

Lavorazioni per asportazione di truciolo

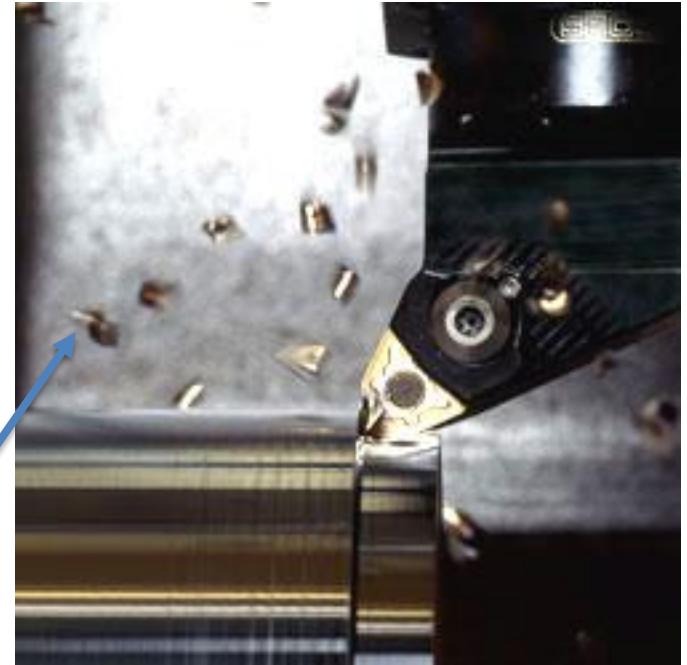
carmelo.demaria@unipi.it

Asportazione di materiale

Dalla piallatura in falegnameria...

