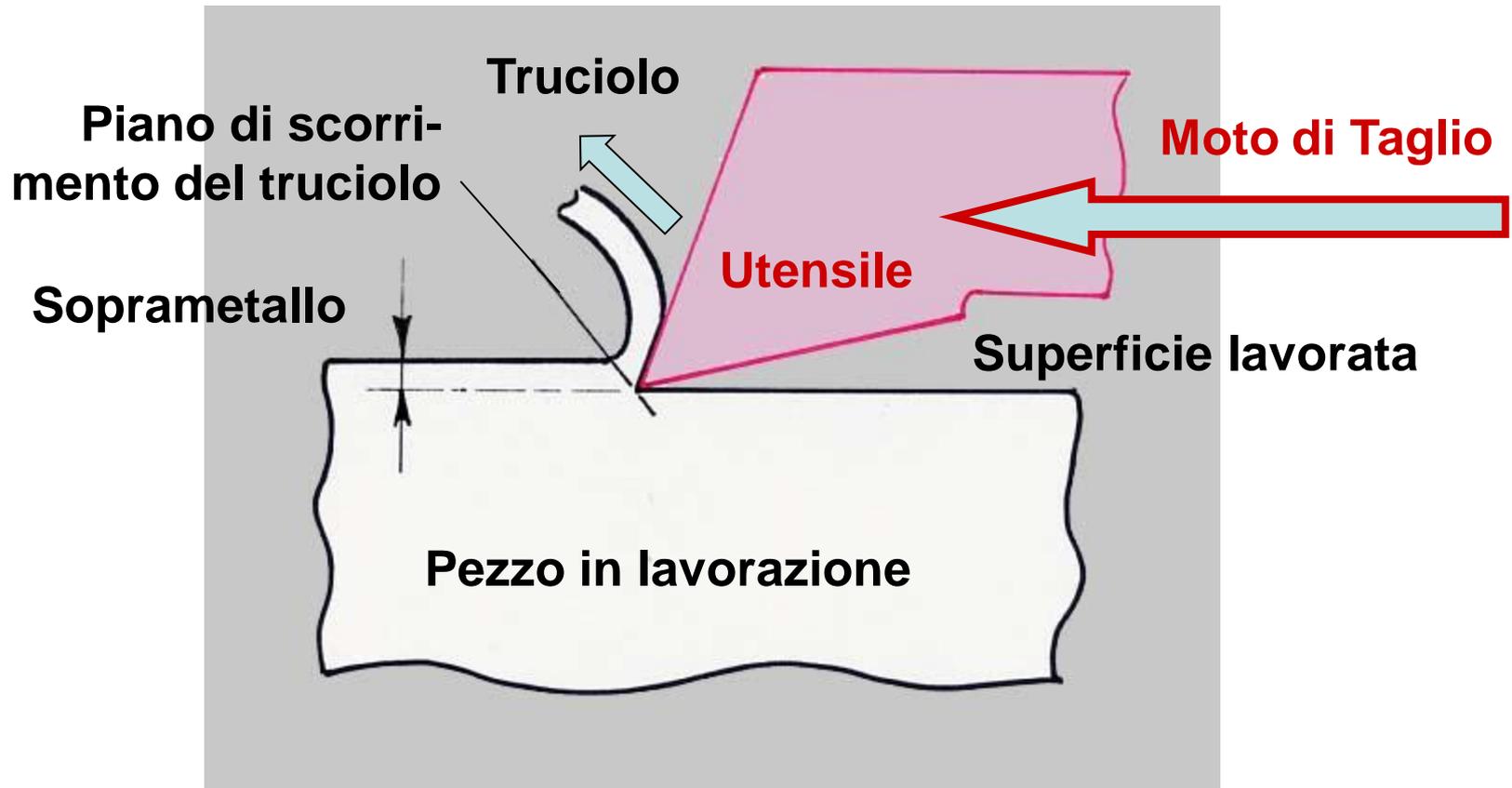
A secondo delle caratteristiche del materiale, della geometria dell'utensile, della velocità di taglio, il truciolo che si distacca dal pezzo in lavorazione può assumere gli aspetti più disparati:

- **Geometria:** a nastro, tubolare, elicoidale, ad arco, aghiforme
- **Sviluppo:** continuo, lungo, corto, spezzettato
- **Andamento:** regolare, aggrovigliato



Truciolo di tornitura acciaio inossidabile

Modello schematico di formazione dinamica del truciolo

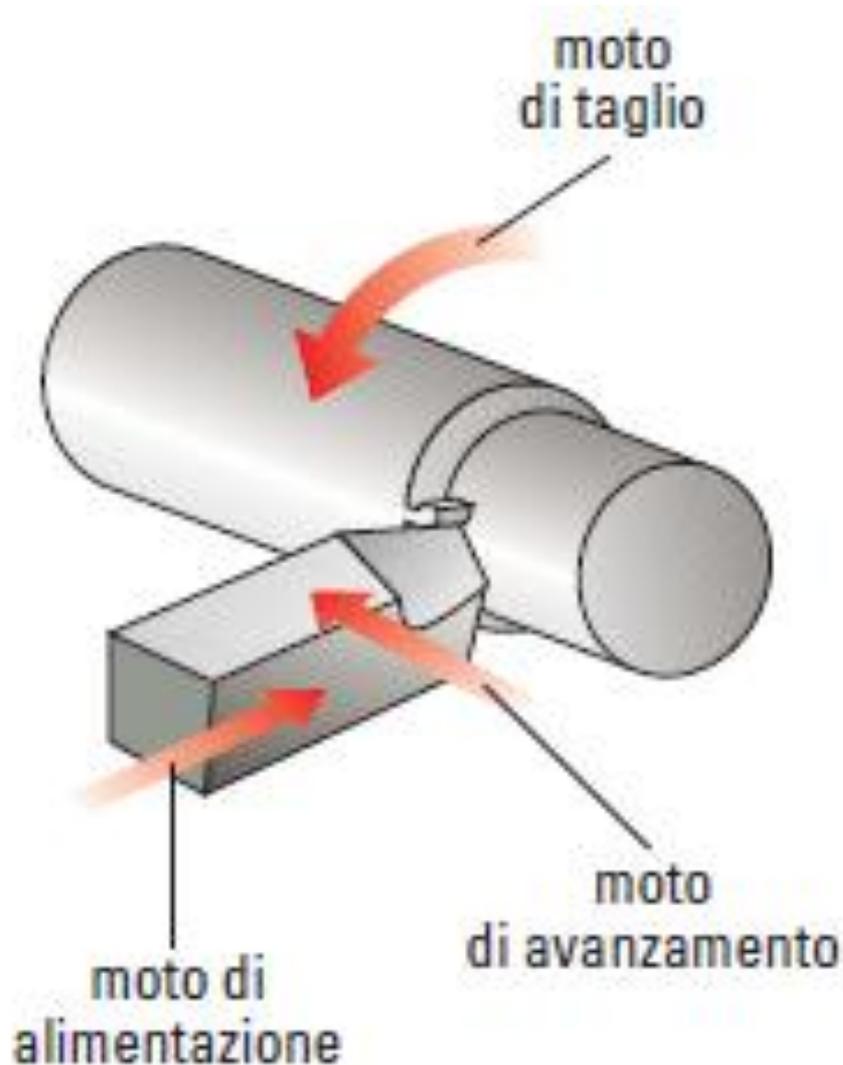


Cinematica delle lavorazioni meccaniche

I movimenti relativi fra utensile e pezzo in lavorazione si possono fondamentalmente classificare in tre categorie:

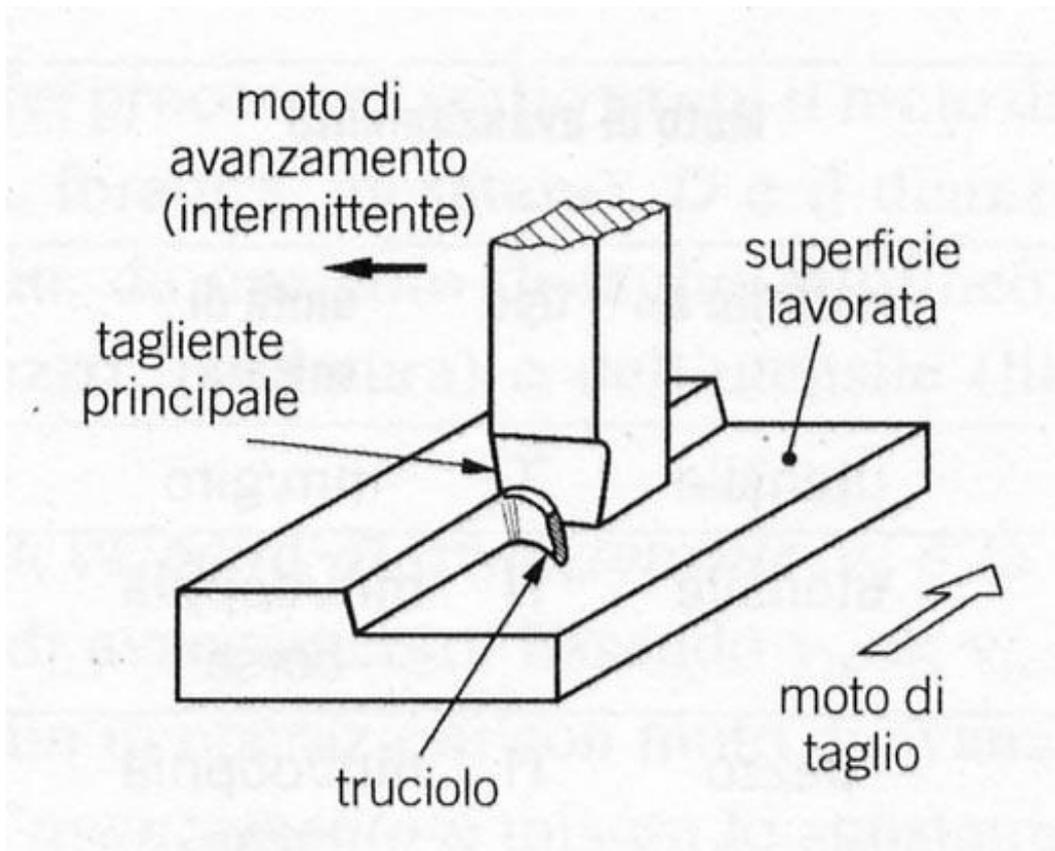
- ❑ **Moto di taglio:** è il moto principale di lavoro, continuo e uniforme, ovvero intermittente, che caratterizza la lavorazione e genera il truciolo
- ❑ **Moto di avanzamento:** è il moto (uniforme o intermittente) che alimenta la formazione di nuovo truciolo e ne determina lo spessore
- ❑ **Moto di appostamento o alimetazione:** è il moto di posizionamento (tipicamente intermittente) che determina la larghezza del soprametallo

Cinematica di una lavorazione meccanica con moto di taglio rotatorio (tornitura)



- Il moto di taglio, rotatorio, genera il truciolo
- Il moto di avanzamento, longitudinale, determina lo spessore del truciolo
- Il moto di appostamento radiale, o alimentazione, determina la larghezza del truciolo (soprametallo)

Cinematica di una lavorazione meccanica con moto di taglio rettilineo (piallatura)



- Il moto di taglio, longitudinale, genera il truciolo
- Il moto di avanzamento, trasversale, determina lo spessore del truciolo
- Il moto di appostamento, verticale, determina l'altezza del truciolo

Prima classificazione delle lavorazioni per asportazione di truciolo

In base al **moto di taglio**, (di **rotazione**, conferito al **pezzo** ovvero all'**utensile**, ovvero **rettilineo**), si possono classificare le lavorazioni in tre categorie principali:

1. **Rotazione pezzo** \Rightarrow **Tornitura**
2. **Rotazione utensile** \Rightarrow **Fresatura, Foratura, Rettifica**
3. **Moto rettilineo** \Rightarrow **Piallatura, Stozzatura, Brocciatura**

Mandrino

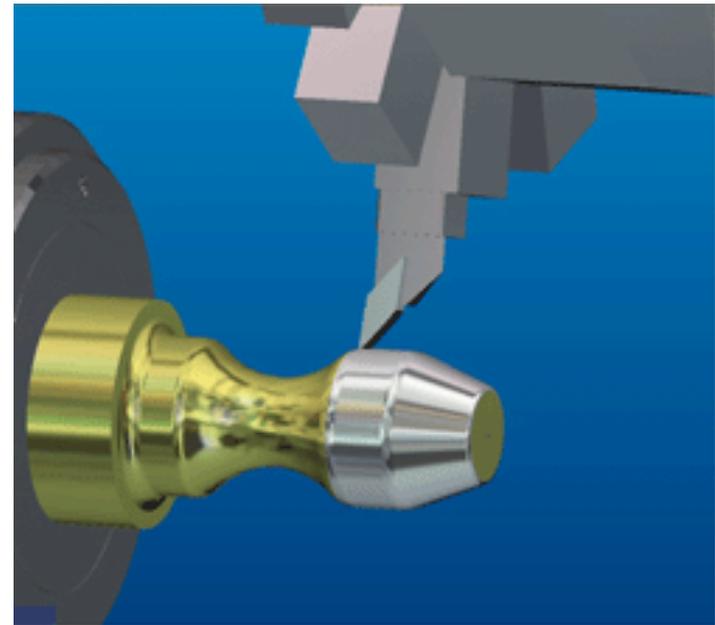
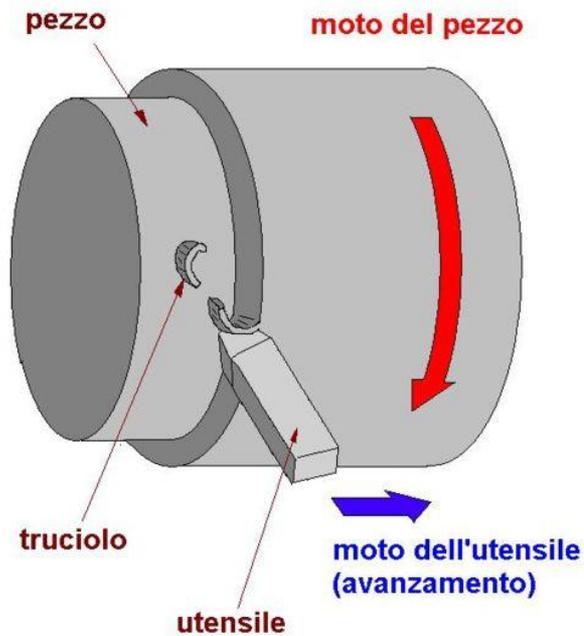
Componente delle macchine utensili destinato a trasmettere il moto rotatorio di taglio al pezzo in lavorazione o in alcuni casi all'utensile.

