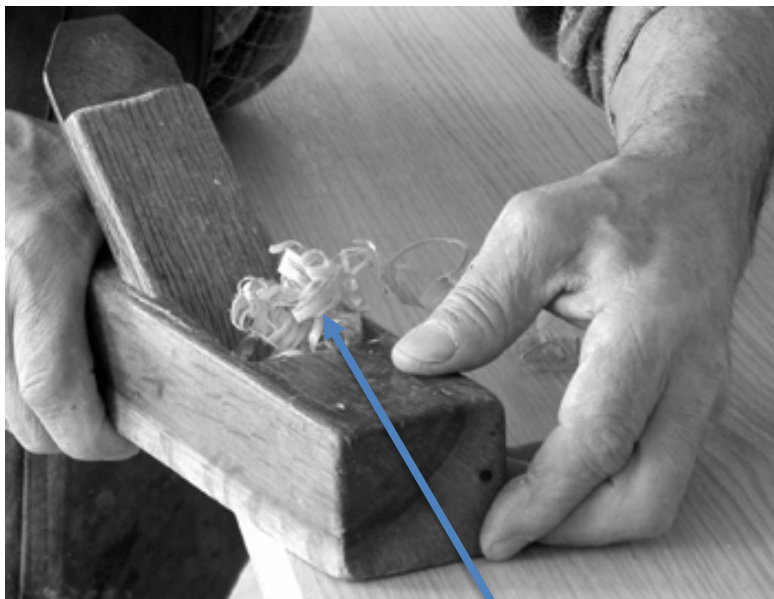


# Lavorazioni per asportazione di truciolo

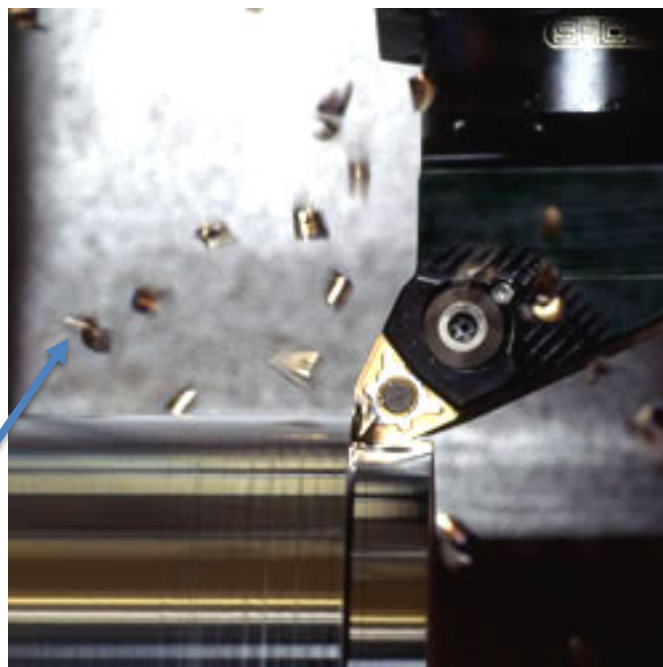
[carmelo.demaria@unipi.it](mailto:carmelo.demaria@unipi.it)

# Asportazione di materiale

Dalla piallatura in falegnameria...