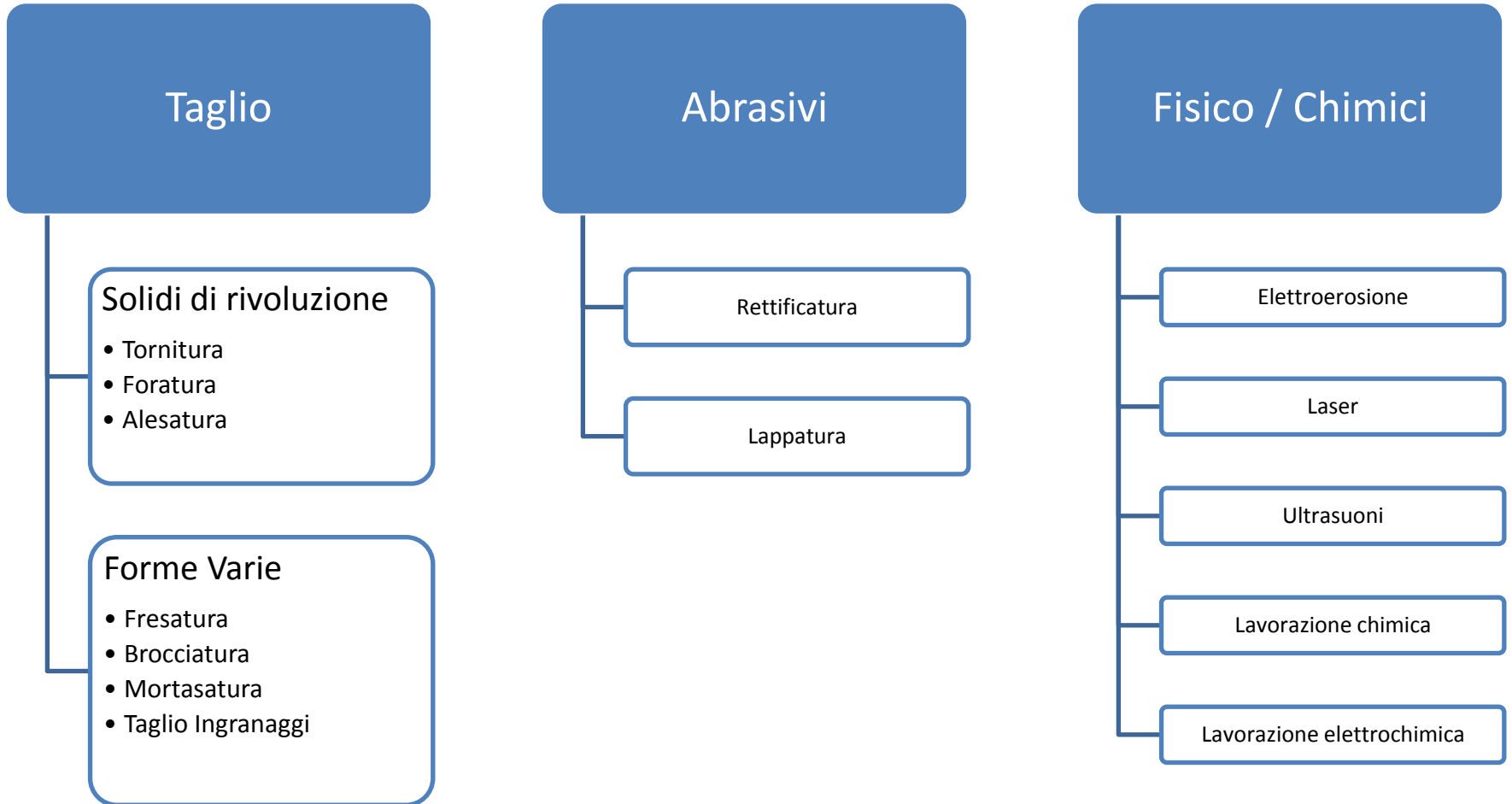


Truciolo



...alla tornitura in officina

Asportazione di materiale



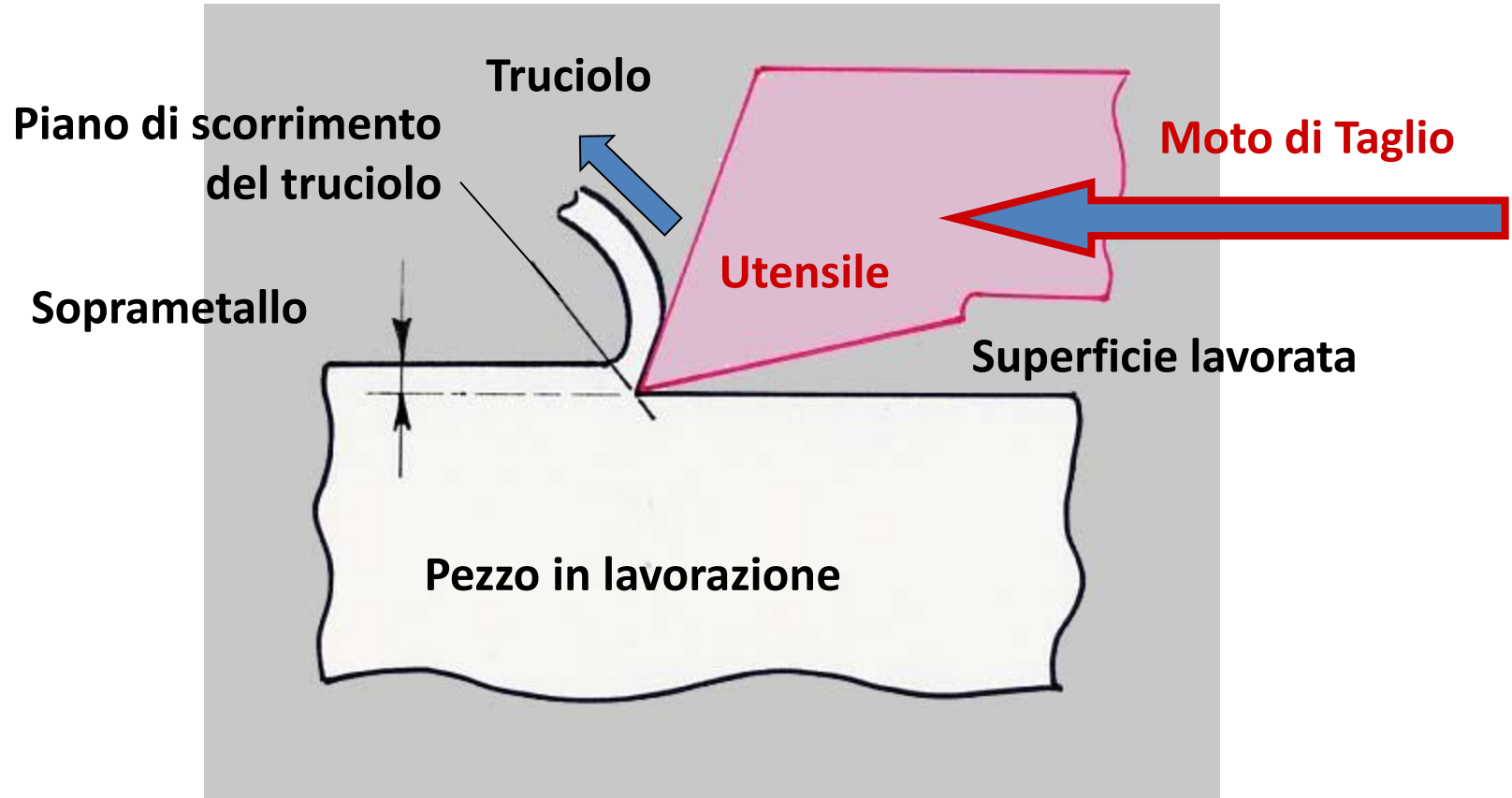
Truciolo

- 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



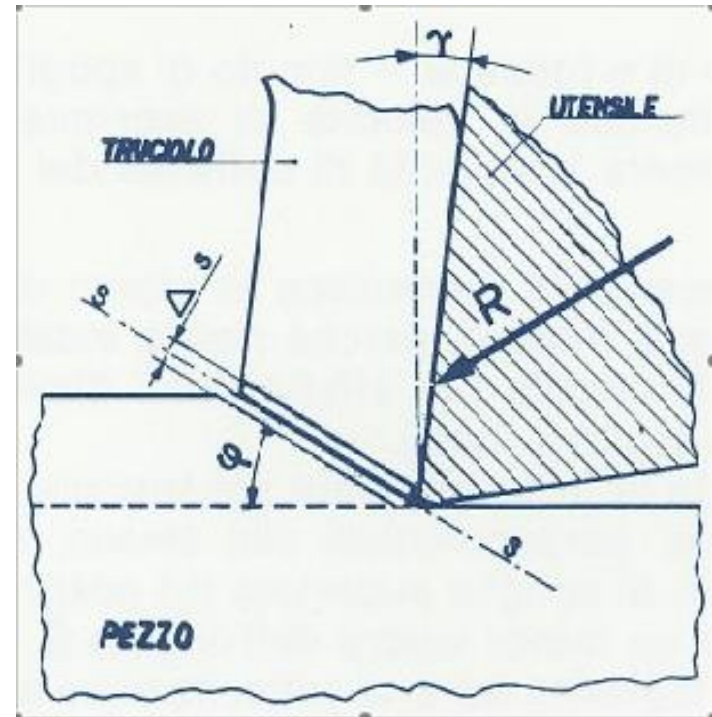
Truciolo di tornitura
acciaio inossidabile

Formazione del truciolo



Formazione del truciolo

- avviene per deformazione e strappamento del materiale
- alla base del truciolo si forma una zona di deformazione plastica a piani di scorrimento

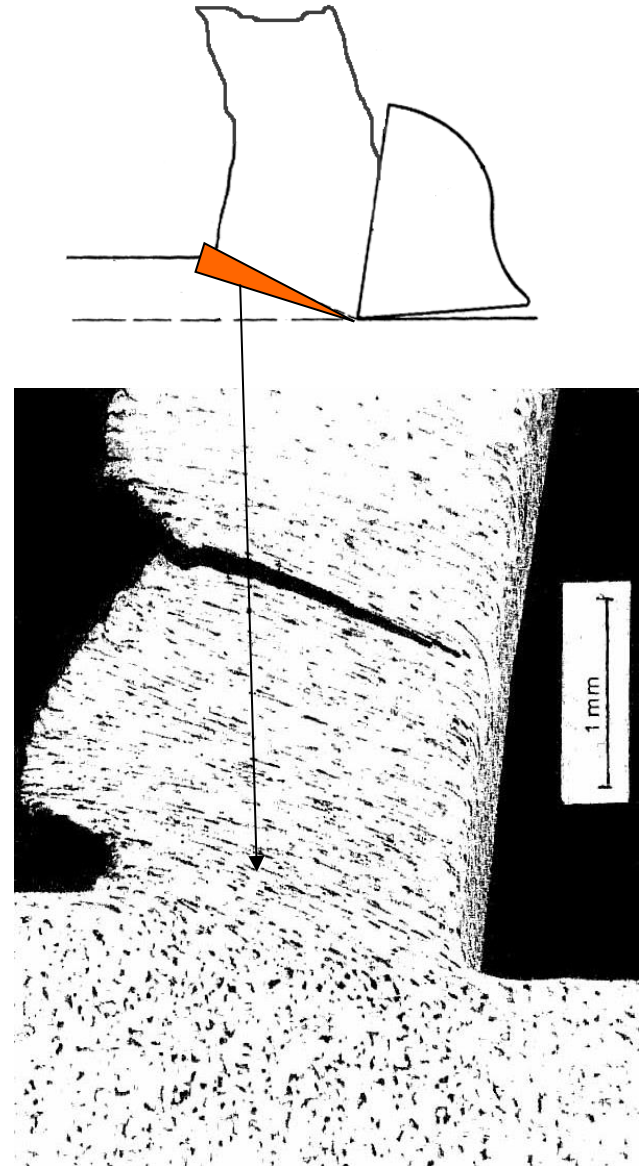


Formazione del truciolo

- Fattori più importanti che intervengono durante la deformazione:
 - temperatura, coefficiente di attrito, distribuzione delle tensioni, forze normali e tangenziali, struttura del materiale, forma dell'utensile, parametri di taglio,
- L'inclinazione del piano di scorrimento plastico dipende da:
 - materiale, geometria utensile, velocità di taglio, profondità di passata, avanzamento, materiale utensile,.....
 - Il piano di scorrimento è variabile durante la formazione del truciolo

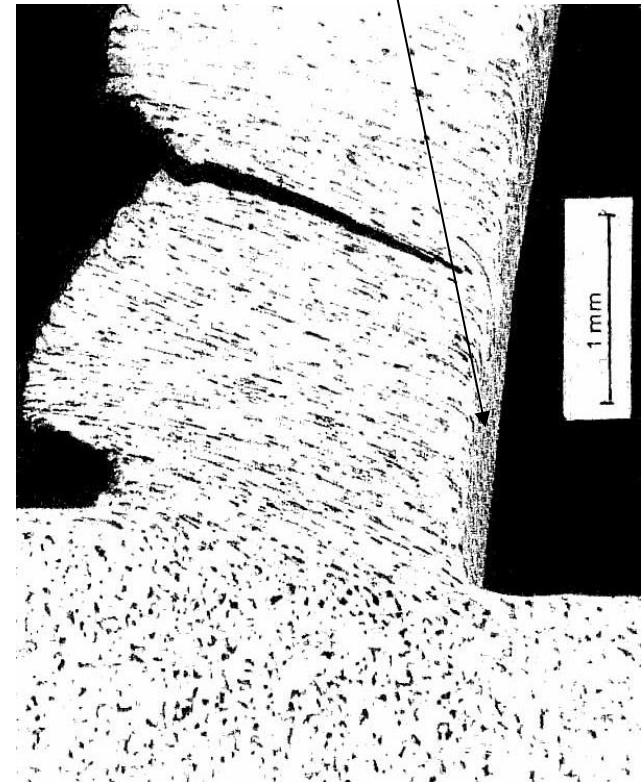
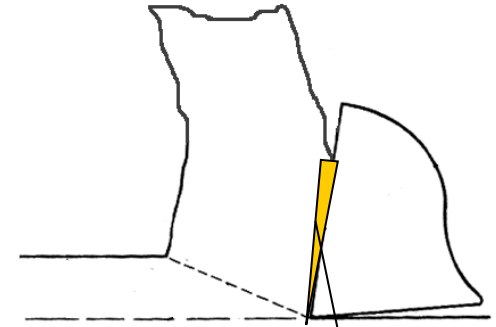
Formazione del truciolo

- scorrimento primario
 - scorrimento plastico del materiale
 - generazione di calore