Velocità di taglio

- ❑ È la **velocità relativa fra utensile e pezzo** nel punto di creazione del truciolo. Si esprime in m/min (in m/s per la rettifica), ed è il parametro più importante da cui dipende la **produttività del processo** (volume di truciolo asportato per unità di tempo, cm³/min).
- ❑ Le **lavorazioni in rotazione** (tornitura, fresatura) sono in generale **più efficienti** di quelle a moto rettilineo (piallatura, stozzatura) in quanto possono raggiungere velocità di taglio più elevate (ordine di grandezza **200 ÷ 400 m/min**) e uniformi

Tornitura

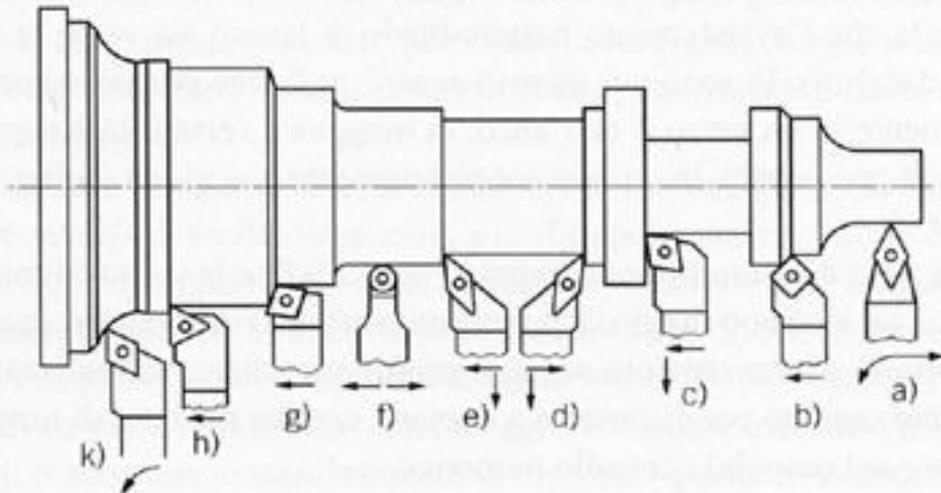
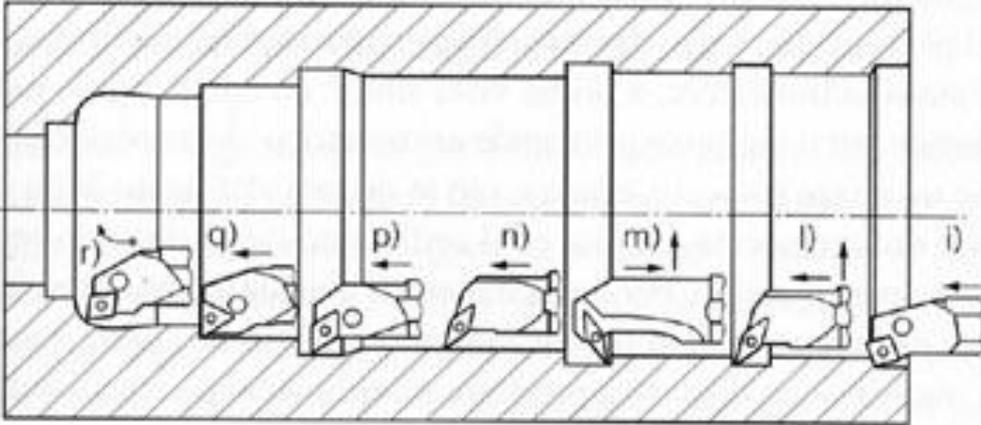
È la lavorazione più semplice e razionale per generare pezzi meccanici a **simmetria di rotazione**



Esempio di lavorazione di tornitura

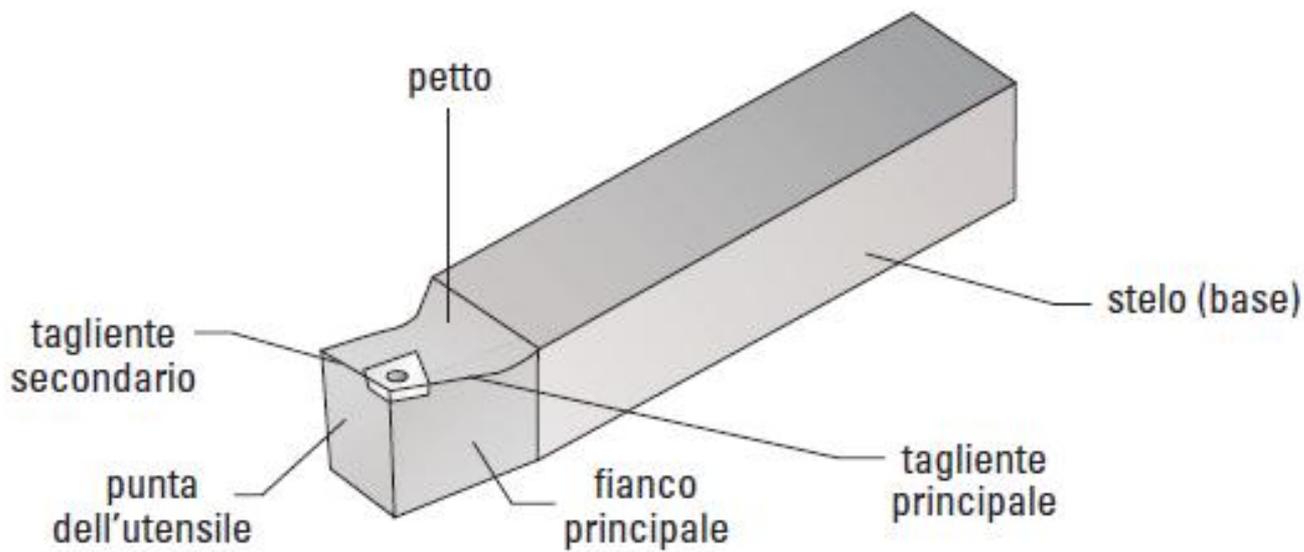
Utensili di tornitura

Impiego di utensili di tornitura per lavorazioni interne ed esterne



Utensile di tornitura
con inserto in TiN

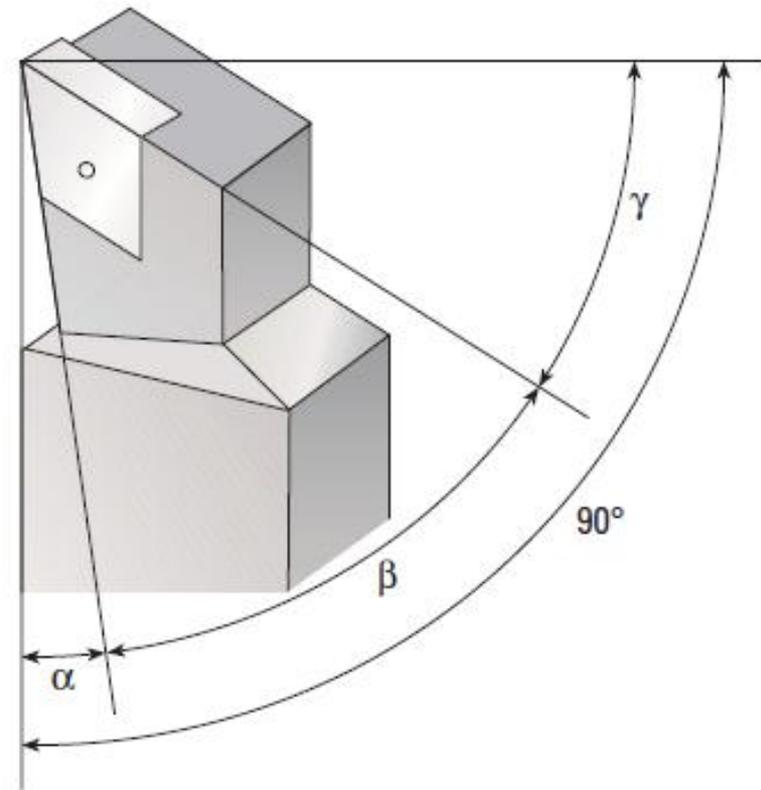
Utensili di tornitura



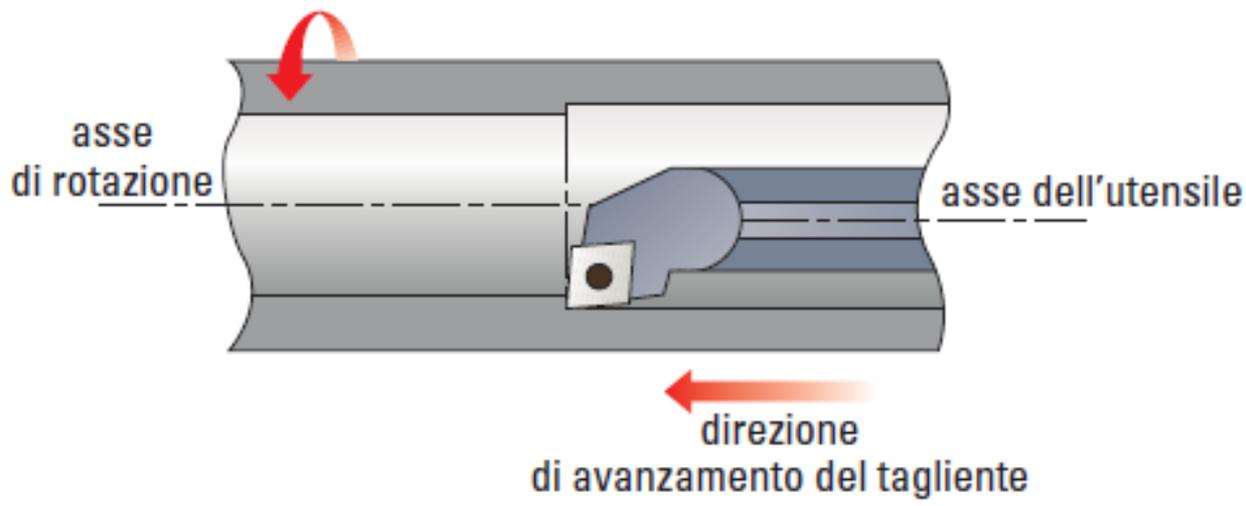
Elementi dell'utensile monotagliente per tornitura

- β : *angolo di taglio*, che influenza la robustezza del tagliente dell'utensile;
- α : *angolo di spoglia inferiore*;
- γ : *angolo di spoglia superiore*.

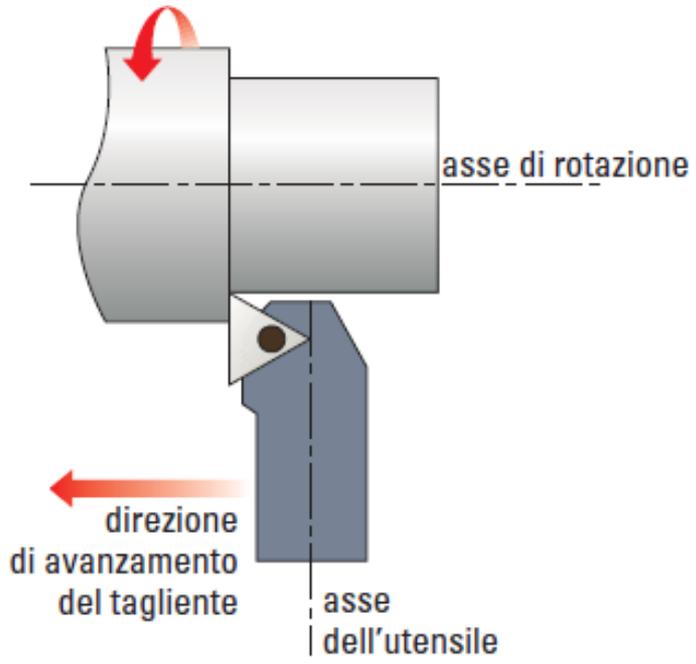
Angoli caratteristici dell'utensile



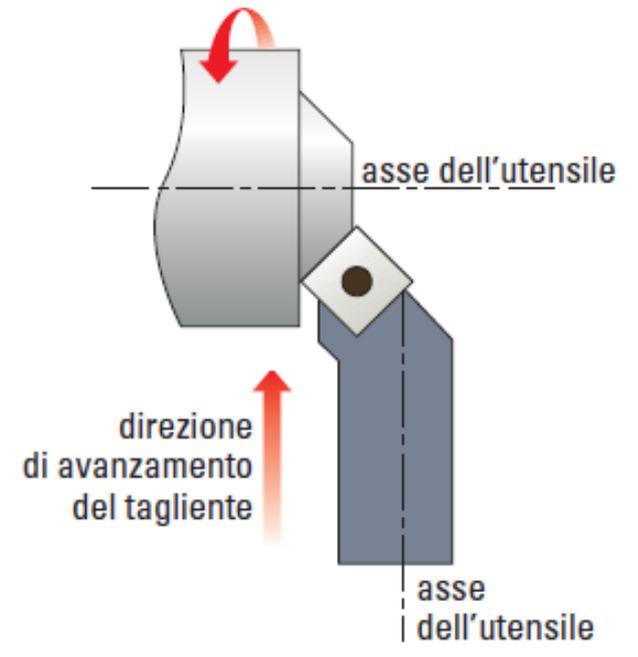
Lavorazioni di tornitura



Tornitura cilindrica interna



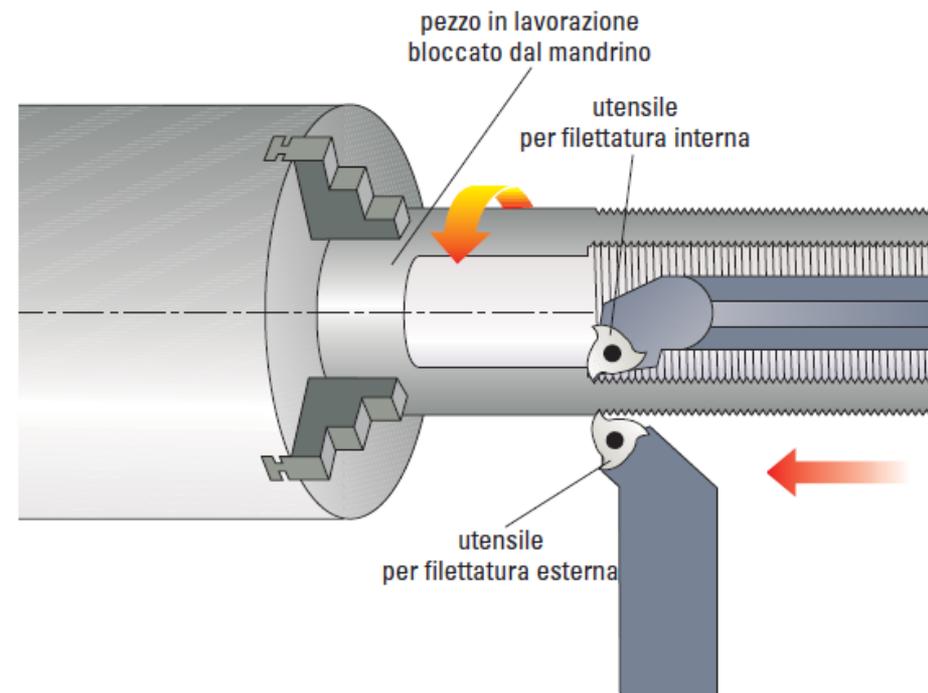
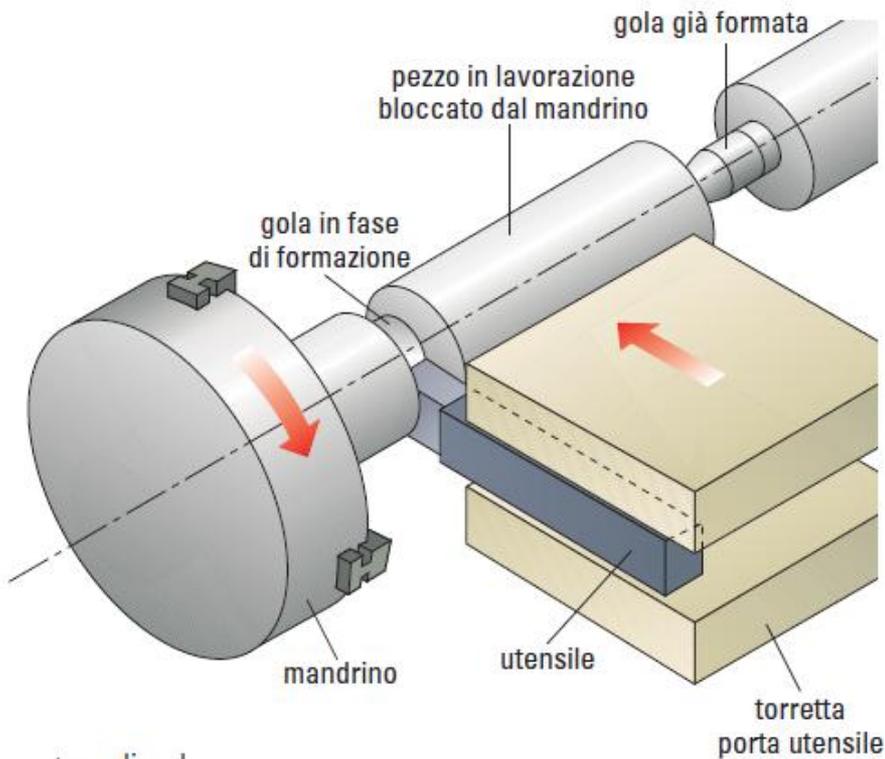
Tornitura cilindrica esterna