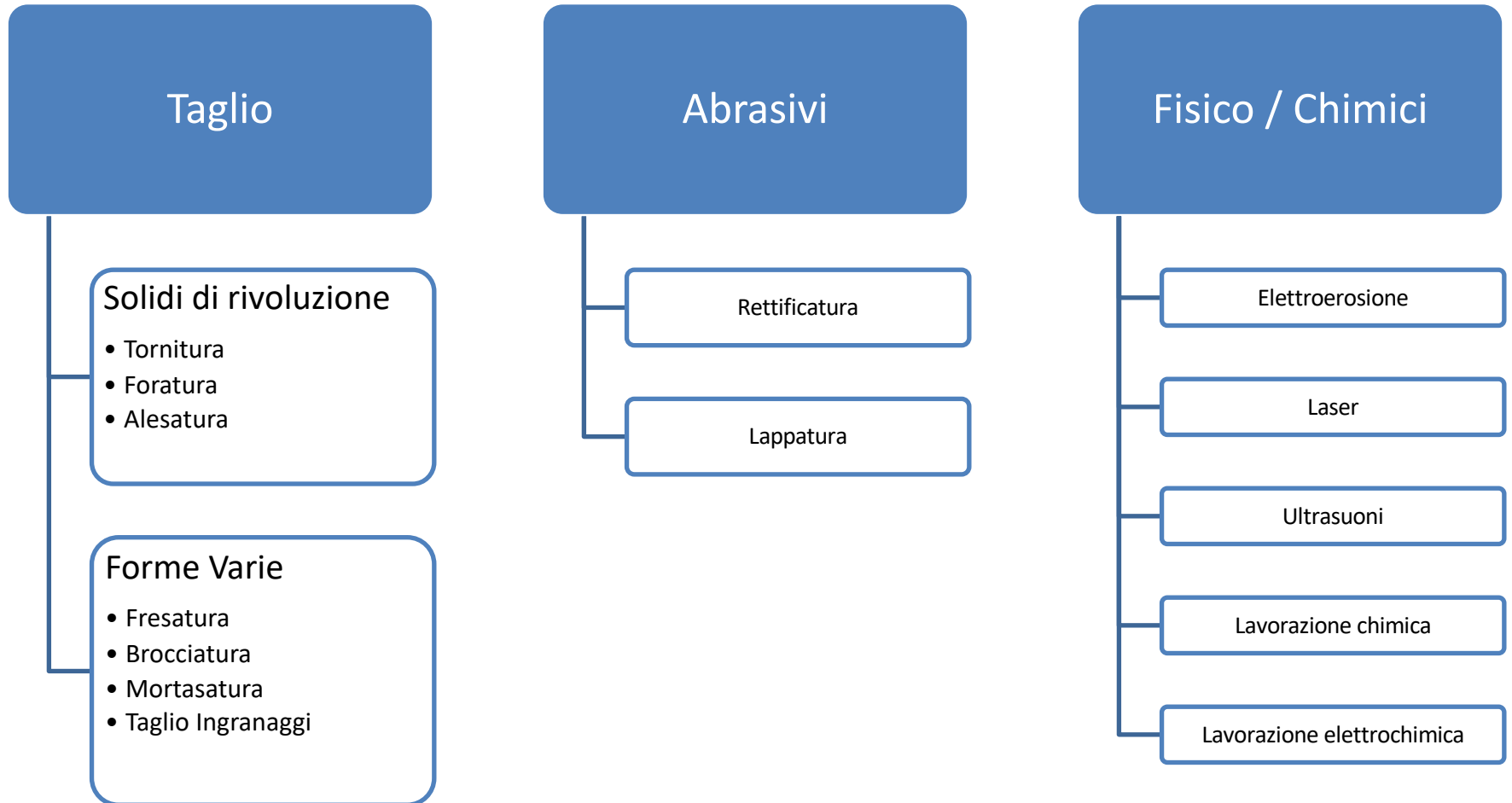


**Truciolo**



**...alla tornitura in officina**

# Asportazione di materiale



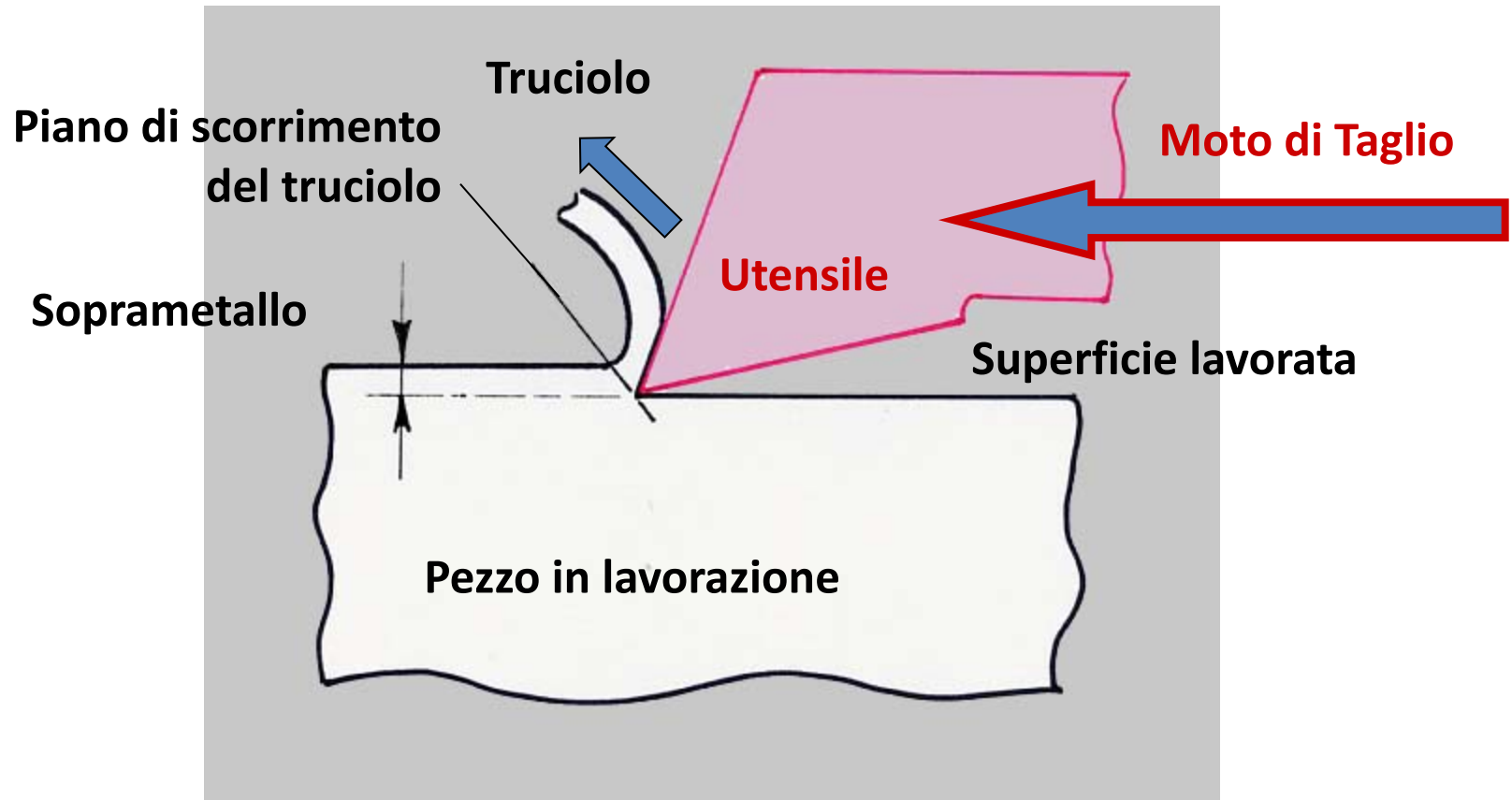