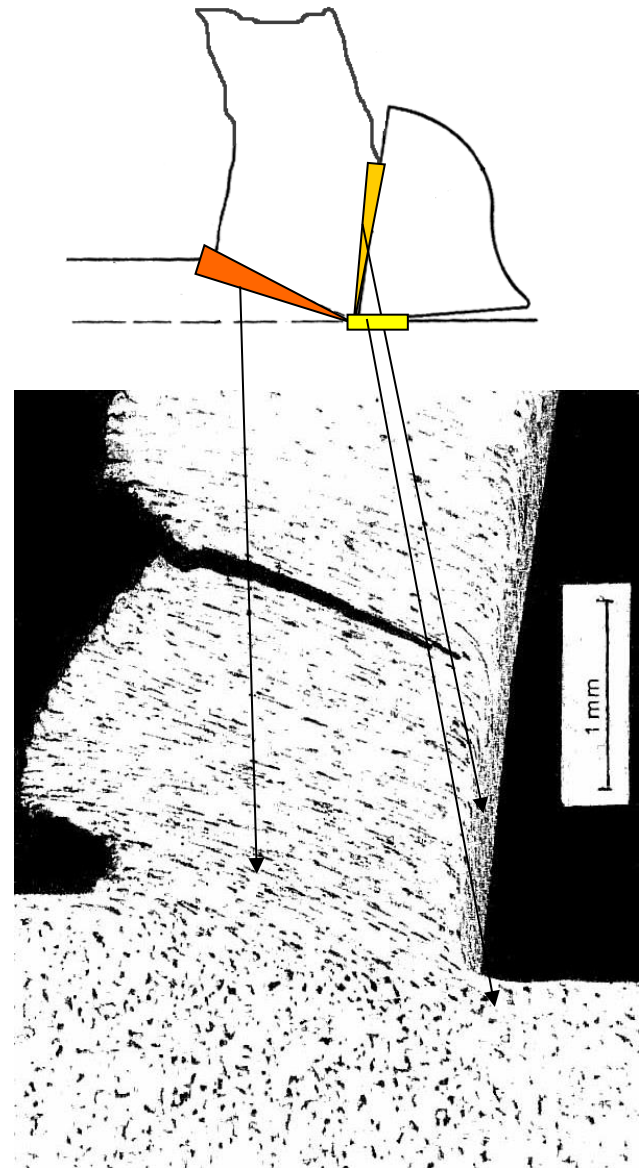
Formazione del truciolo

- Scorrimento secondario
 - elevati scorrimenti plastici
 - strato molto sottile
 - forte generazione di calore
 - elevata pressione sull'utensile



Formazione del truciolo

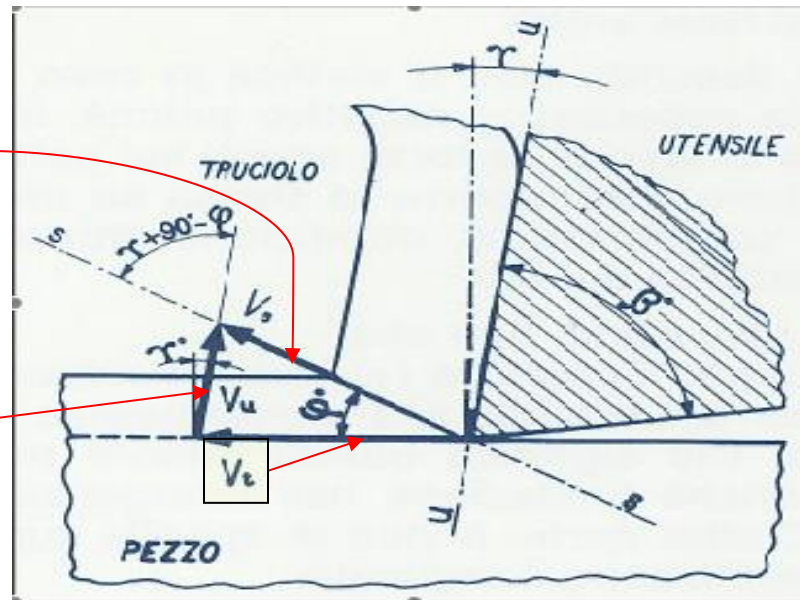
- Scorrimento sul fianco
 - aumenta con l'usura del fianco
 - generazione di calore



Aspetti dinamici

$$V_s = V_t \times \left\{ \frac{\cos \gamma}{\cos(\varphi - \gamma)} \right\}$$

$$V_u = V_t \times \left\{ \frac{\sin \varphi}{\cos(\varphi - \gamma)} \right\}$$



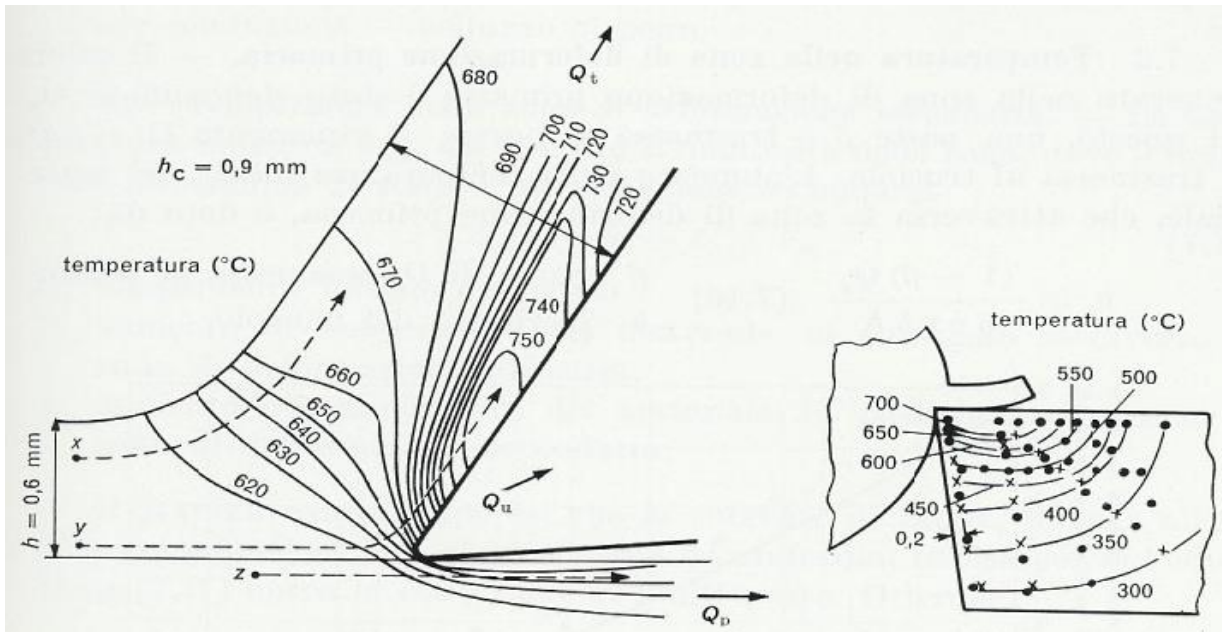
Aspetti dinamici del taglio

- All'aumentare di γ corrisponde :
 - diminuzione velocità di scorrimento V_s
 - aumento velocità di deflusso del truciolo V_u
 - diminuzione dello sforzo di taglio
 - Indebolimento dell'utensile per la diminuzione dell'angolo β

Aspetti dinamici del taglio

- Per valori di γ positivi utensile sollecitato a taglio (sfavorevole al metallo duro), minori sforzi di taglio e minori deformazioni del truciolo; minori vibrazioni
- Per valori di γ negativi utensile sollecitato a compressione (favorevole al metallo duro), maggiori sforzi di taglio e maggiori deformazioni del truciolo