Tornitura esterna piana o sfacciatura

Lavorazioni di tornitura

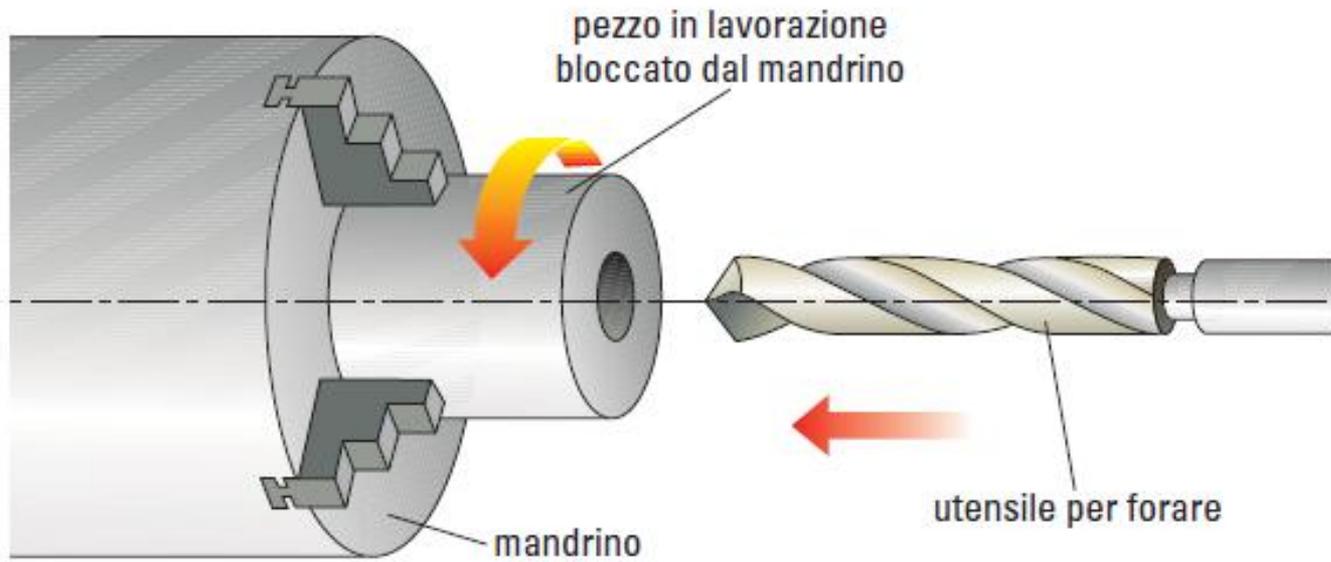
Formatura di gole



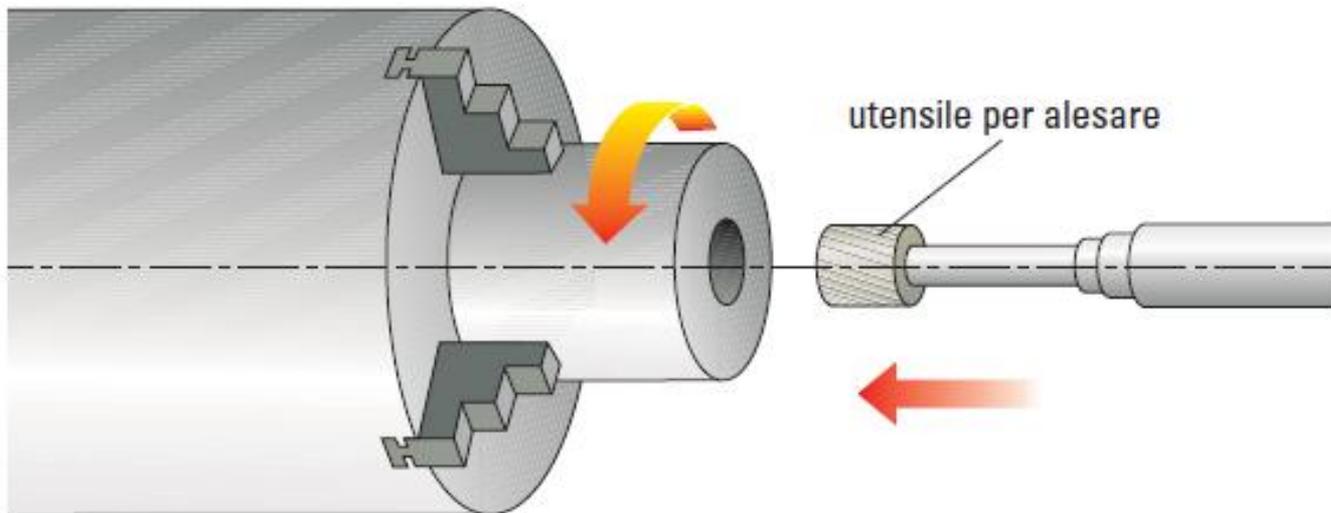
Filettatura esterna ed interna

Formatura di gola

Lavorazioni di tornitura

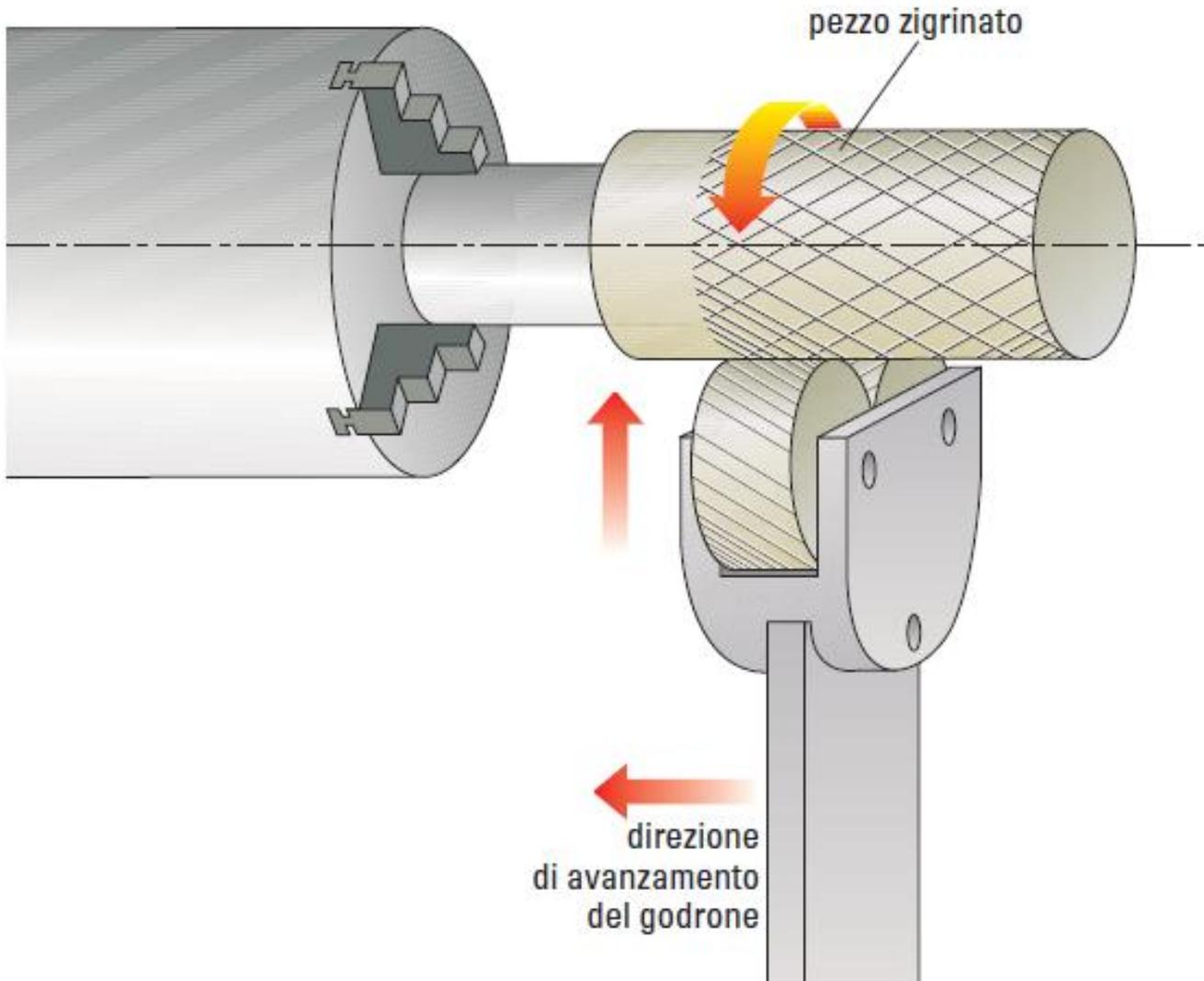


Foratura



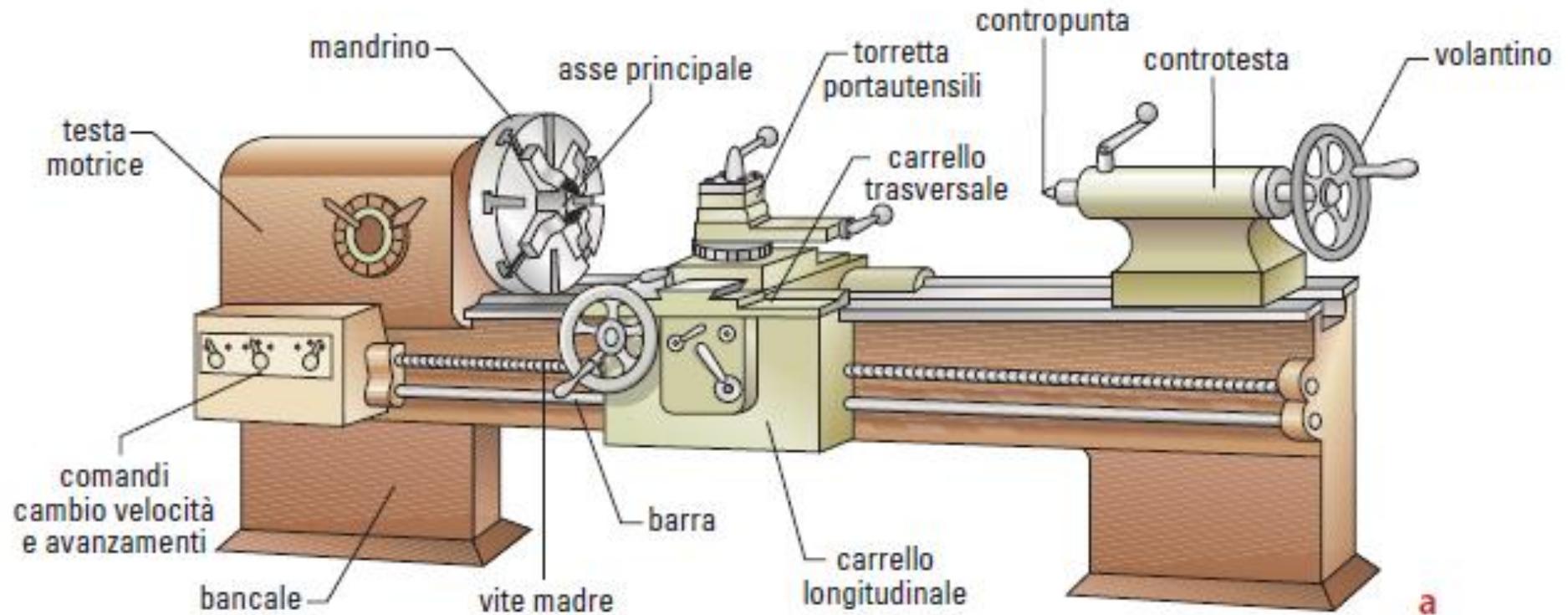
Alesatura

Lavorazioni di tornitura



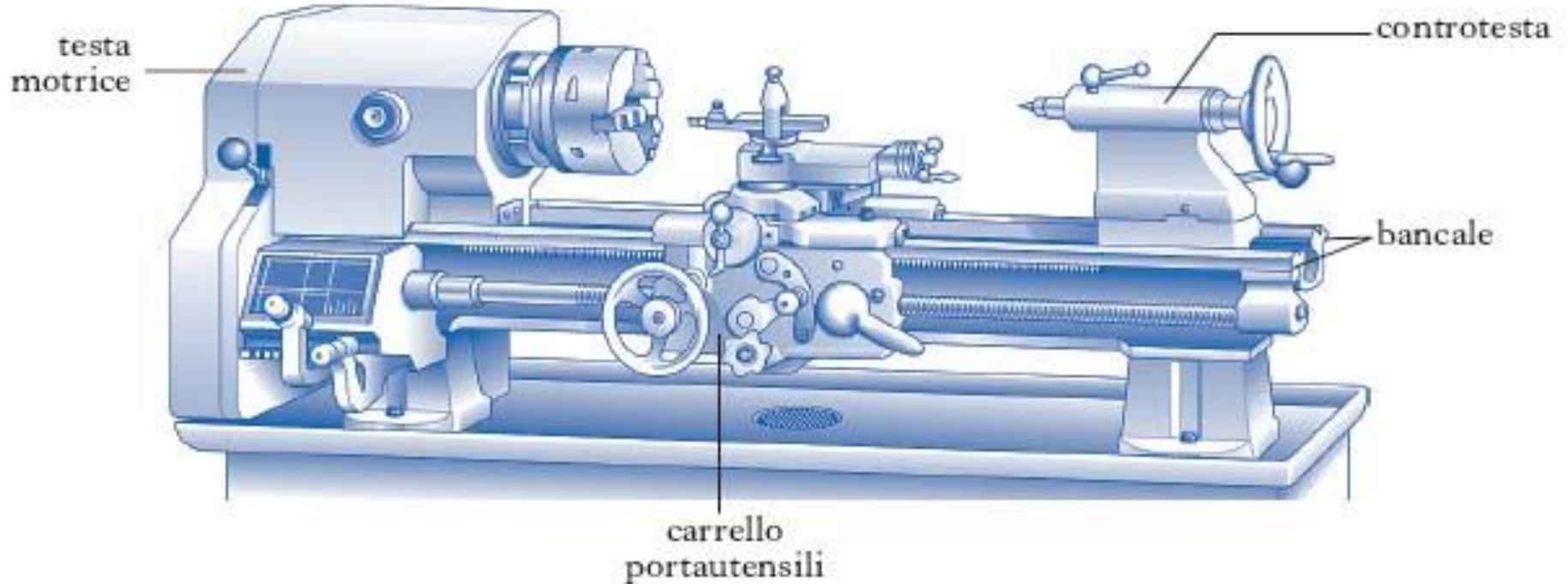
Zigrinatura o
Godronatura

Macchine Utensili di Tornitura



Schema di un tornio parallelo

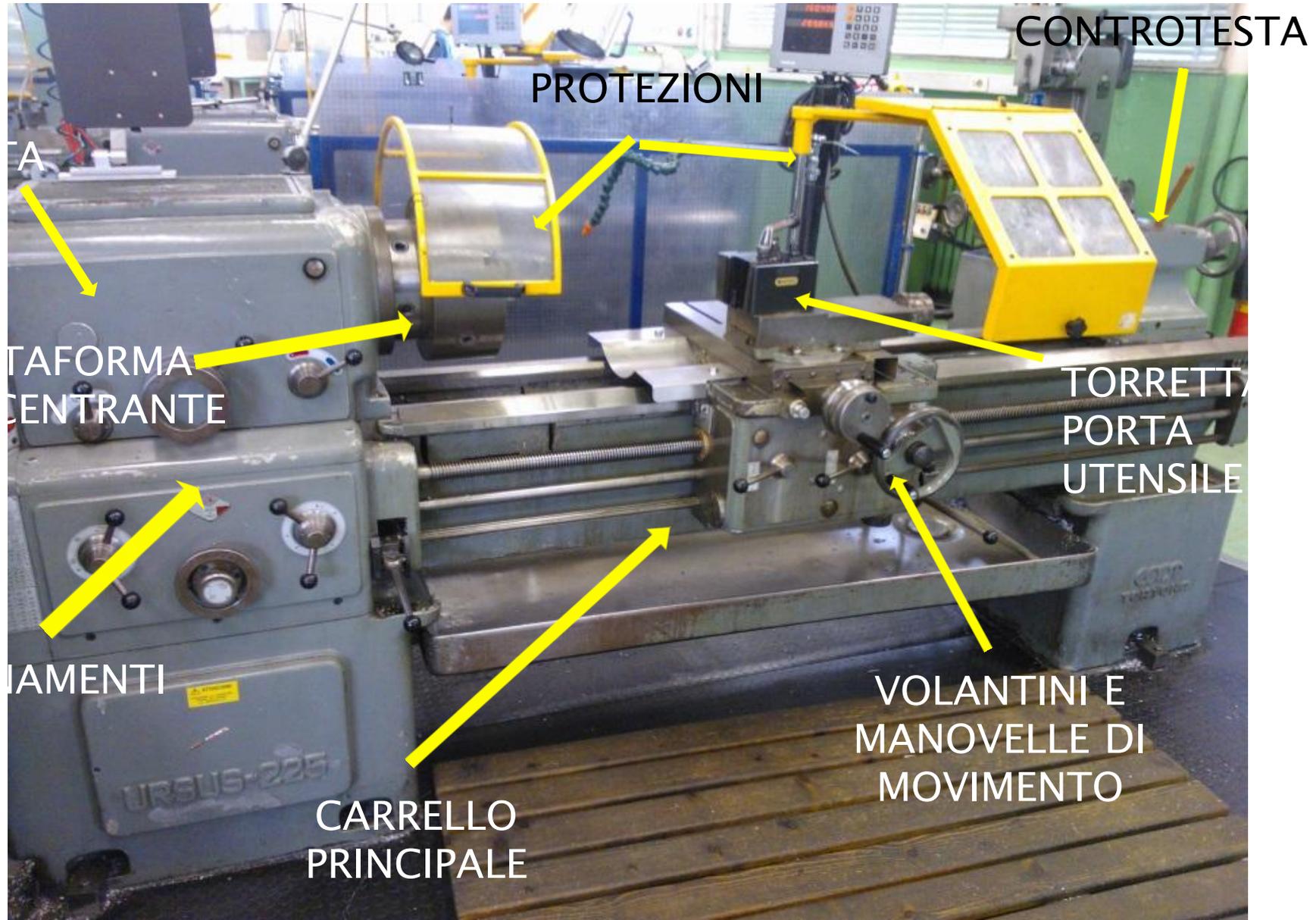
Macchine Utensili di Tornitura



Schema di un tornio parallelo

TORNIO PARALLELO

Macchina operatrice per la lavorazione a freddo di vari materiali, con asportazione di trucioli. Caratterizzata dal moto rotatorio impresso al pezzo in lavorazione.