# Truciolo

- 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



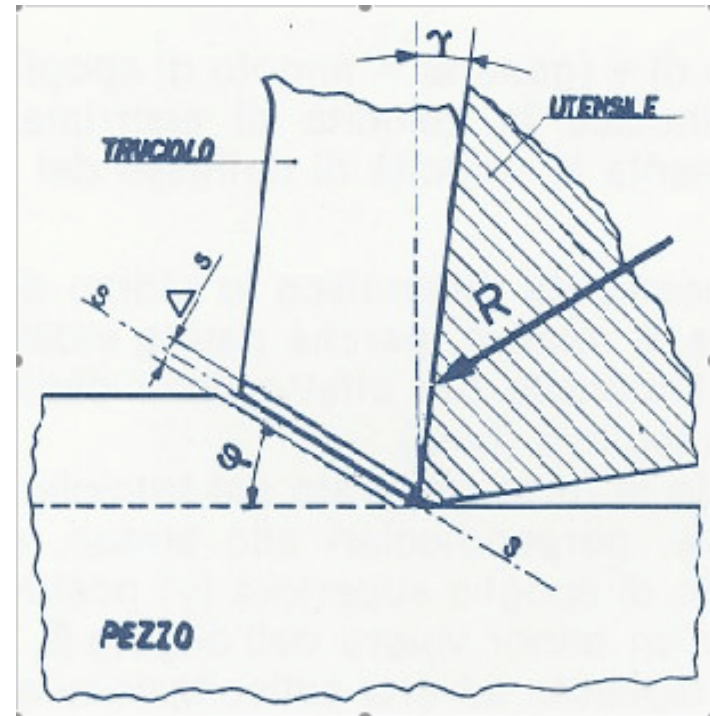
Truciolo di tornitura  
acciaio inossidabile