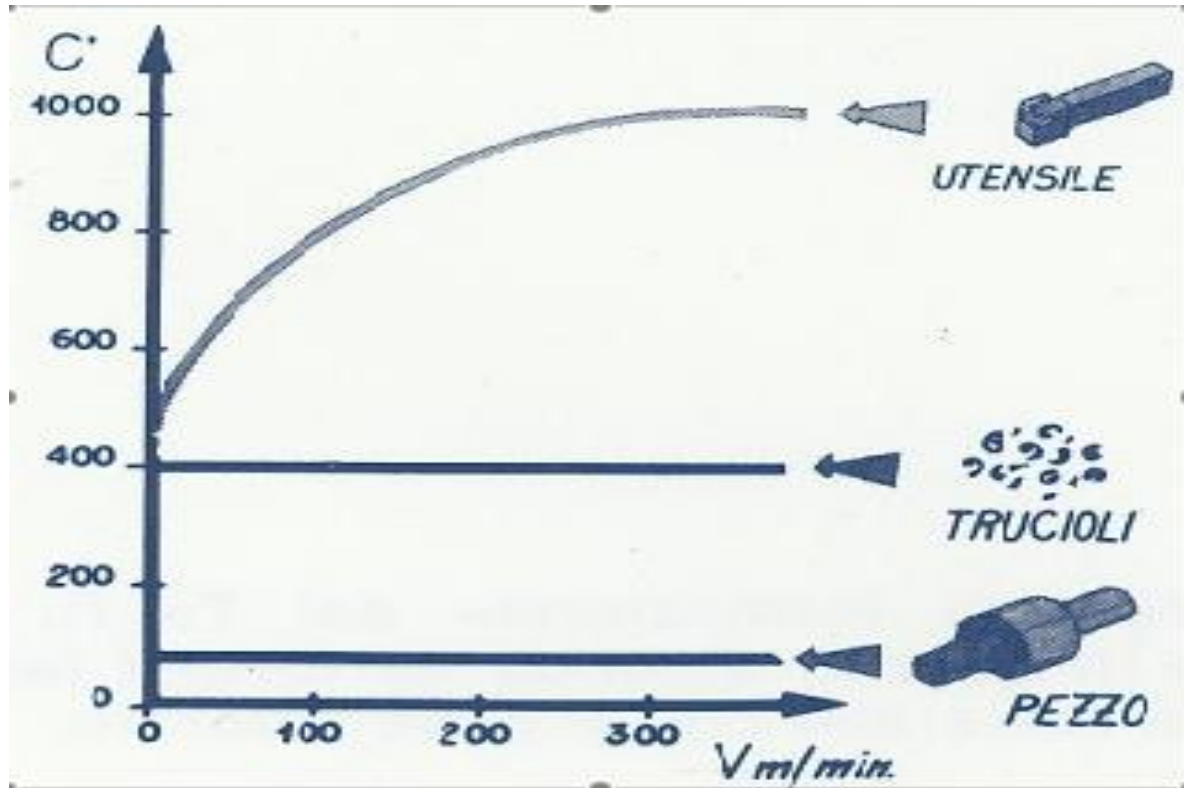
Aspetti termici del taglio



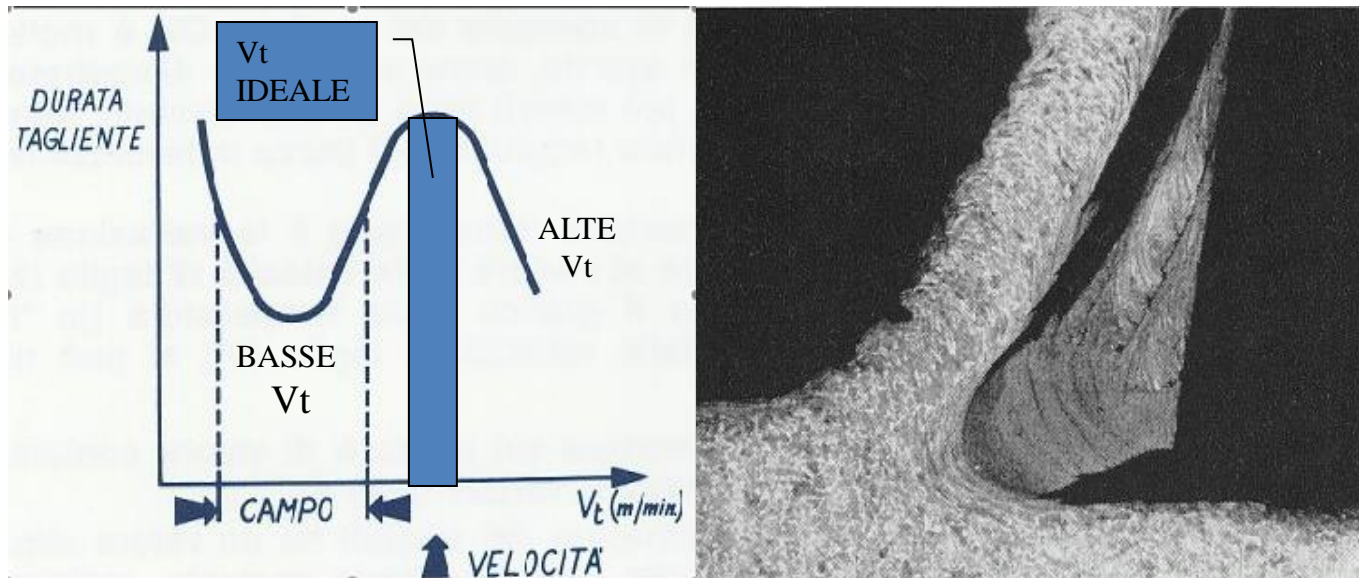
Aspetti termici del taglio

- La maggior parte di potenza assorbita nella formazione del truciolo si trasforma in calore :
 - zona di deformazione del materiale : il calore prodotto determina principalmente la temperatura del truciolo
 - zona di strisciamento tra fianco dell'utensile e pezzo : il calore prodotto determina la temperatura del pezzo in lavorazione ; lo strisciamento provoca l'usura del fianco dell'utensile
 - zona di strisciamento del truciolo sul petto dell'utensile : il calore prodotto contribuisce a determinare la temperatura del truciolo, ma in massima parte determina la temperatura dell'utensile e la conseguente durata del tagliente; lo strisciamento provoca la formazione del cratere di usura

Aspetti termici del taglio



Aspetti termici del taglio



Aspetti termici del taglio

- Il problema della alte e basse velocità di taglio
 - velocità di taglio elevate comportano alte temperature, aumento dell'usura e ridotte durate del tagliente
 - Velocità di taglio troppo basse possono tenere la temperatura al di sotto dei valori minimi necessari per un completo deflusso del truciolo per strisciamento sull'utensile e generare incollaggi temporanei di sue parti sul petto dell'utensile : il fenomeno è noto come tagliente di riporto ; esso determina aumento della rugosità e dell'usura con conseguente riduzione della durata del tagliente

USURA

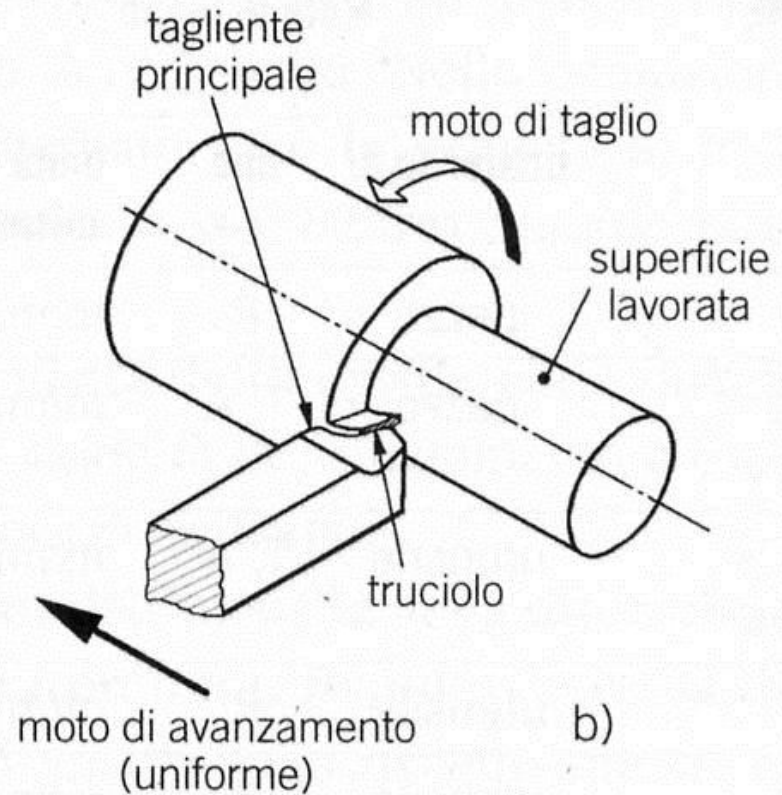
- Si forma durante le lavorazioni per asportazione di truciolo e determina la durata dell'utensile . Viene ottimizzata da una scelta corretta del materiale del tagliente
 - Usura sul fianco
 - Cratere di usura
 - Microfessurazioni
 - Deformazione plastica
 - Scheggiatura

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:** è il moto di posizionamento (tipicamente intermittente) che determina la larghezza del soprametallo

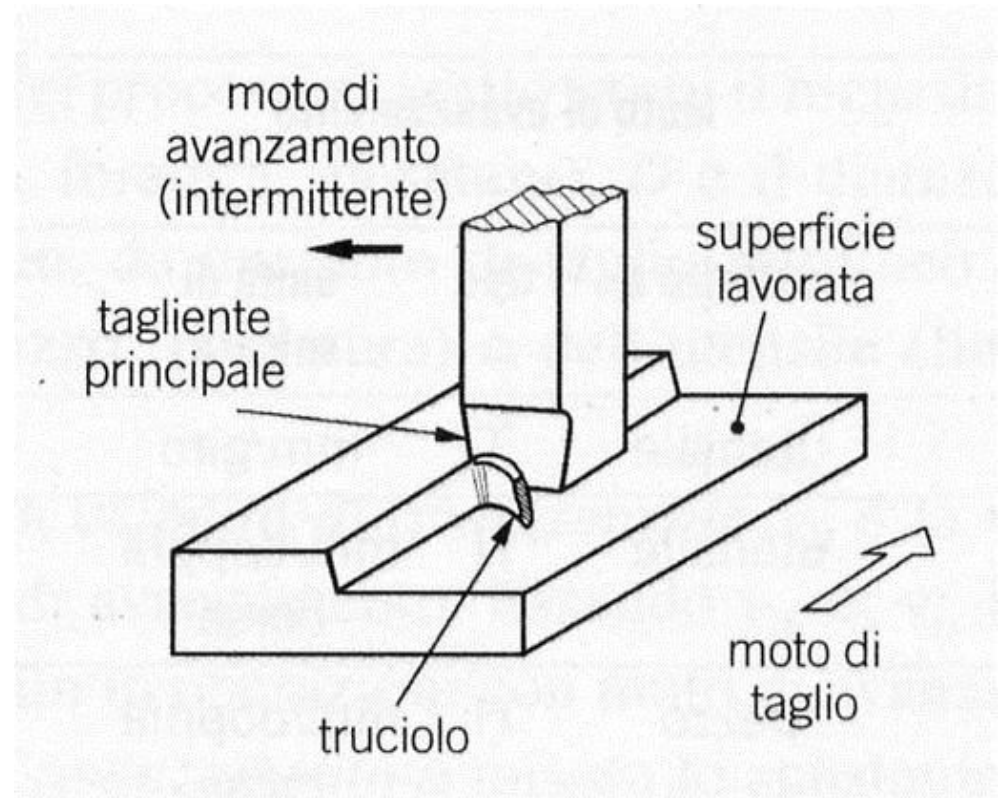
Cinematica di una lavorazione meccanica con moto di taglio rotatorio (tornitura)