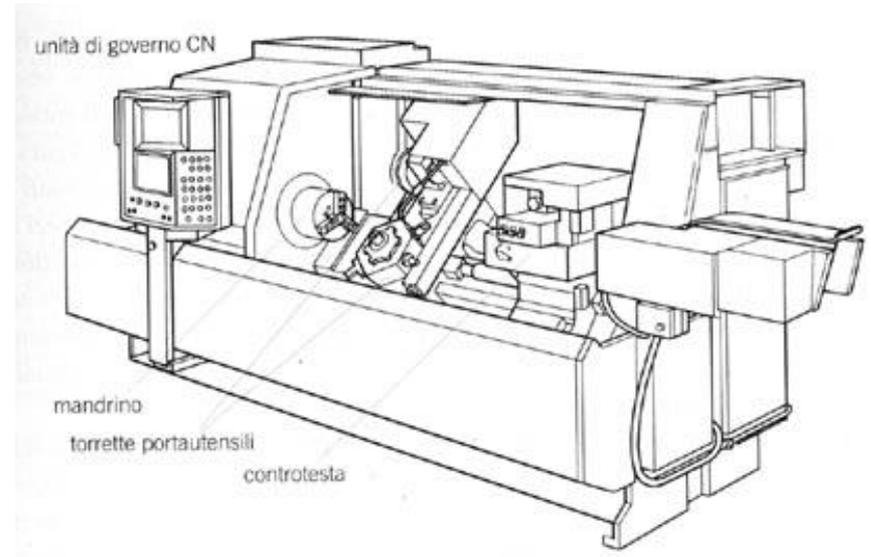
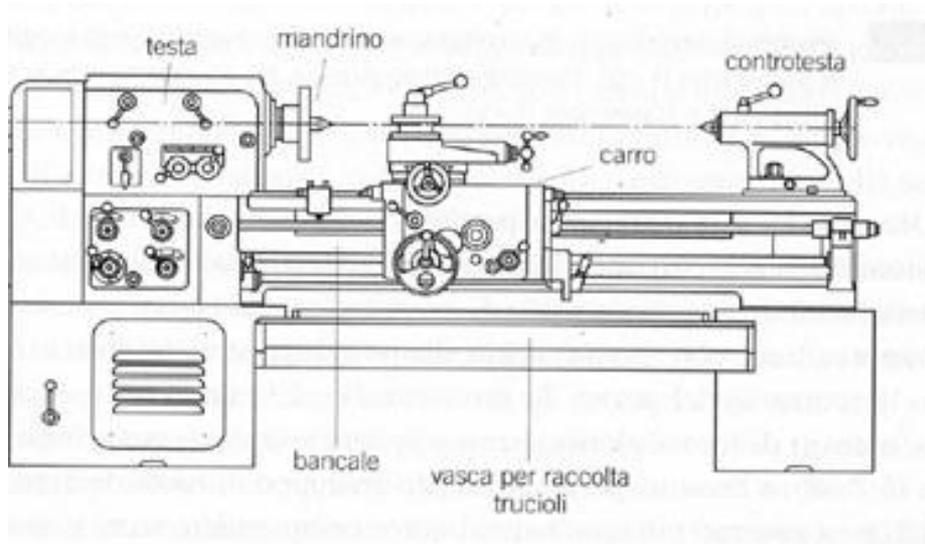


Tipologie di Macchine Utensili di Tornitura

Secondo le caratteristiche costruttive si possono distinguere i seguenti torni:

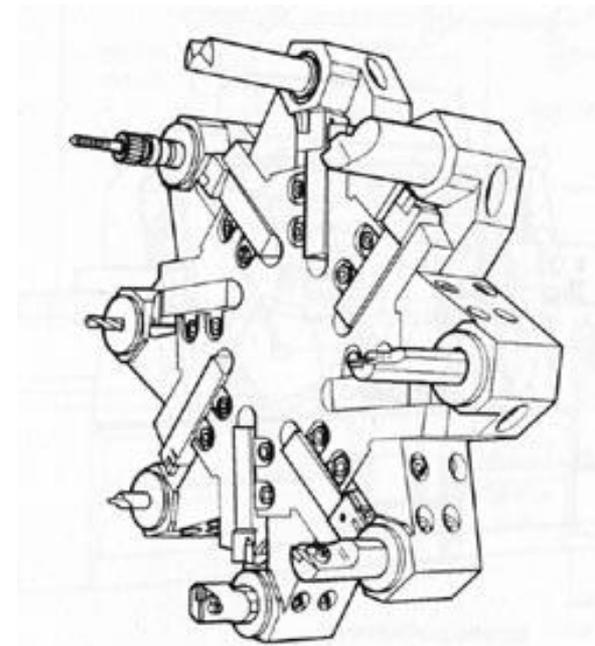
- **tornio parallelo**, il più comune e diffuso nelle officine meccaniche;
- **tornio a torretta**, di largo uso per lavorazioni che comportano un certo grado di ripetibilità semiautomatica;
 - **torni frontali e verticali**, per pezzi di grandi dimensioni;
 - **tornio automatico**, per produzioni di serie;
 - **tornio a copiare**, per pezzi di forma complessa;
 - **tornio a controllo numerico**, in grado di eseguire automaticamente complessi programmi di lavoro e gestire più utensili sulla stessa torretta.

Macchine Utensili di Tornitura



Schemi a confronto di un tornio parallelo e di uno a Controllo Numerico

Tooling di un tornio CNC: utensili preregistrati su torretta ad asse orizzontale



Macchine utensili di Tornitura



Tornio a Controllo Numerico (CNC)

Macchine utensili di Tornitura



Tornio a torretta verticale

Macchine utensili di Tornitura



Tornio frontale orizzontale

Macchine utensili di Tornitura



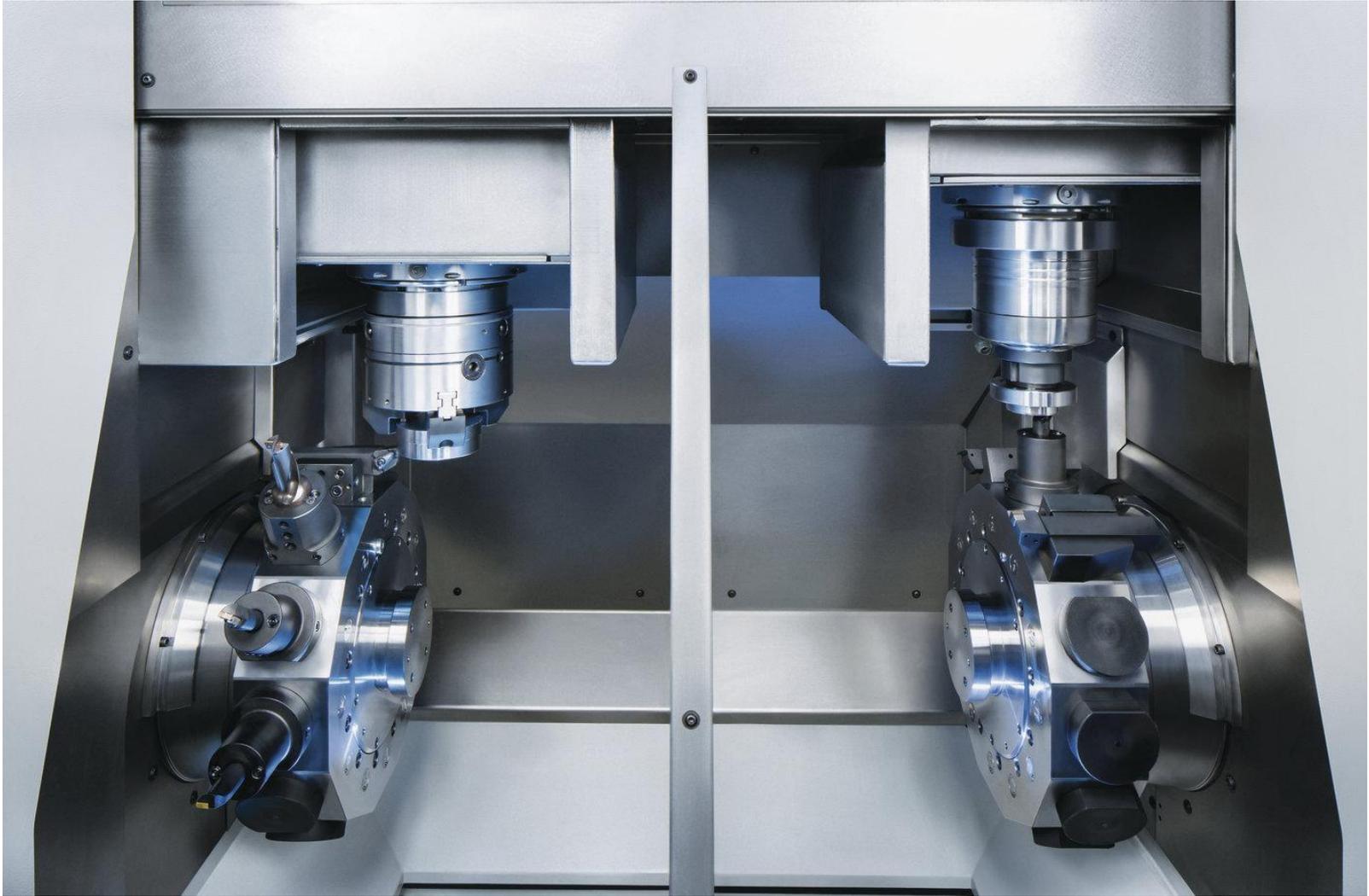
Tornio frontale verticale

Macchine utensili di Tornitura



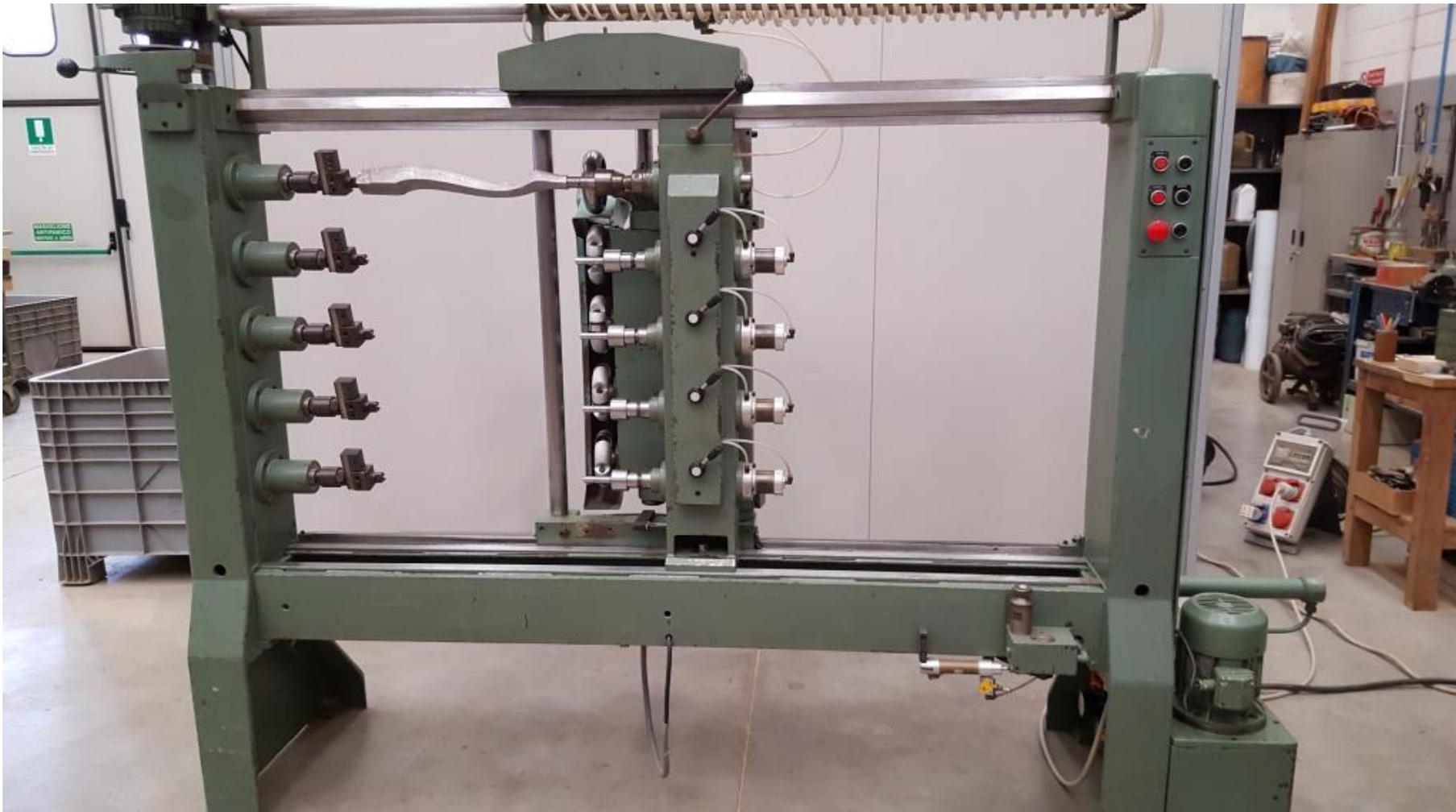
Tornio automatico cnc

Macchine utensili di Tornitura



Tornio automatico cnc

Macchine utensili di Tornitura



Tornio copiativo o a copiare idraulico

Panoramica di pezzi meccanici torniti

Flangia



Disco freno



Alberini



Perni e boccole

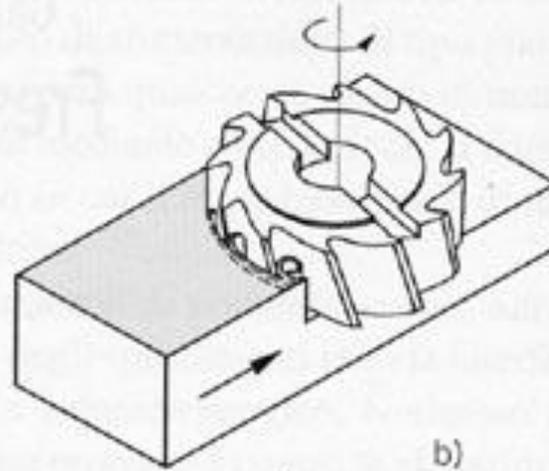
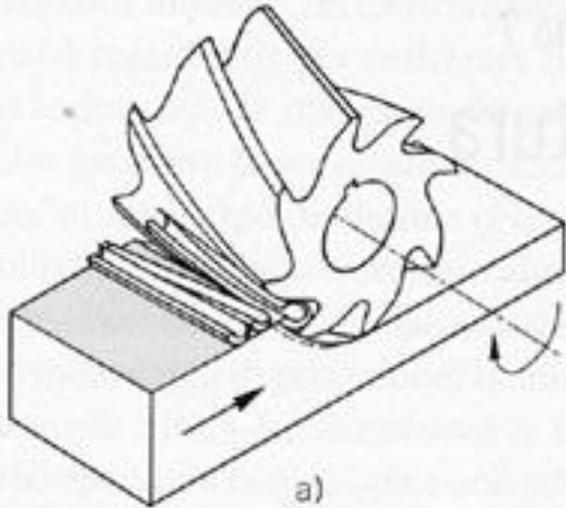
Valvole e raccordi