# 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

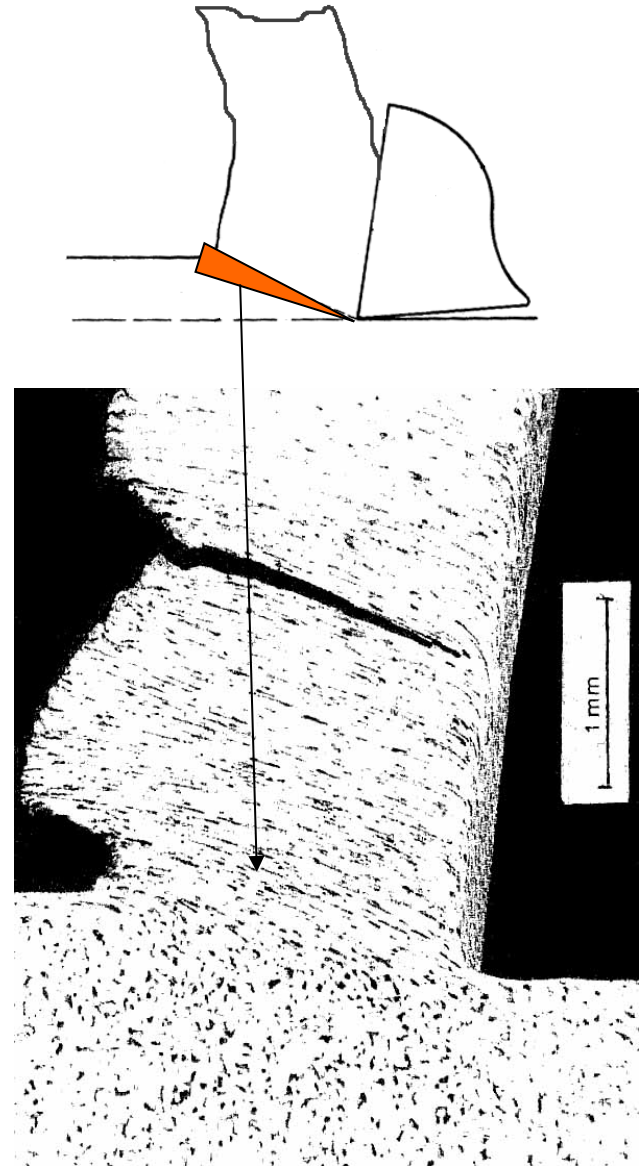


# Formazione del truciolo

- 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

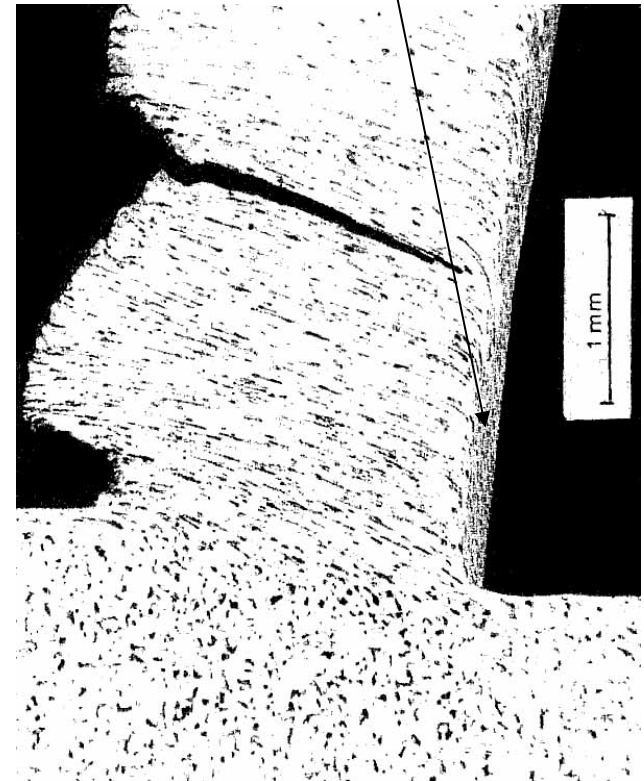
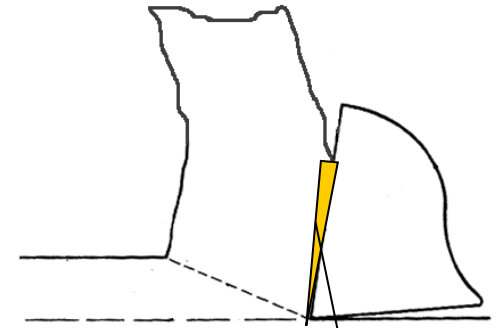
- scorrimento primario
  - scorrimento plastico del materiale
  - generazione di calore