- Il moto di taglio, rotatorio, genera il truciolo
- Il moto di avanzamento, longitudinale, determina lo spessore del truciolo
- Il moto di appostamento, radiale, 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



Classificazione delle lavorazioni per asportazione di truciolo

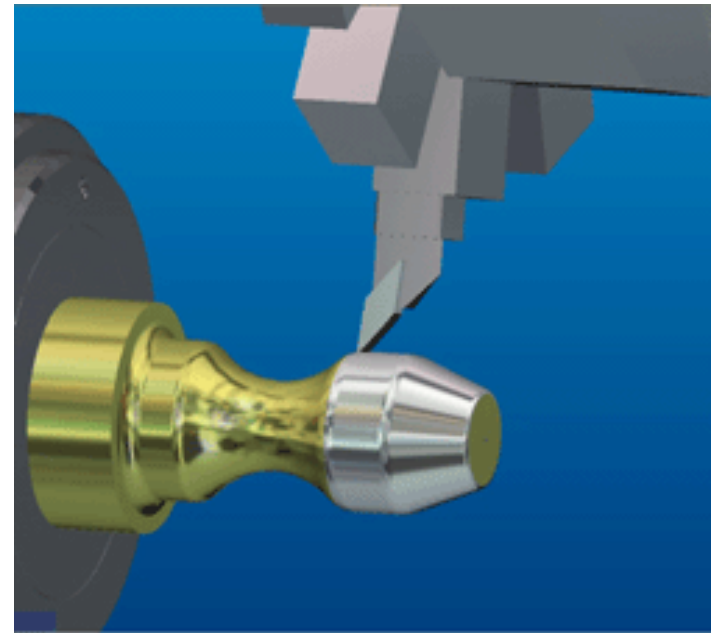
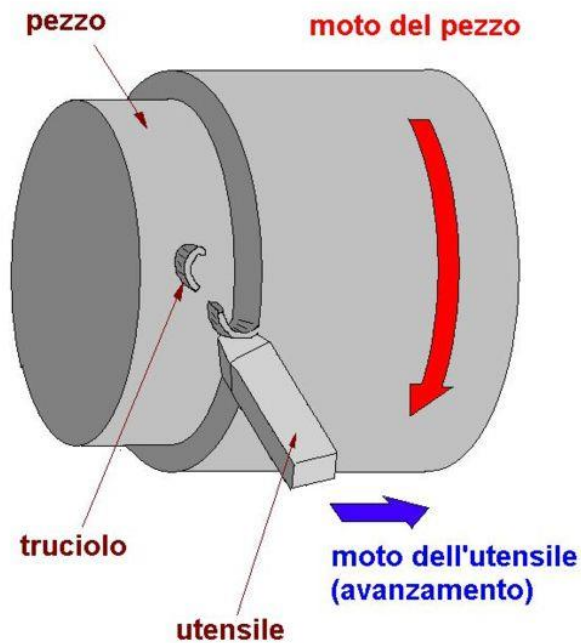
- **In base al moto di taglio**, (di rotazione, conferito al pezzo ovvero all'utensile, ovvero rettilineo), si possono classificare le lavorazioni in tre categorie principali:
 - Rotazione pezzo → Tornitura
 - Rotazione utensile → Fresatura, Foratura, Rettifica, Alesatura, Maschiatura
 - Moto rettilineo → Piallatura, Stozzatura, Brocciatura

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, cm^3/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