Fresatura

- ❑ Il processo di fresatura, dopo quello di tornitura, è il più **diffuso e versatile** nell'ambito delle lavorazioni ad asportazione di truciolo
- ❑ Consente di asportare il sovrametallo mediante un **utensile rotante multitagliente (fresa)**, cui è conferito il moto di taglio, mentre il moto di avanzamento è per lo più conferito al pezzo, in direzione normale all'asse di rotazione della fresa (fresatura verticale)
- ❑ Grazie all'ampia gamma di forme degli utensili, la fresatura consente di eseguire una **grande varietà di lavorazioni**: superfici piane, scanalature, profili dentati, superfici libere (stampi)

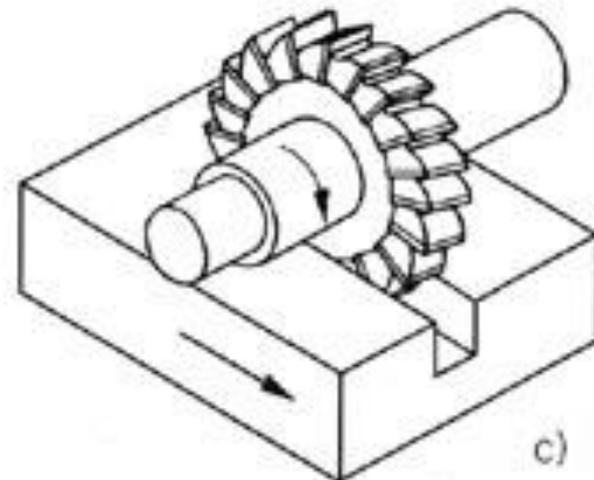
Schemi di lavorazione di fresatura:



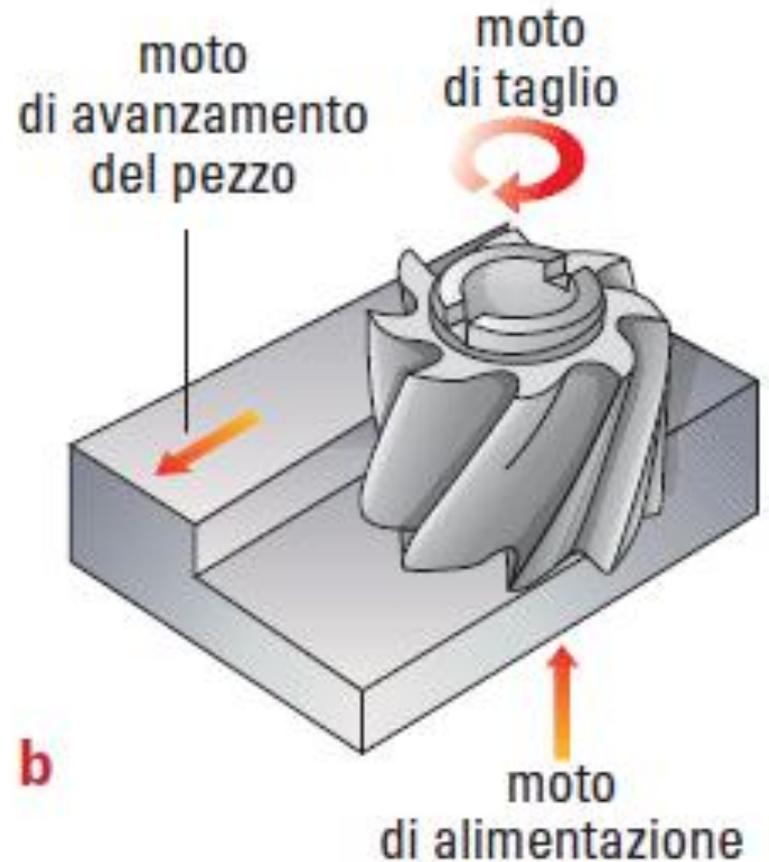
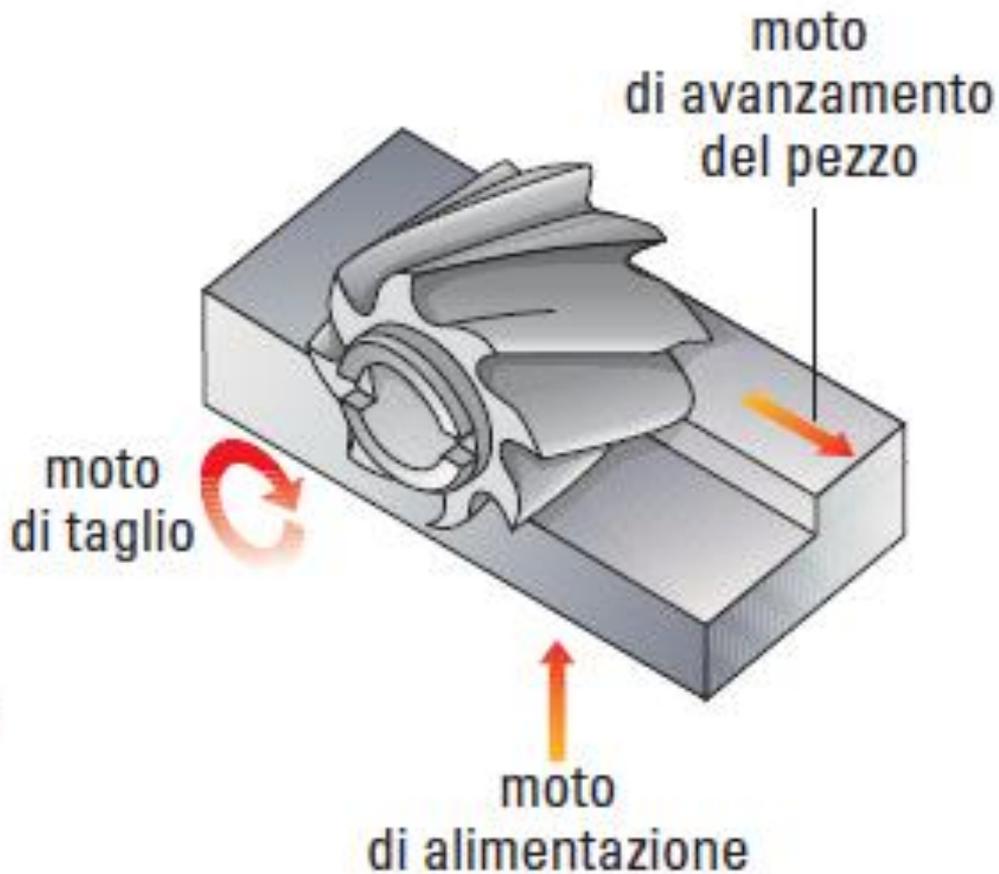
Taglio di una scanalatura mediante fresa a disco

Lavorazione di una superficie piana:

- a) Fresatura periferica
- b) Fresatura frontale



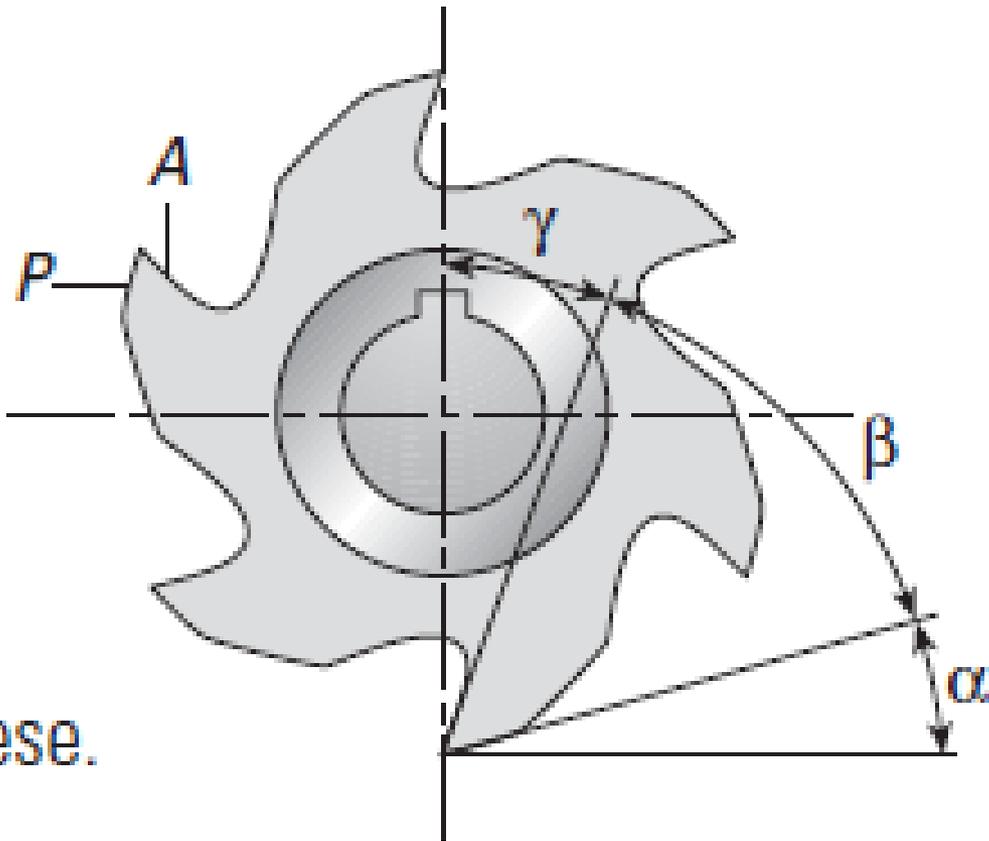
Schemi di lavorazione di fresatura:



Moti di lavoro di una fresa:

- a) Orizzontale
- b) verticale

Utensili per fresatura

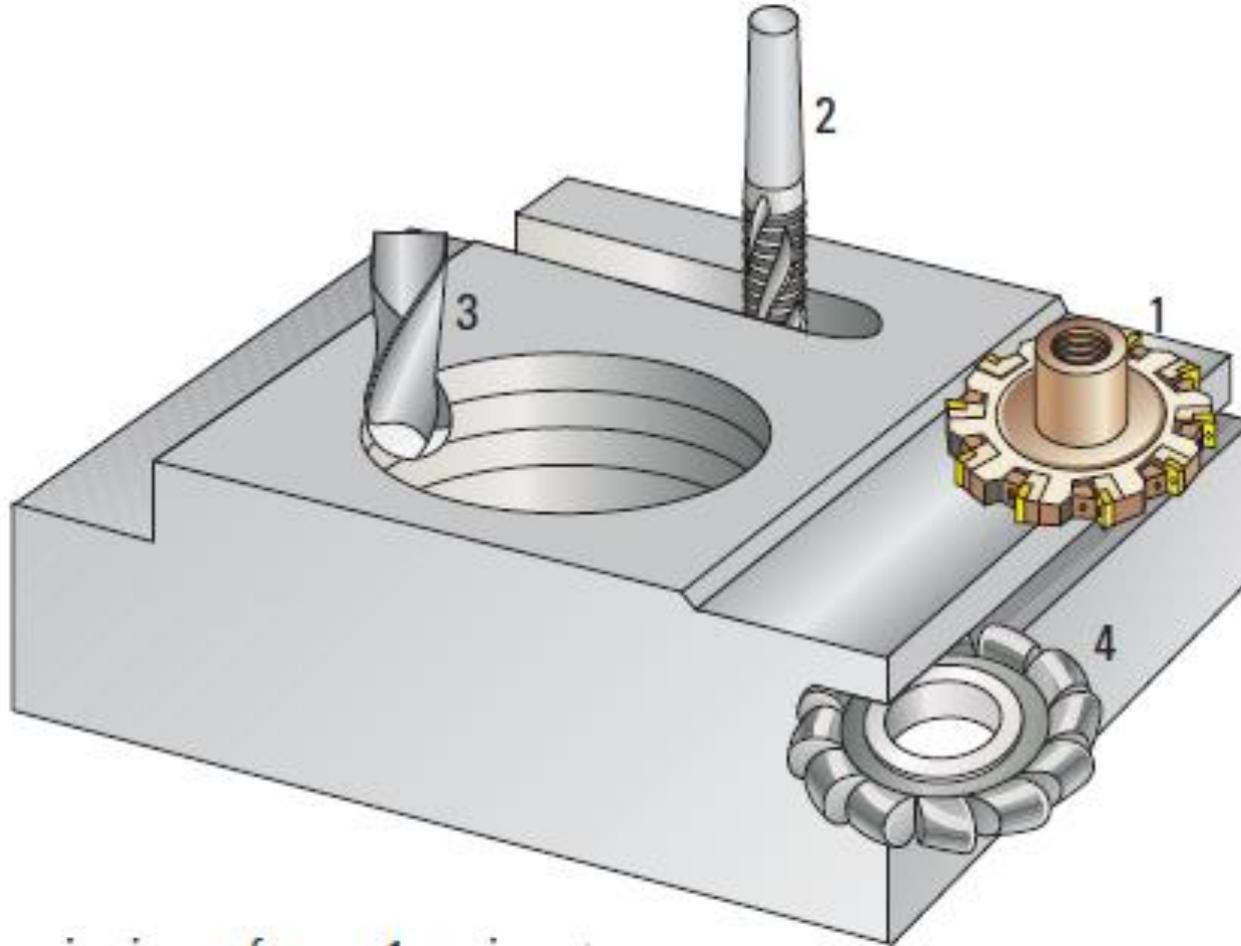


Angoli caratteristici delle frese

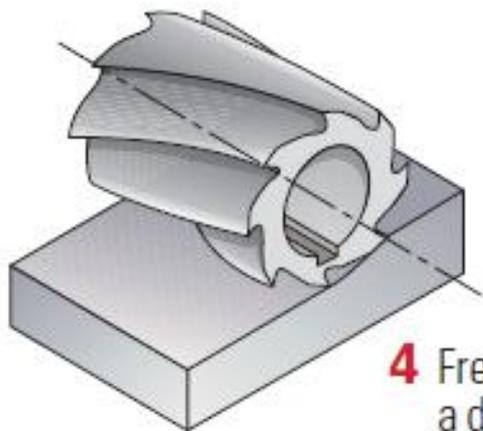
frese.

- angolo di spoglia inferiore α
- angolo di taglio β
- angolo di spoglia superiore γ

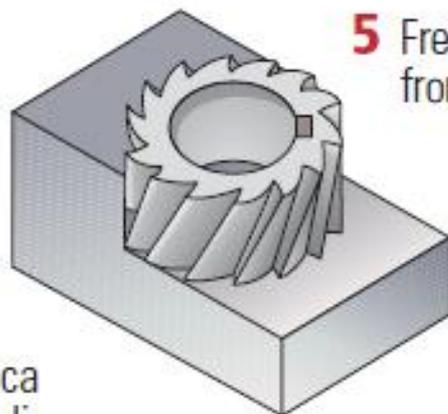
Tipologie di lavorazioni di fresatura



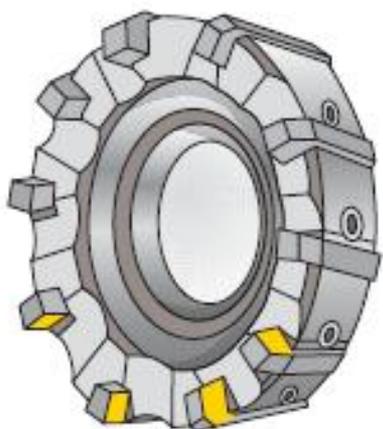
1. Spianatura di piani
2. Formazione di cave
3. Formazione di cave
4. scanalatura



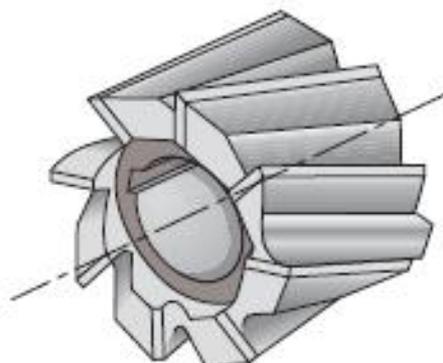
4 Fresa cilindrica a denti elicoidali.