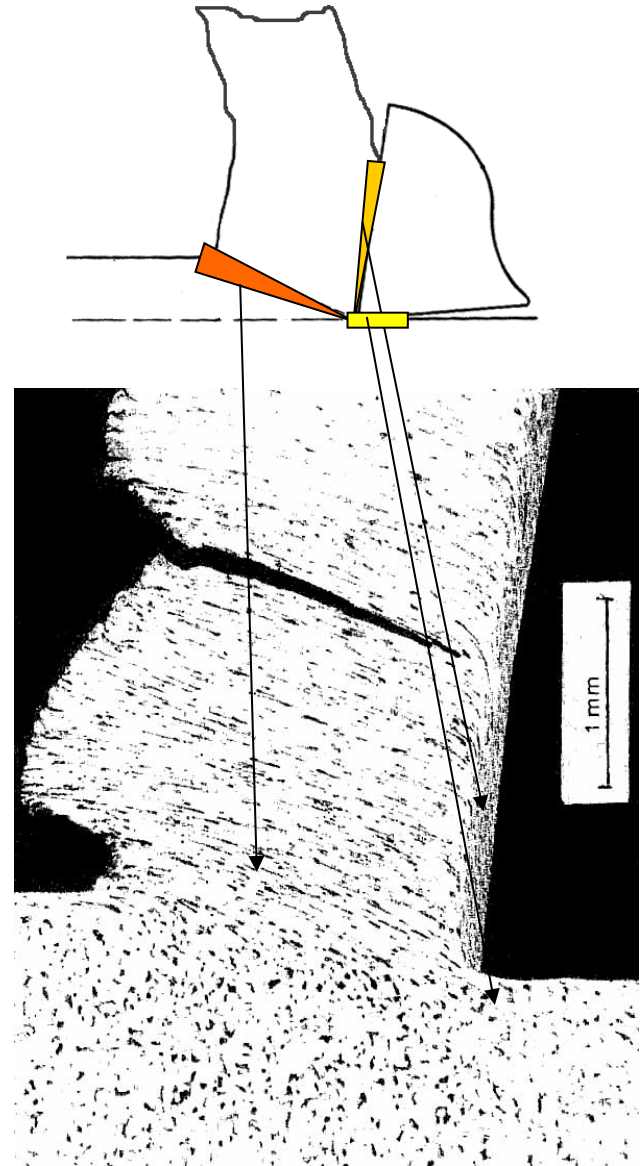
# Formazione del truciolo

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

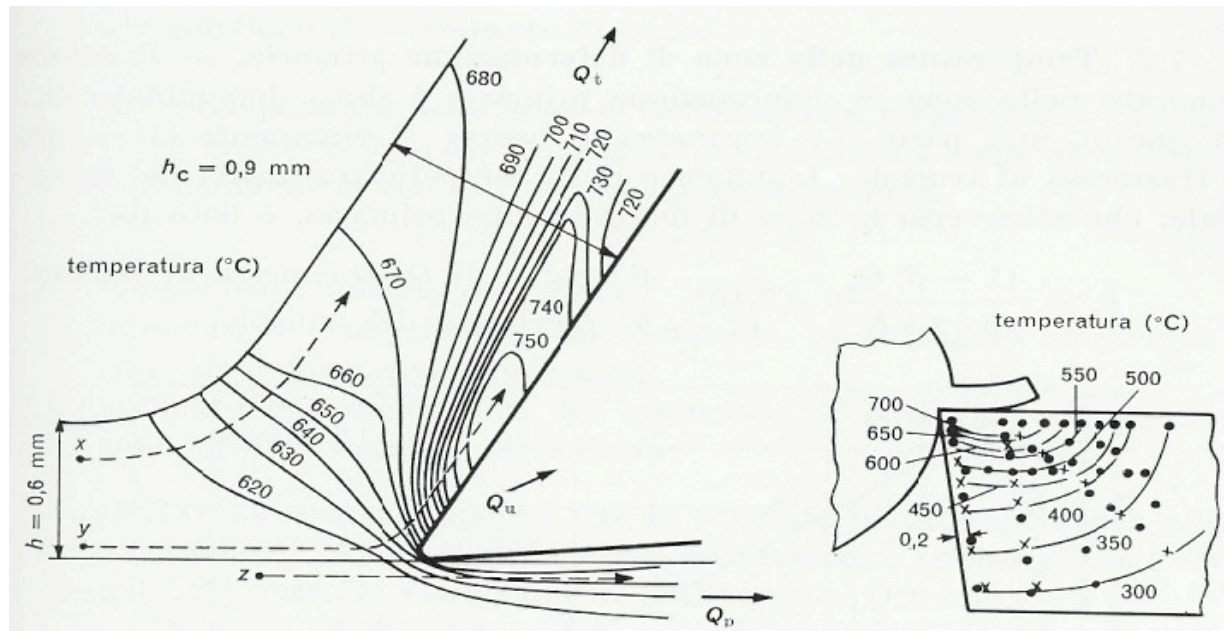


# Formazione del truciolo

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



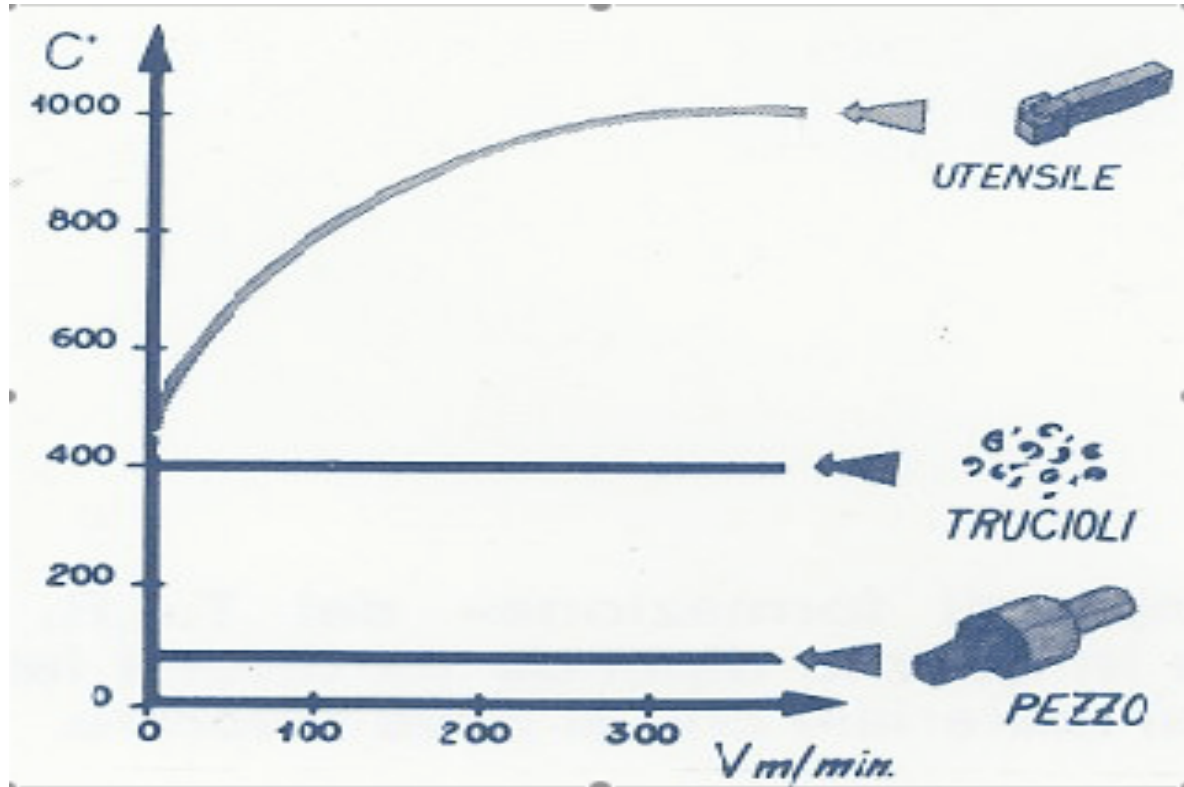
# Aspetti termici del taglio



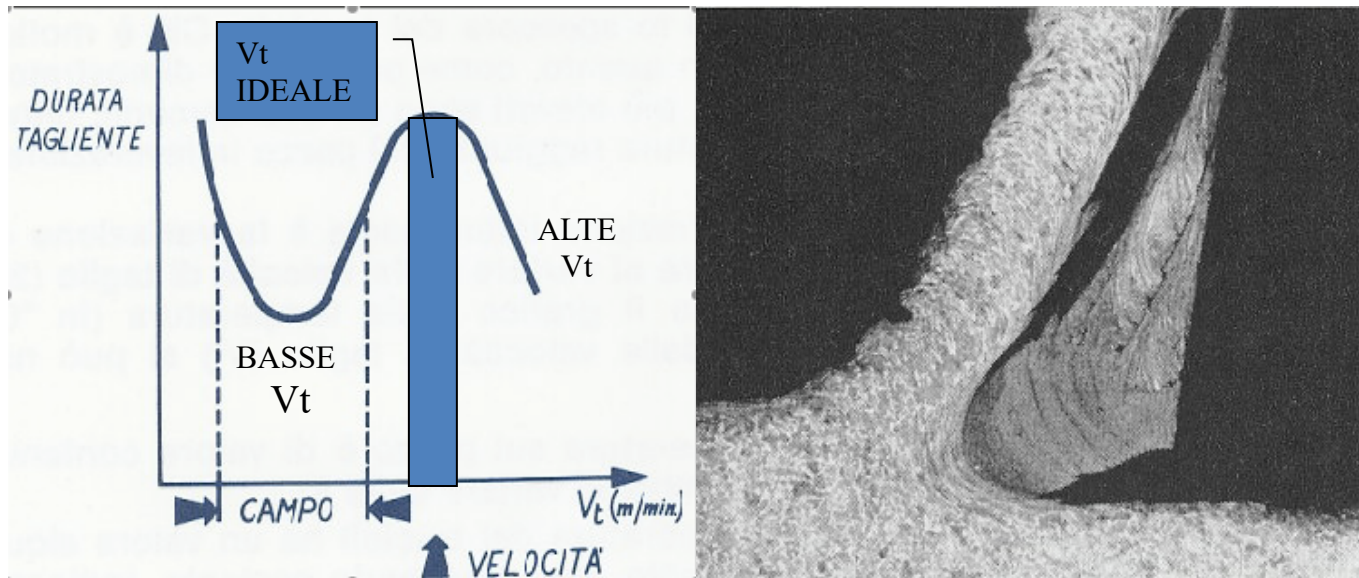