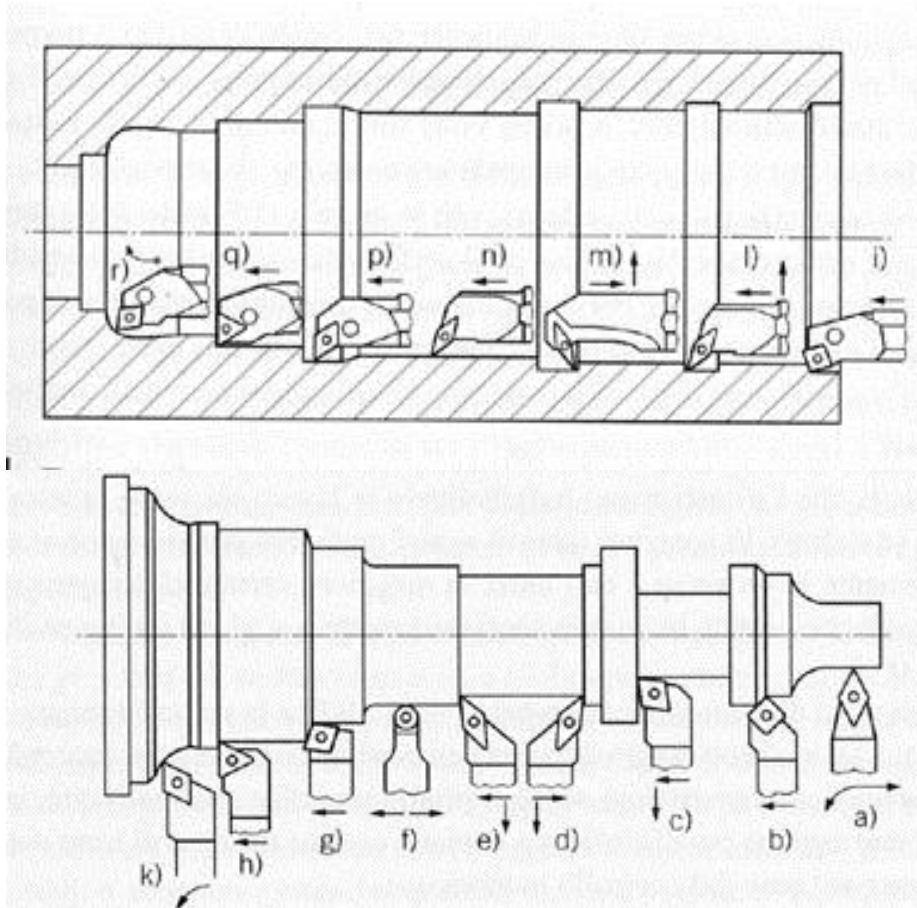
Tornitura

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

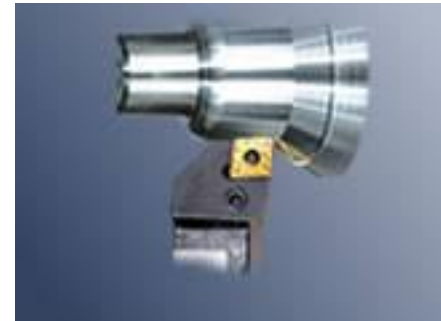


Esempio di lavorazione di tornitura

Utensili di tornitura

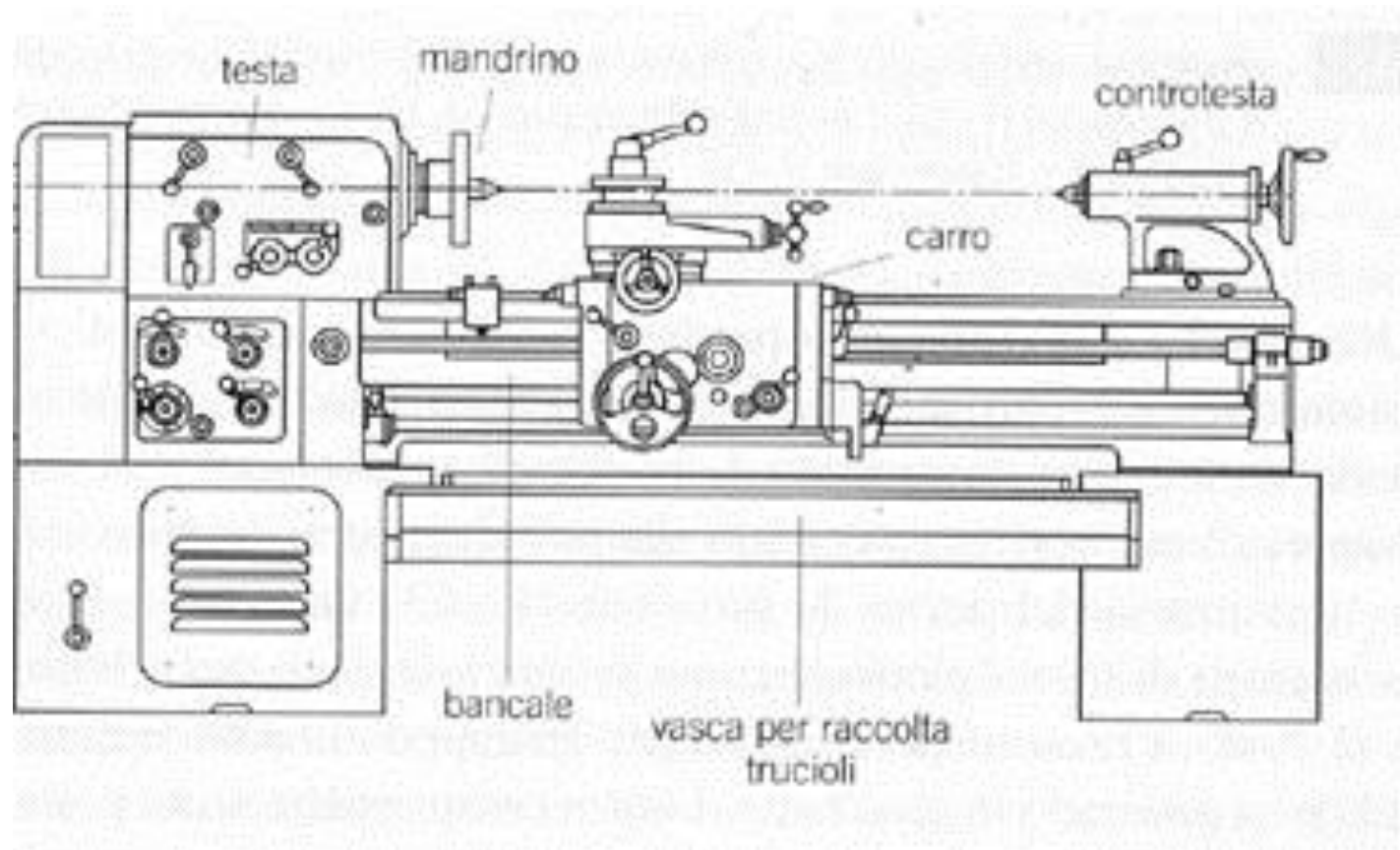


Impiego di utensili di tornitura per lavorazioni interne ed esterne

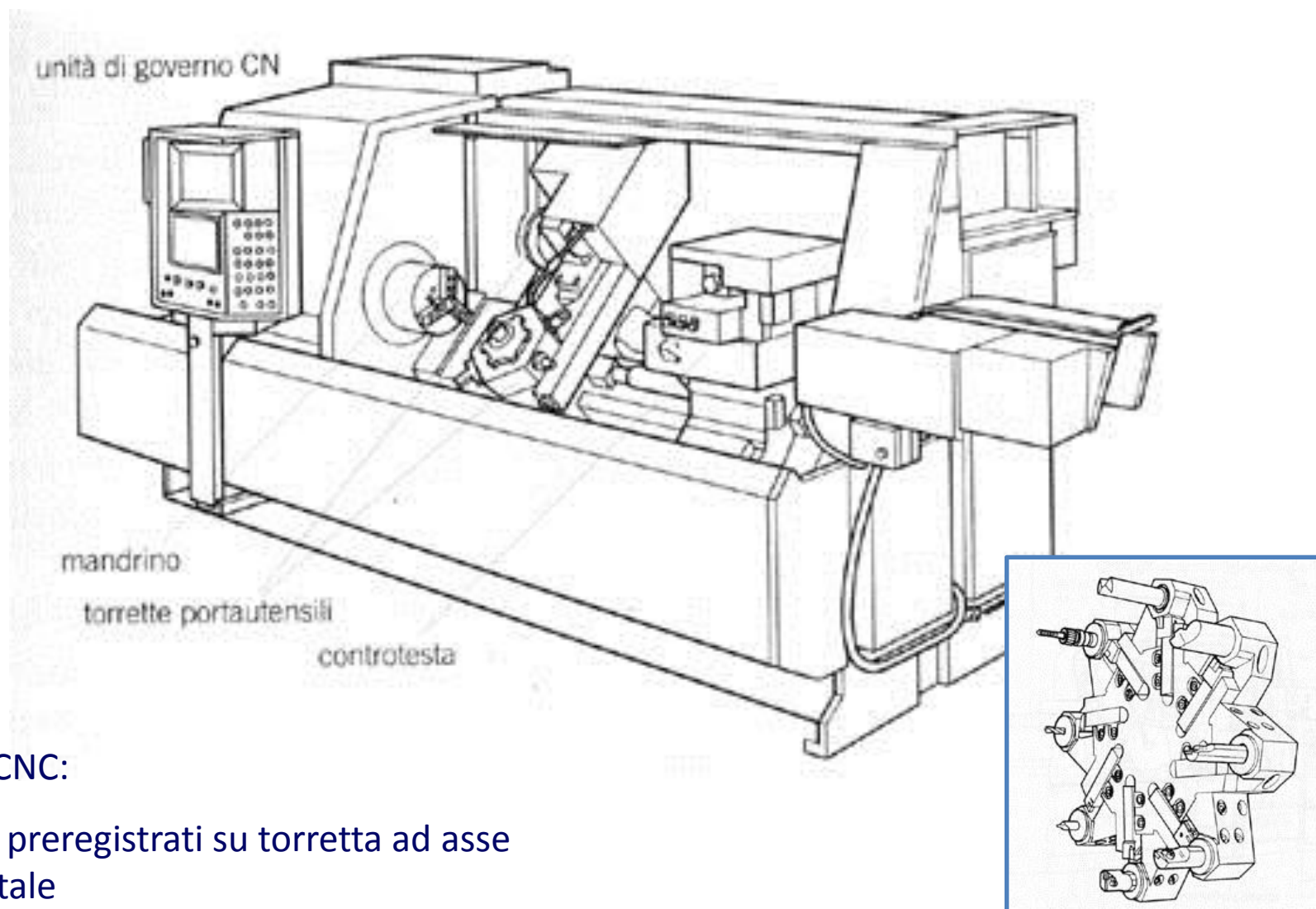


Utensile di tornitura con inserto in TiN

Macchine utensili di tornitura



Macchine utensili di tornitura



- Tornio CNC:
- utensili preregistrati su torretta ad asse orizzontale

Macchine utensili di tornitura



Esempi di pezzi meccanici torniti

Flangia



Disco freno

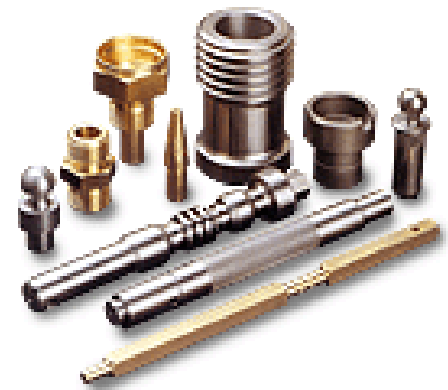


Alberini



Perni e boccole

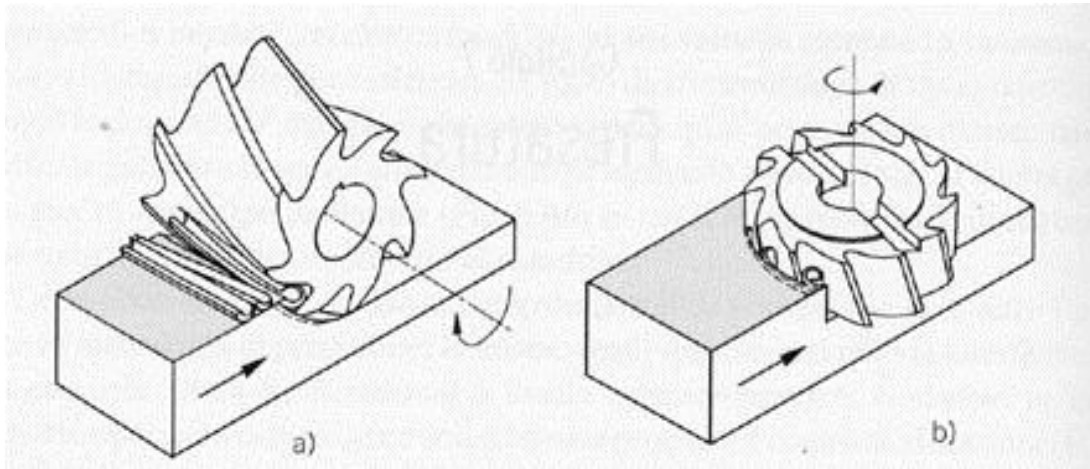
Valvole e raccordi



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)