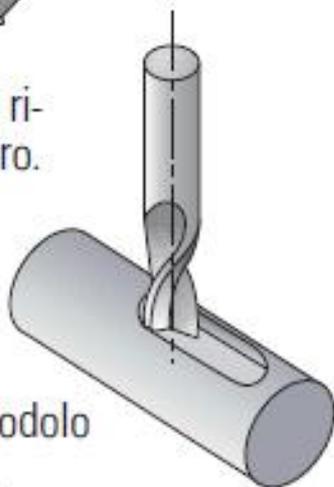
5 Fresa cilindrico-frontale.



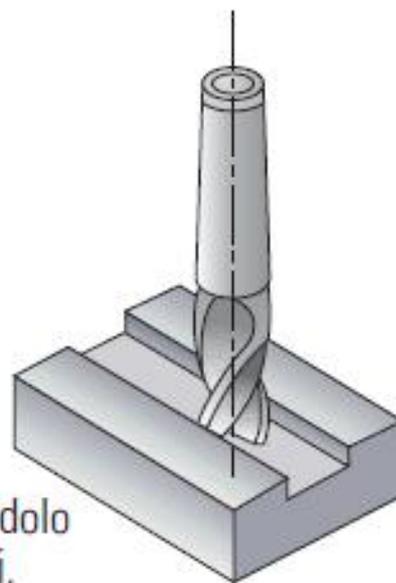
7 Fresa con denti riportati in carburo.



6 Fresa a manicotto.

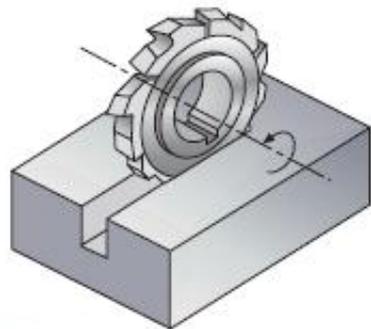


8 Fresa a codolo per cave.



9 Fresa a codolo per stampi.

Utensili di fresatura (frese)



10 Fresa a disco a tre tagli.

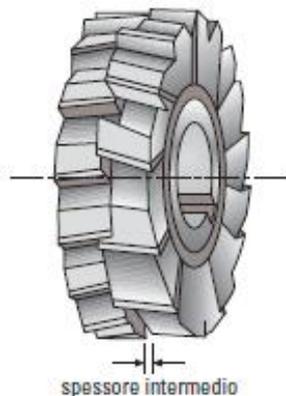


11 Fresa a denti dritti.

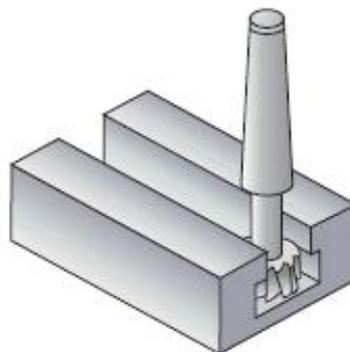


12 Fresa a denti elicoidali.

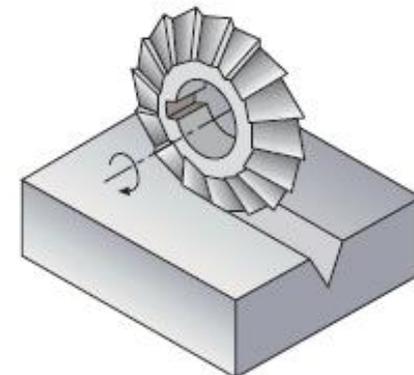
Utensili di fresatura (frese)



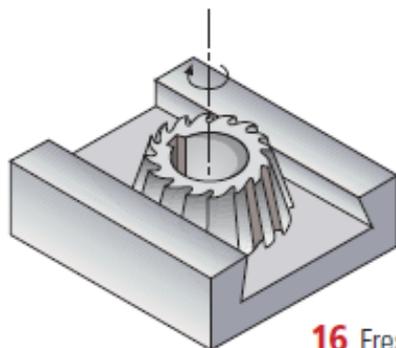
13 Fresa a spessore intermedio.



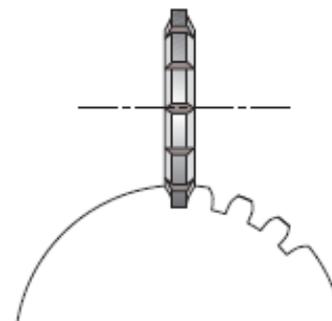
14 Fresa per scanalatura a T.



15 Fresa ad angolo biconica.



16 Fresa ad angolo piano-conica.



17 Fresa con profilo costante.

Utensili di fresatura (frese)



Creatore
per taglio
ingranaggi

Frese a
candela



Frese a
disco e a
bocciolo

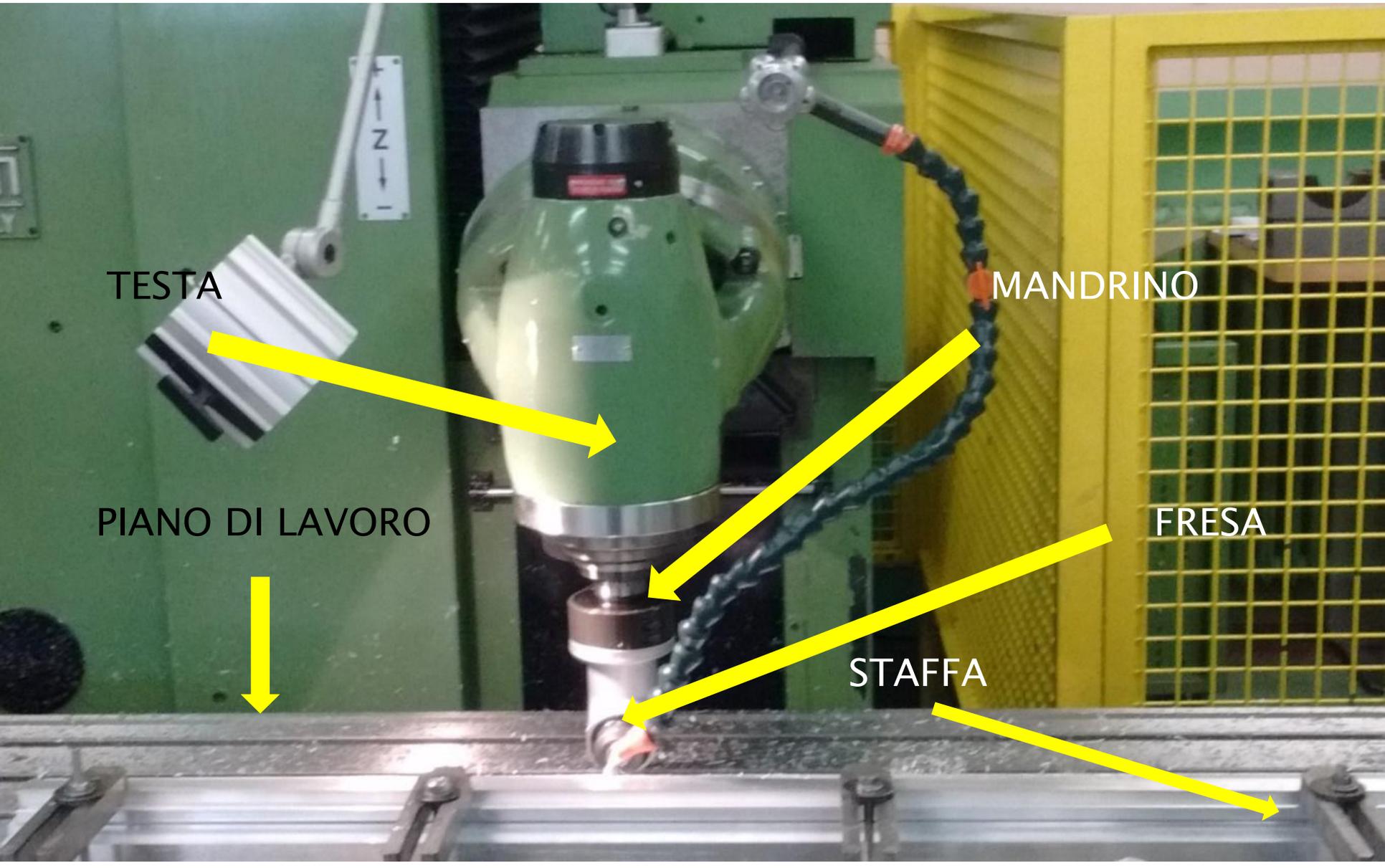


Frese
frontali
con inserti



FRESATRICE

Macchina utensile che conferisce moto rotatorio alla fresa, utensile a spigoli taglienti che lavora asportando materiale da un pezzo fissato al piano di lavoro.



TESTA

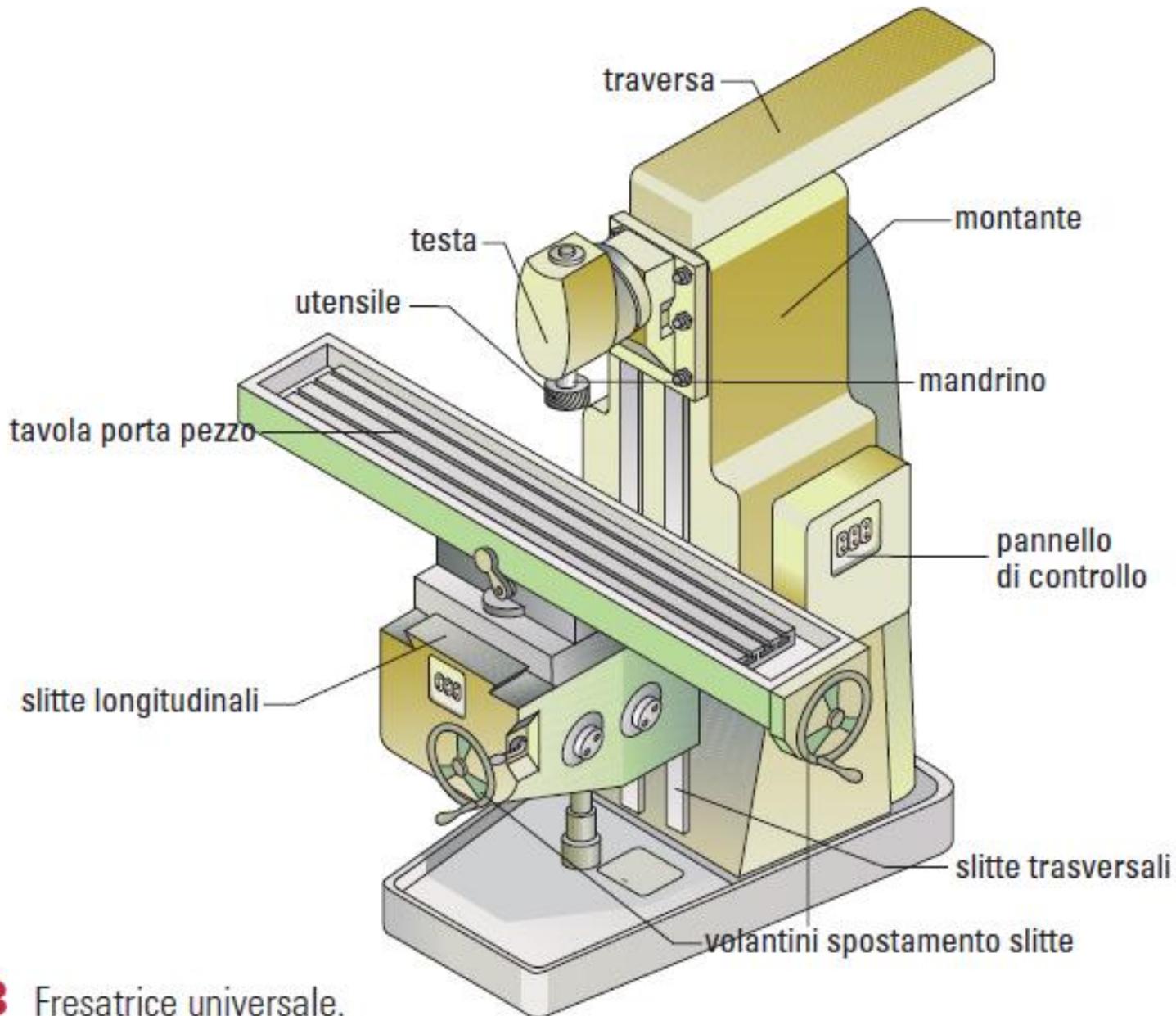
MANDRINO

PIANO DI LAVORO

FRESA

STAFFA

Macchine Utensili di fresatura



Fresatrice
Universale

Macchine Utensili di fresatura



Fresatrice
Speciale

Macchine Utensili di fresatura



Fresatrice automatica a controllo numerico

Macchine Fresatrici

Fresatrice
orizzontale



Fresatrice verticale
CNC



Fresatrice per
stampi CNC



Macchine Fresatrici

Fresatrici orizzontali

Sono così chiamate perché hanno l'asse del mandrino *orizzontale* e sono le più diffuse. La tavola porta pezzo, disposta sotto il mandrino, è dotata di moto di alimentazione trasversale e verticale.

In molte fresatrici orizzontali, tutti i moti sono comandati da un solo motore elettrico, attraverso un complesso sistema di trasmissione.

Fresatrici verticali

Hanno il mandrino disposto *verticalmente*. La tavola porta pezzo è dotata di moto di avanzamento e scorre su due serie di slitte perpendicolari. La testa che porta il mandrino è a sua volta scorrevole su guide verticali che le consentono i moti di avvicinamento.

Macchine Fresatrici

Fresatrici speciali

Sono adatte per *lavorazioni particolari*, come la realizzazione di chiavi e chiavette, intagli, scanalature e cavità in genere. La testa porta fresa è montata su un carrello azionato da un sistema biella-manovella che consente lo spostamento longitudinale con moto rettilineo.

Fresatrici universali

Si chiamano **fresatrici universali** [fig. 3] quelle che riuniscono le funzioni delle fresatrici orizzontali e di quelle verticali. Nelle fresatrici universali la tavola porta pezzo può anche ruotare.

Macchine Fresatrici

Fresatrici automatiche a controllo numerico

Sono impiegate per la riproduzione di profili o superfici molto complesse. Le fresatrici automatiche sono munite di una *punta tastatrice* che si mantiene sempre aderente al modello (*frese a copiare*), guidando nei suoi movimenti l'utensile fresa.