# Aspetti termici del taglio

- 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

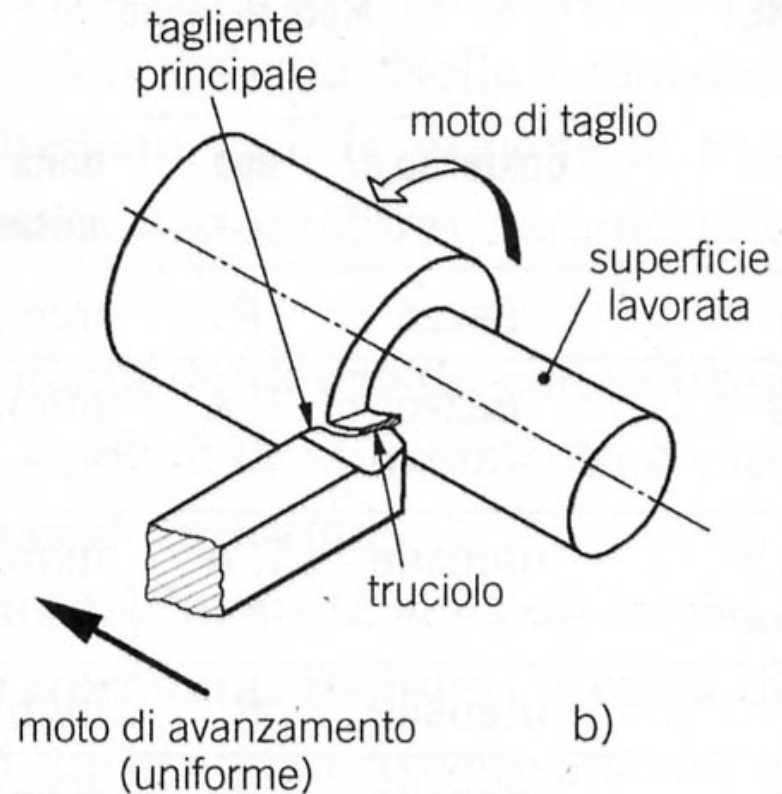


# Cinematica delle lavorazioni meccaniche

- 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

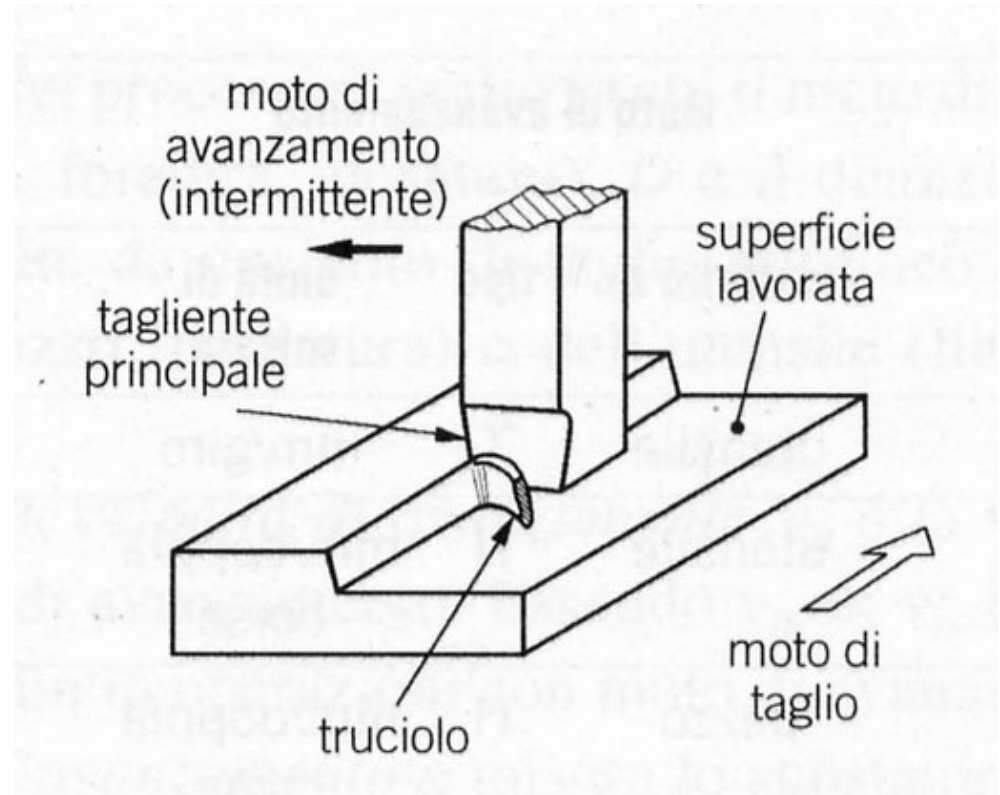