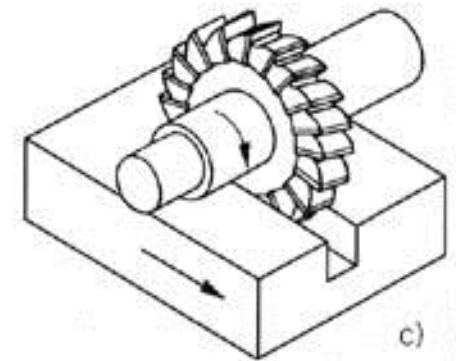
Schema di lavorazione per fresatura



Taglio di una scanalatura mediante fresa a disco

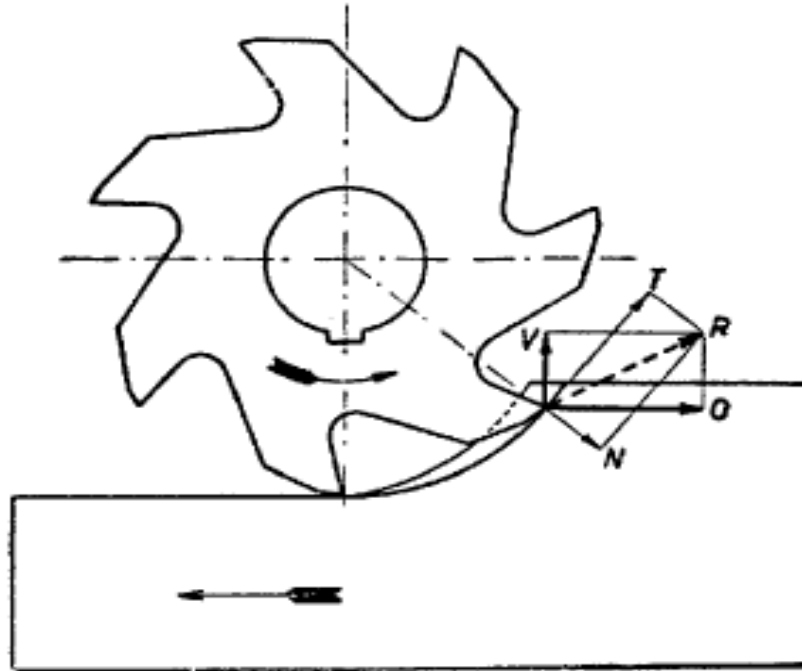
Lavorazione di una superficie piana:

- a) Fresatura periferica
- b) Fresatura frontale



Schema di lavorazione per fresatura

- Fresatura in opposizione



Schema di lavorazione per fresatura

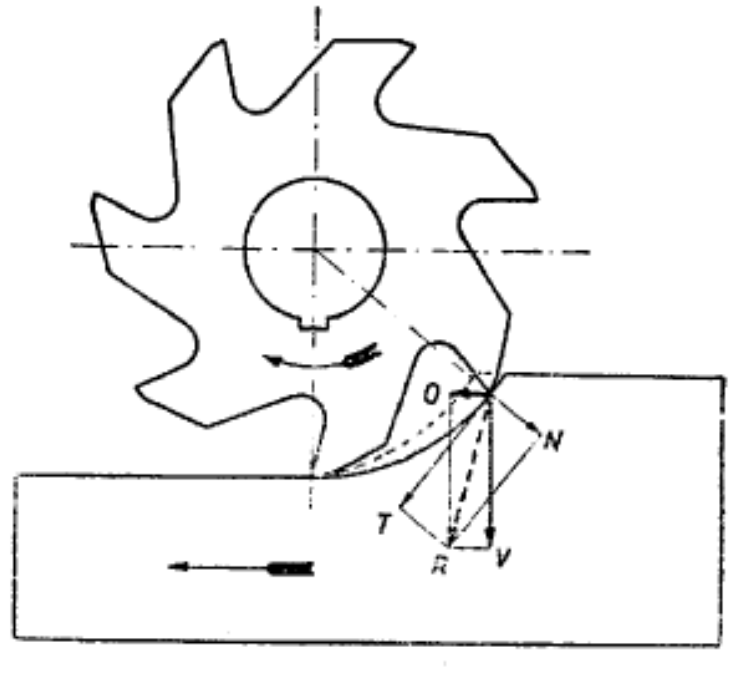
- Fresatura in opposizione
 - Vantaggi
 - i taglienti in ingresso non sono influenzati dalle condizioni superficiali del pezzo
 - l'operazione di taglio risulta omogenea
 - sono recuperati i giochi lungo la direzione di lavoro
 - da preferire in presenza di forti variazioni di sovrametallo

Schema di lavorazione per fresatura

- Fresatura in opposizione
 - Svantaggi
 - l'utensile tende a vibrare
 - il pezzo tende ad essere sollevato
 - maggiore usura dell'utensile rispetto alla fresatura in concordanza
 - i trucioli si posizionano davanti alla fresa ed è più difficile rimuoverli ; possono danneggiare la finitura superficiale
 - maggiore potenza mandrino assorbita (fase iniziale strisciamento tagliente- superficie in lavoro)

Schema di lavorazione per fresatura

- Fresatura in concordanza



Schema di lavorazione per fresatura

- Fresatura in concordanza
 - Vantaggi
 - il pezzo in lavorazione è premuto sul supporto di fissaggio ; importante per la lavorazione di pezzi sottili
 - il truciolo è evacuato facilmente dalla zona di lavoro
 - minore usura dei taglienti
 - finitura superficiale migliore e minori problematiche di rottura e scheggiatura del tagliente
 - assorbimento di potenza inferiore al taglio in opposizione

Schema di lavorazione per fresatura

- Fresatura in concordanza
 - Svantaggi
 - elevato sforzo di ingresso del tagliente
 - allo spessore del truciolo vengono aggiunti gli eventuali giochi presenti nel cinematismo di avanzamento tavola
 - inadatta a lavorare pezzi con scorie superficiali a causa di elevata usura e danneggiamento del tagliente
 - sconsigliata per pezzi con grandi variazioni di sovrametallo