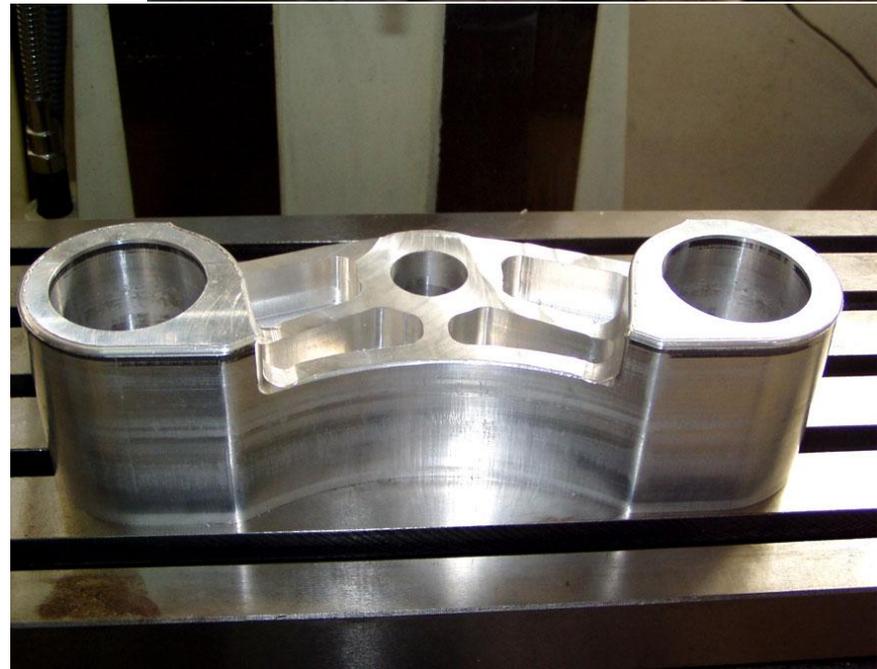
Esempi di pezzi fresati

Stampo



Carter

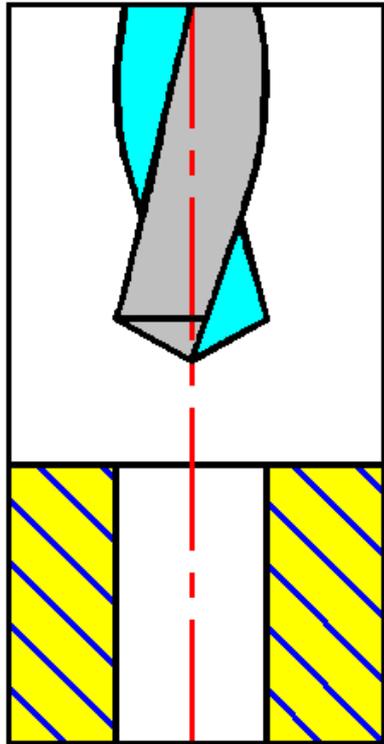
Supporto



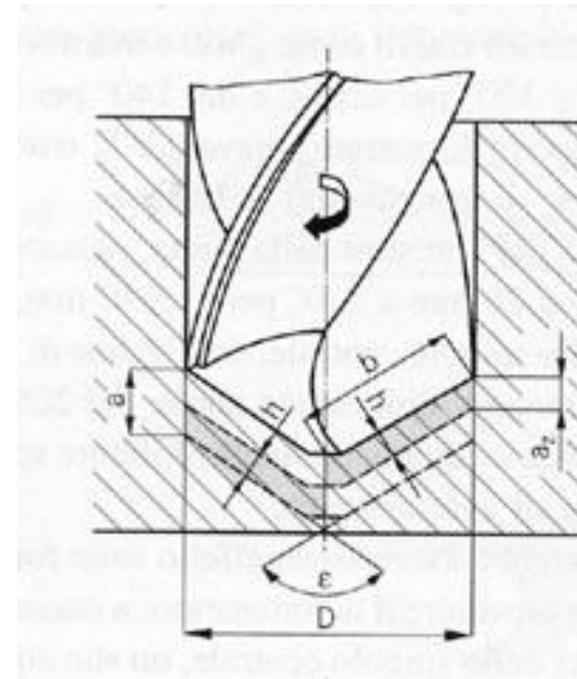
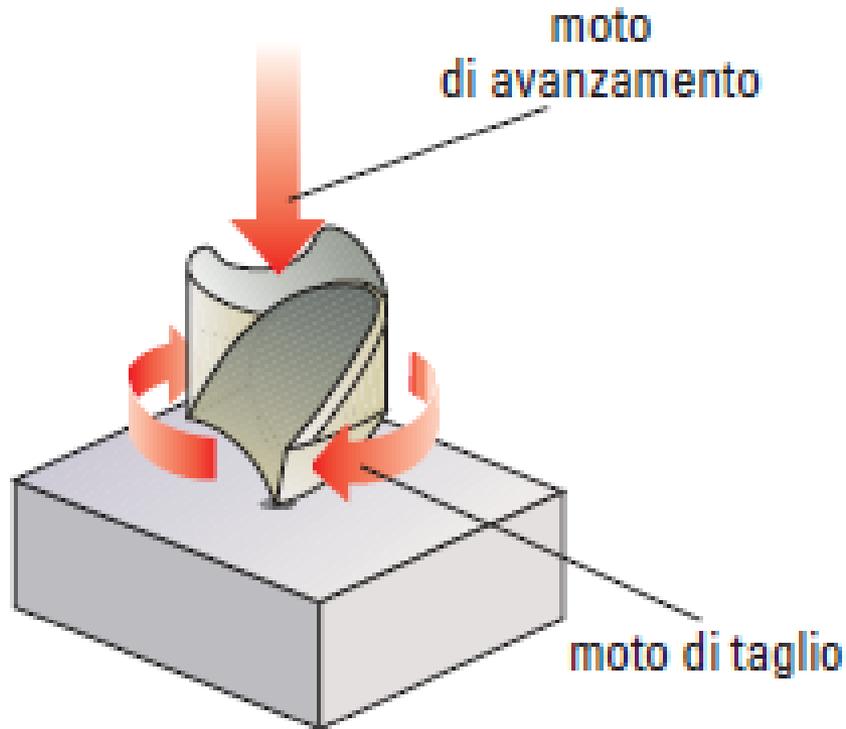
Foratura

- ❑ La lavorazione di **fori al trapano** è uno dei processi di taglio più diffusi (tecnologie alternative: tranciatura per pezzi in lamiera, elettroerosione)
- ❑ L'utensile più comunemente usato è la **punta elicoidale**; è dotato sia del **moto di taglio** (rotazione) che di quello di **avanzamento** (lungo il proprio asse di rotazione)
- ❑ Per quanto possa essere veloce ed economica, la foratura è un'operazione **meno efficiente** di altre (velocità di taglio nulla in corrispondenza dell'asse, difficoltà ad evacuare il truciolo in fori piccoli e/o profondi)

Schema della lavorazione

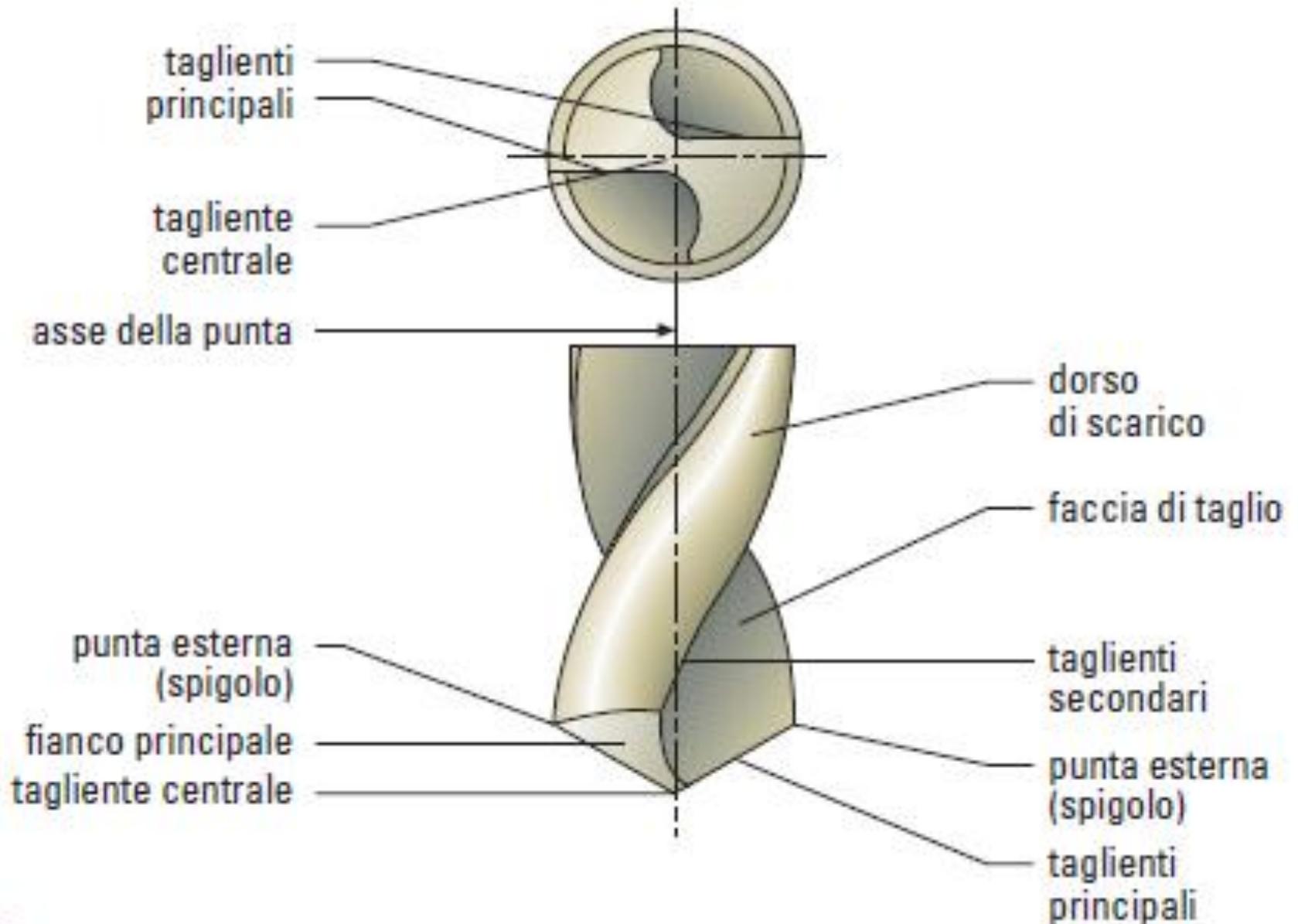


Schema della foratura con punta elicoidale

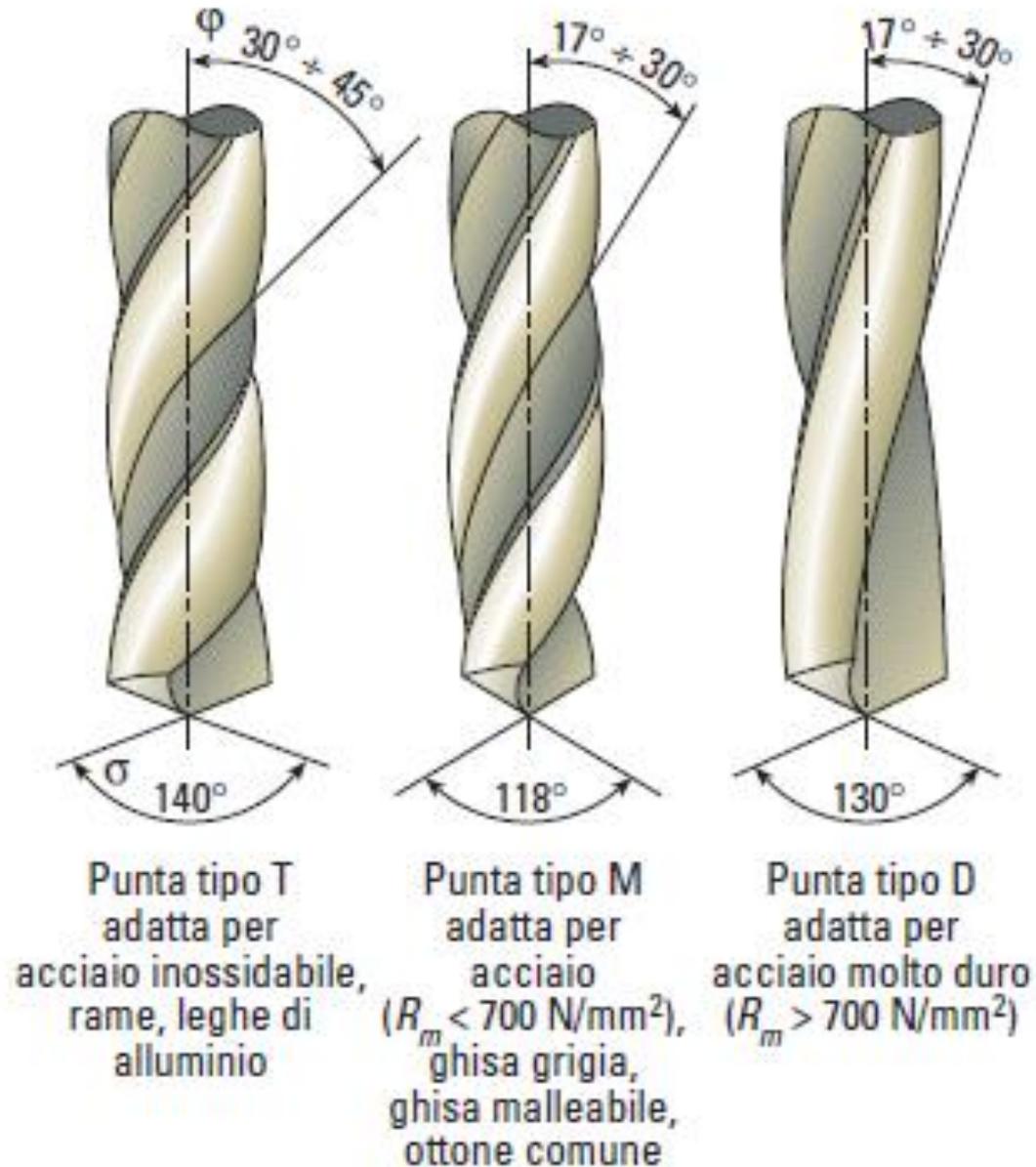


Schema di formazione del truciolo in foratura

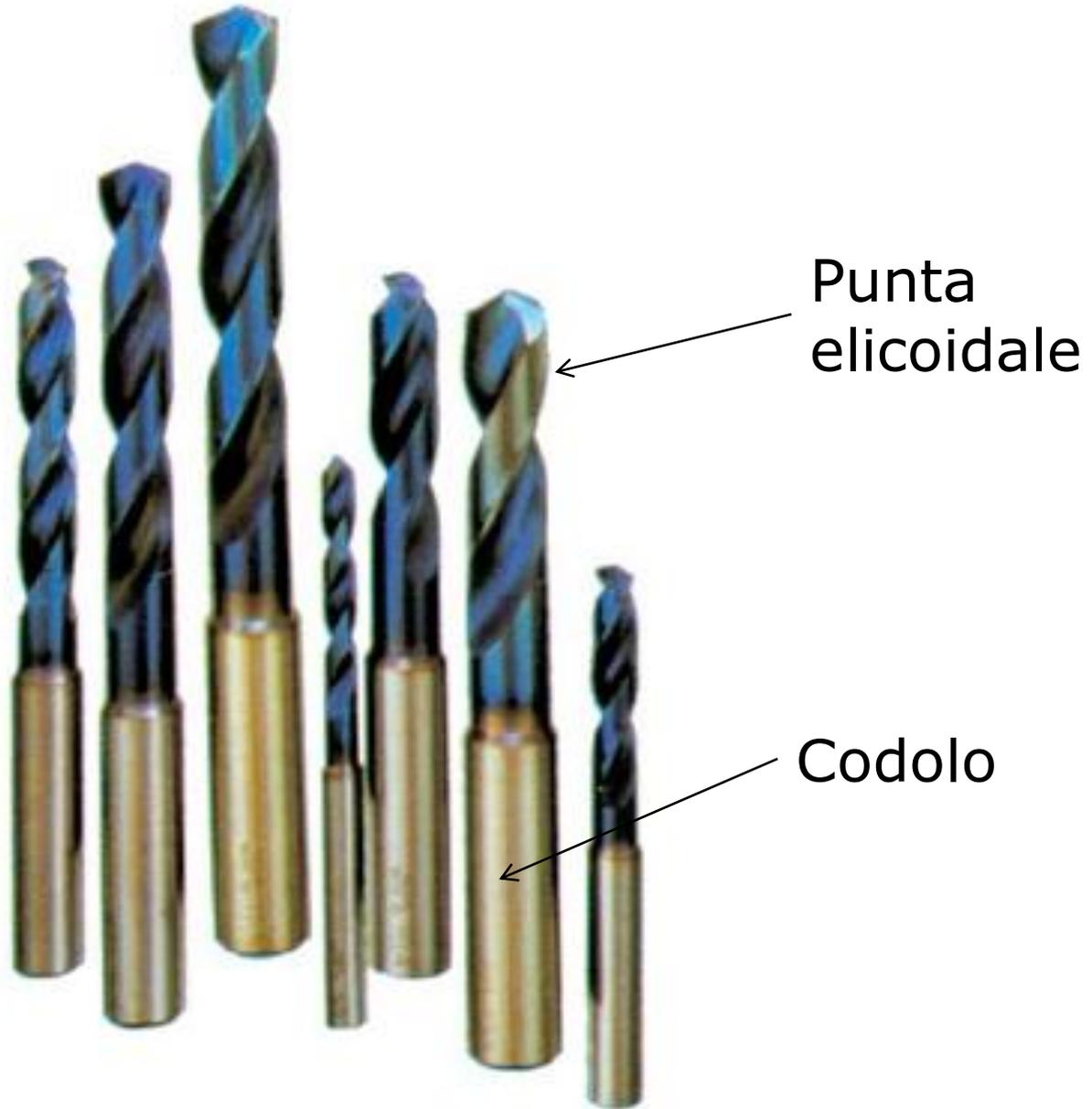
Parti componenti una punta elicoidale



Angoli caratteristici delle punte da trapano



Punte elicoidali per effettuare fori di vario diametro



Trapano verticale radiale o a bandiera



Utensili e Macchine utensili per foratura



Trapano radiale



Punte da
trapano

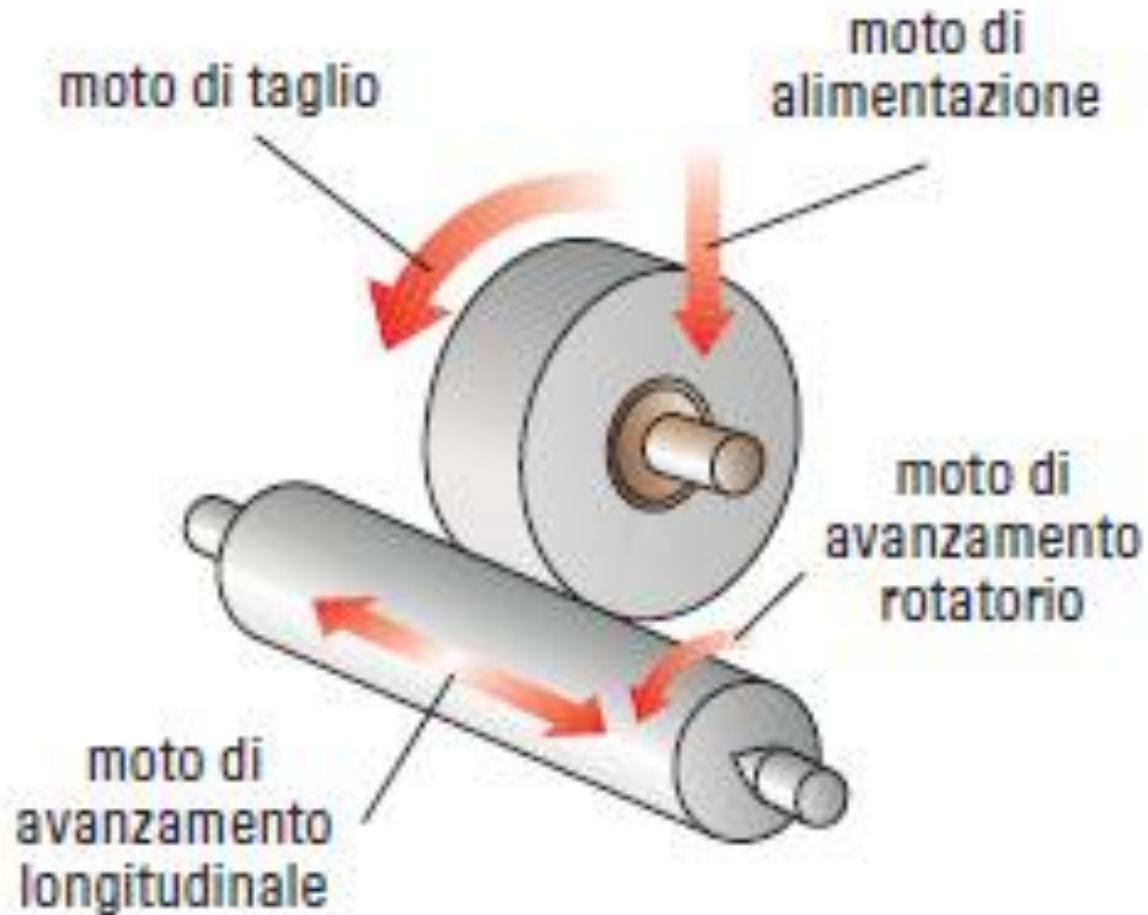


Trapano a colonna

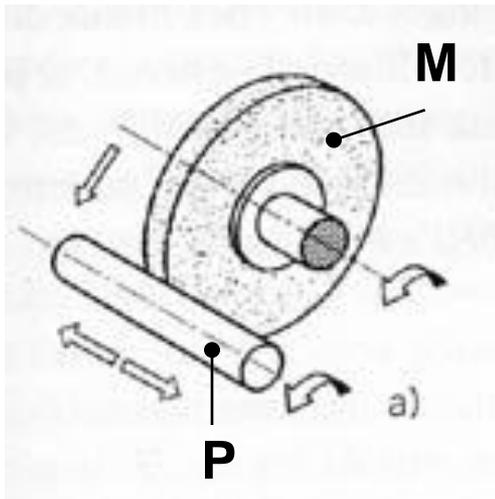
Rettifica

- ❑ Nel processo di rettifica, concettualmente analogo a quello di fresatura, il sovrametallo viene asportato tramite un particolare utensile rotante, la **mola abrasiva**, costituita da un conglomerato di **granuli di grande durezza** tenuti assieme da un **legante**
- ❑ Caratterizzato da **velocità di taglio** fino ai **100 m/s** ed oltre, il processo consente di asportare sovrametalli anche minimi (decimi di mm), e di conferire ai pezzi lavorati **accuratezze** dimensionali fino a **pochi μm**
- ❑ Data l'estrema durezza dei granuli abrasivi, il processo si applica anche a **pezzi in acciaio temprato** (dopo il trattamento termico)

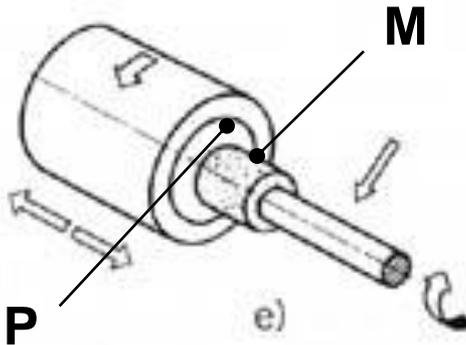
Moti di lavoro della rettifica



Schema di lavorazioni tipiche di rettifica

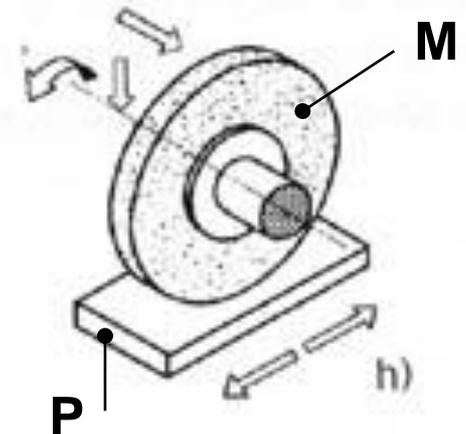


Rettifica in tondo
per esterni

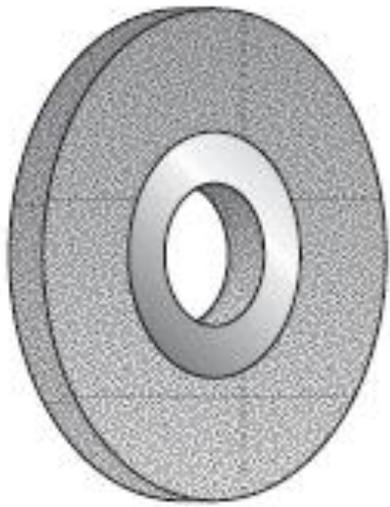


Rettifica in tondo
per interni

P: pezzo in lavorazione
M: mola abrasiva



Rettifica tangenziale
per piani



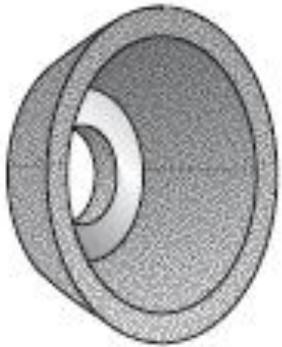
a



b



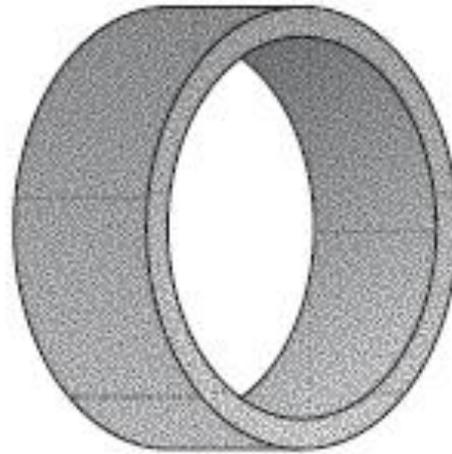
c



d



e



f

**Utensili per
rettifica**

2 Vari tipi di mole: *a)* a disco, *b)* a tazza cilindrica, *c)* a tazza conica, *d)* a scodella, *e)* a bisello, *f)* ad anello.

Utensili per rettifica

La scelta della mola dipende da:

- *tipo di abrasivo*, che dipende dal materiale da molare;
- *dimensione della grana*, che determina la finitura desiderata;
- *durezza*: materiali duri richiedono mole relativamente tenere, mentre, viceversa, per materiali teneri si possono usare mole più dure;
- *tipo di agglomerante*.

La forma della mola dipende dalla lavorazione alla quale è destinata e dalla forma del pezzo in lavorazione. Le mole più usate sono [fig. 2]:

- *a disco*;
- *a tazza cilindrica*;
- *a tazza conica*;
- *a scodella*;
- *a bisello*;
- *ad anello*.

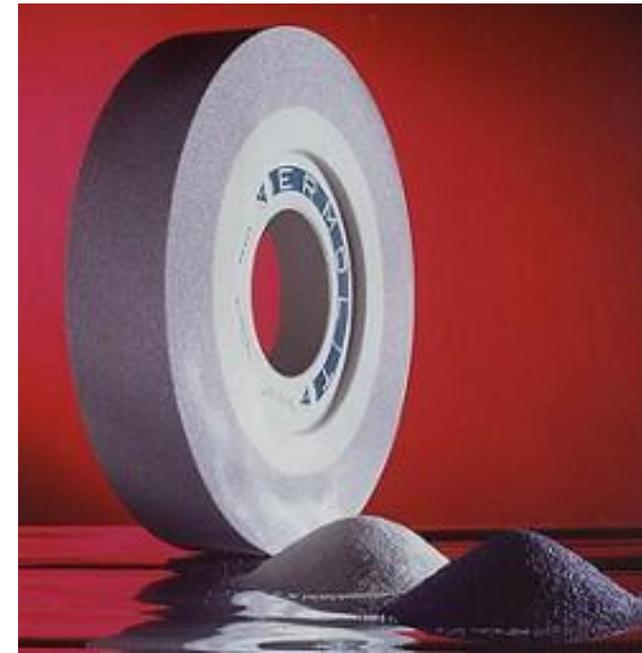
Processo di Rettifica



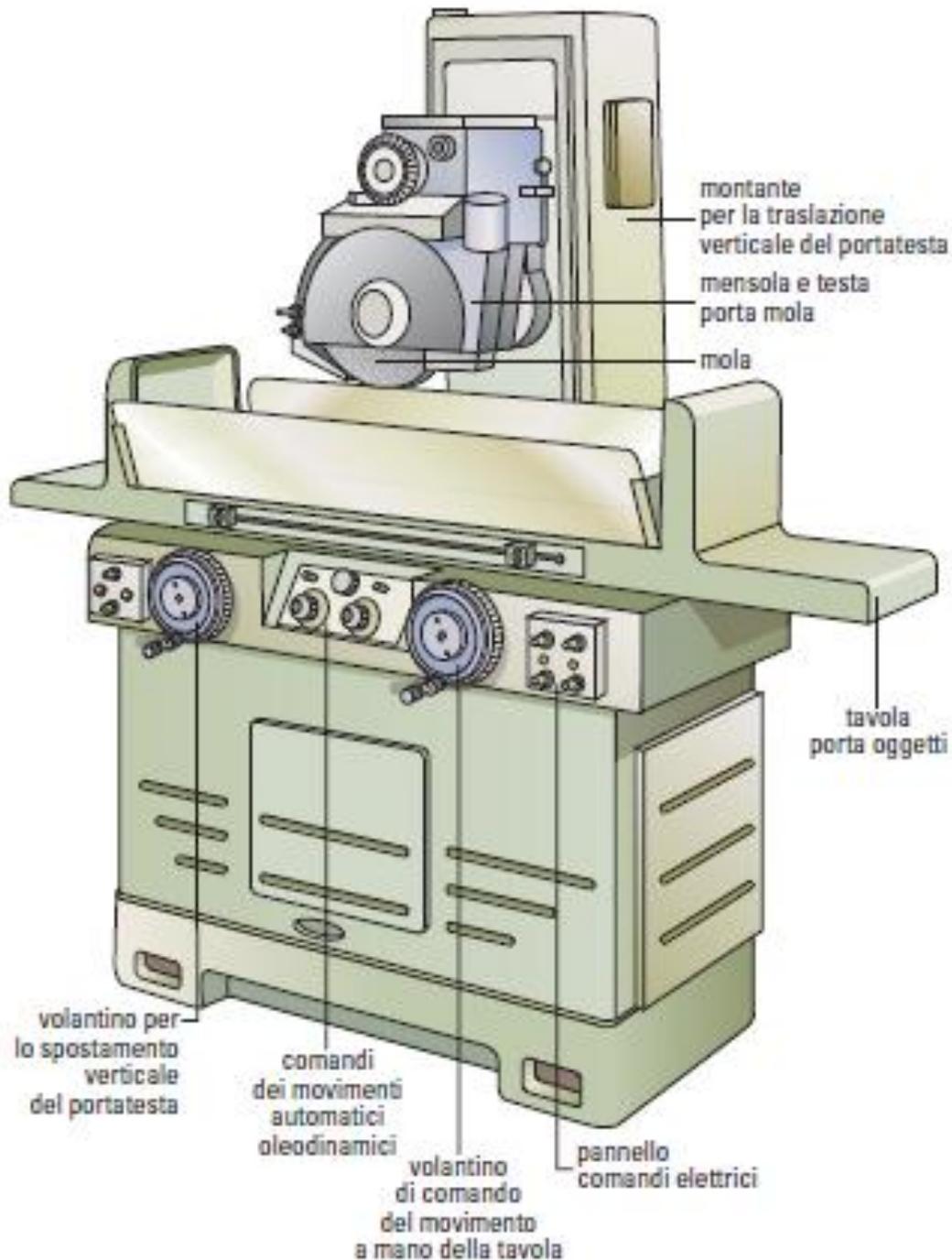
Rettifica in passante di barre cilindriche



Mole abrasive



Macchina di Rettifica



Elementi principali di una Rettificatrice tangenziale

Processo di Rettifica



Campionario di pezzi rettificati



Rettificatrice CNC per esterni

Macchine di Rettifica

Esistono varie tipologie di rettificatrici:

- In tondo per esterni
- In tondo per interni
- Frontale per piani
- Verticale
- Tangenziale per piani (la più diffusa)

Lavorazioni con moto di taglio rettilineo

- ❑ Permettono di lavorare **piani e superfici rigate** in genere
- ❑ Il moto di taglio è **intermittente**, con una fase inattiva di ritorno. Il processo di asportazione è pertanto **meno produttivo** rispetto a quelli con moto di taglio rotatorio e continuo
- ❑ Gli esempi più significativi di queste tecnologie di lavorazione sono la **stozzatura** e la **brocciatura**, che si applicano soprattutto alle lavorazioni interne di forma non circolare



Stozzatrice

Utensili per Stozzatrice





Brocciatrice

Utensili per Brocciatrice

Brocche



Concetti e parole chiave:

- ❑ **Taglio dei metalli e formazione del truciolo**
- ❑ **Cinematica della lavorazione**
- ❑ **Velocità di taglio, velocità di asportazione**
- ❑ **Moto di taglio rotatorio vs. rettilineo**
- ❑ **Classificazione delle lavorazioni meccaniche per asportazione di truciolo:**
 - **Moto di taglio rotatorio (pezzo) ⇒ tornitura**
 - **Moto di taglio rotatorio (utensile) ⇒ fresatura, foratura, alesatura, maschiatura, rettifica**
 - **Moto di taglio rettilineo ⇒ stozzatura, brocciatura**



LAVORAZIONI AL TRAPANO, AL TORNIO, ALLA FRESATRICE E ALLA RETTIFICATRICE

Attenzione a: punture, tagli, abrasioni, cesoiamento, stritolamento, proiezione di schegge, folgorazione.

Norme generali

- Verificare il buon funzionamento delle parti elettriche e meccaniche e l'efficienza di adeguati dispositivi di sicurezza.
- Bloccare il pezzo da lavorare al mandrino o alle morse.
- Assicurare l'utensile allo specifico dispositivo.
- Non rimuovere o manomettere i dispositivi di protezione.
- Controllare e rimuovere il pezzo solo a macchina ferma.
- Sostituire l'utensile solo a macchina ferma.
- Svuotare la vasca di contenimento dei trucioli con l'apposito attrezzo.
- Eseguire le operazioni di revisione e pulizia solo a macchina scollegata.
- Segnalare tempestivamente malfunzionamenti.

Indossare sempre: guanti, calzature di sicurezza, indumenti protettivi (tuta), occhiali.