Utensili di fresatura



Creatore
per taglio
ingranaggi

Frese a
candela



Frese a
disco e a
bocciolo



Frese
frontali con
inserti



Macchine fresatrici



Fresatrice orizzontale



Fresatrice per
stampi CNC

Fresatrice verticale
CNC



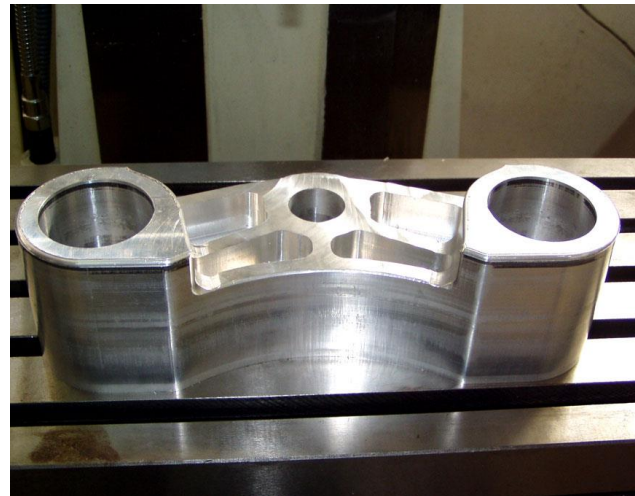
Esempi di pezzi fresati



Carter



Stampo

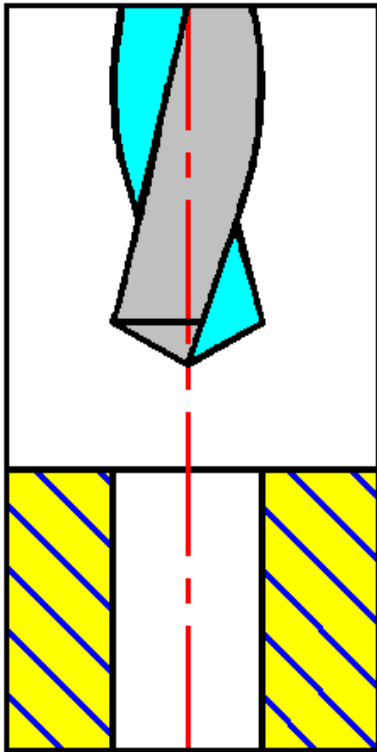


Supporto

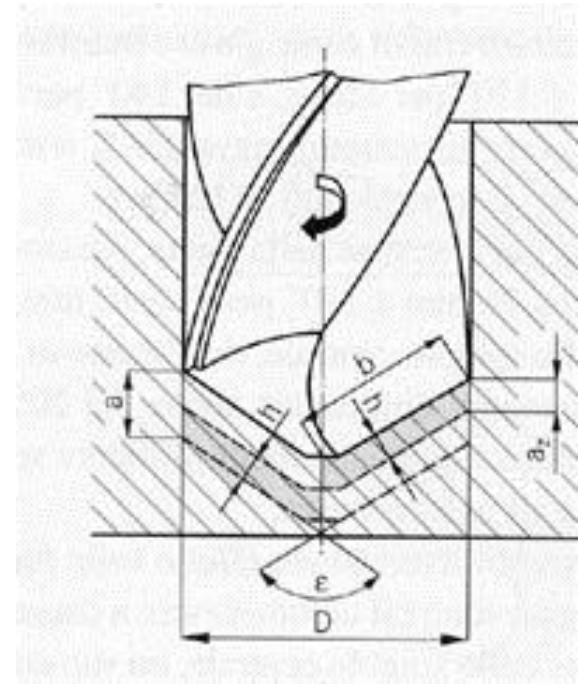
Foratura

- La lavorazione di fori al trapano è uno dei processi di taglio più diffusi
- 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 di lavorazione per fresatura



Schema della foratura con punta elicoidale



Schema di formazione del truciolo in foratura

Utensili e macchine utensili per foratura



Trapano radiale



Punte da
trapano

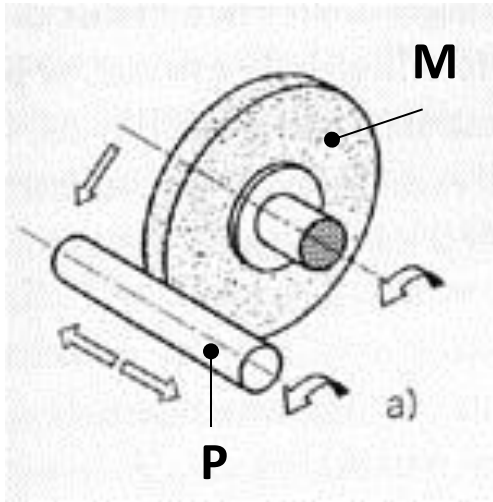


Trapano a colonna

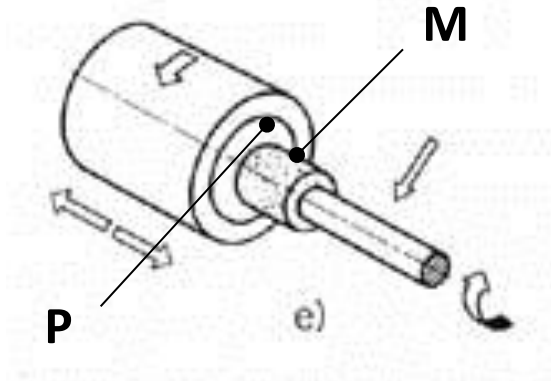
Rettifica

- 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)

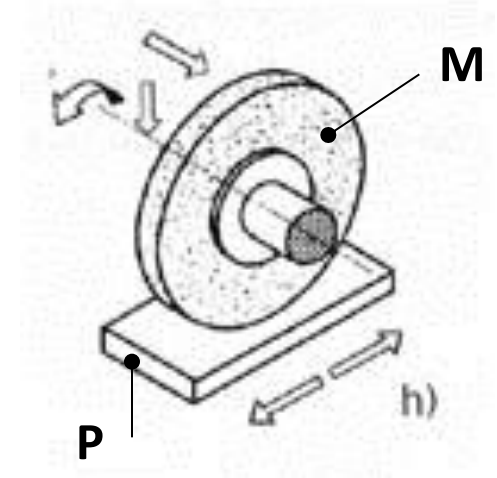
Schema di lavorazioni tipiche di rettifica



Rettifica in tondo per esterni



Rettifica in tondo per interni



- **P**: pezzo in lavorazione
- **M**: mola abrasiva

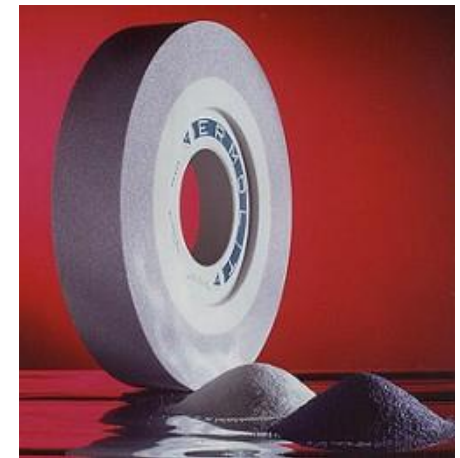
Processo di rettifica



Rettifica in passante di barre cilindriche



Mole abrasive

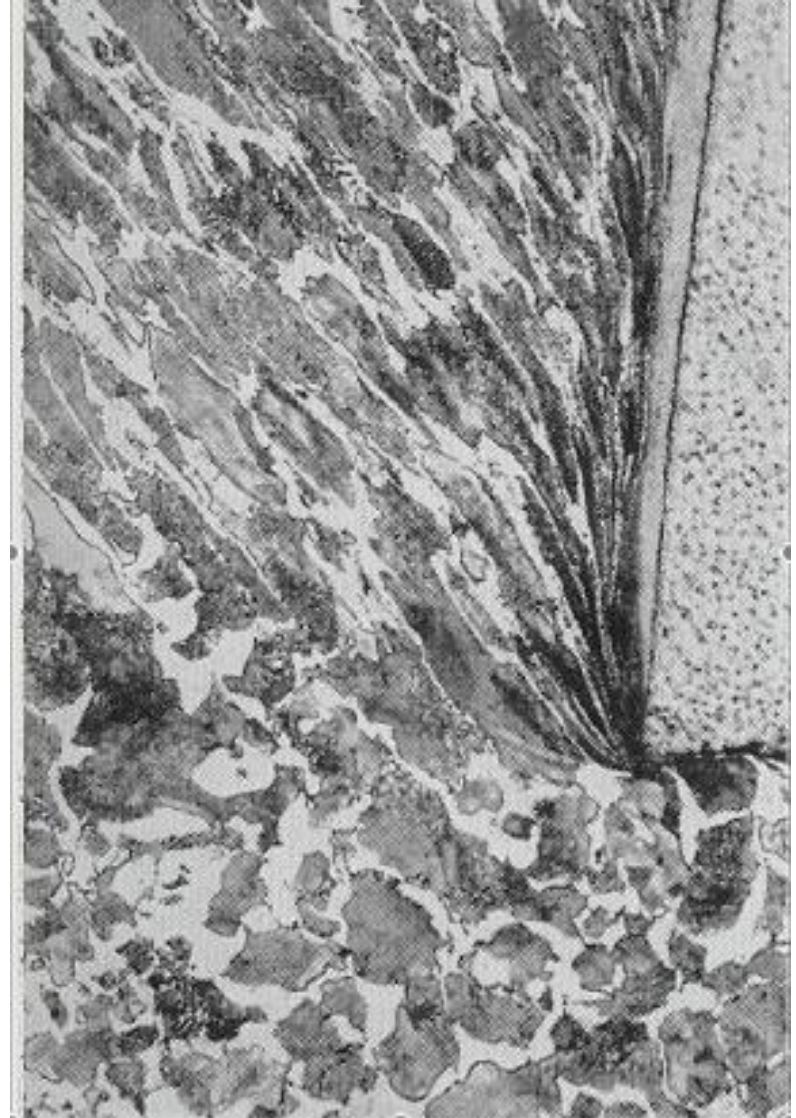


Lavorazioni con moto di taglio rettilineo

- 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

Asportazione del truciolo

- I principali fattori che influenzano le lavorazioni per asportazione di truciolo sono i seguenti:
 - Meccanismo di formazione del truciolo
 - L'usura del tagliente
 - il grado di finitura superficiale
 - Le forze di taglio



Fresatura a controllo numerico

Riferimenti

- Asportazione di truciolo - Vittore Carassiti - INFN FE
- Corso Tecnologia dei Processi di Produzione – Tecnologie Fisiche Innovative - UNIFE