# Cinematica di una lavorazione meccanica con moto di taglio rotatorio (tornitura)

- 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

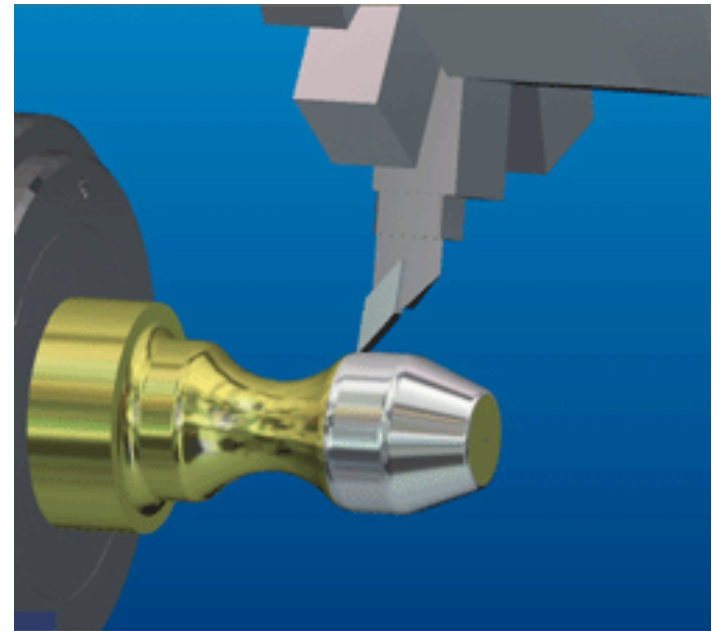
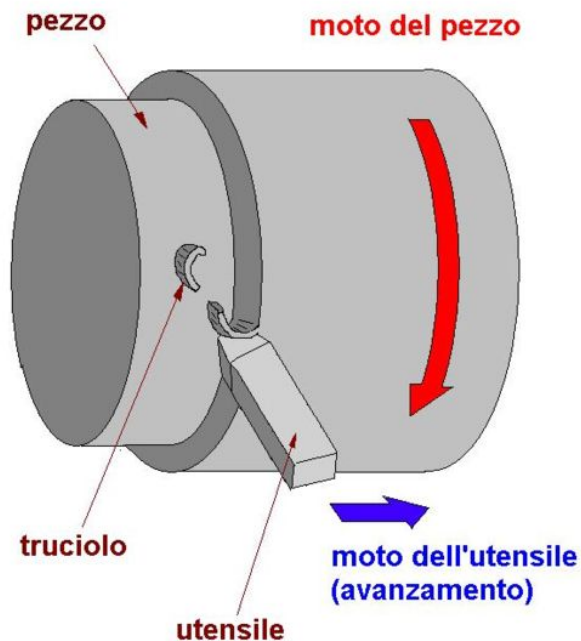
- **In base al moto di taglio**, (di rotazione, conferito al pezzo ovvero all'utensile, ovvero rettilineo), si possono classificare le lavorazioni in tre categorie principali:
  - Rotazione pezzo → Tornitura
  - Rotazione utensile → Fresatura, Foratura, Rettifica, Alesatura, Maschiatura
  - Moto rettilineo → 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,  $\text{cm}^3/\text{min}$ ).
- 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



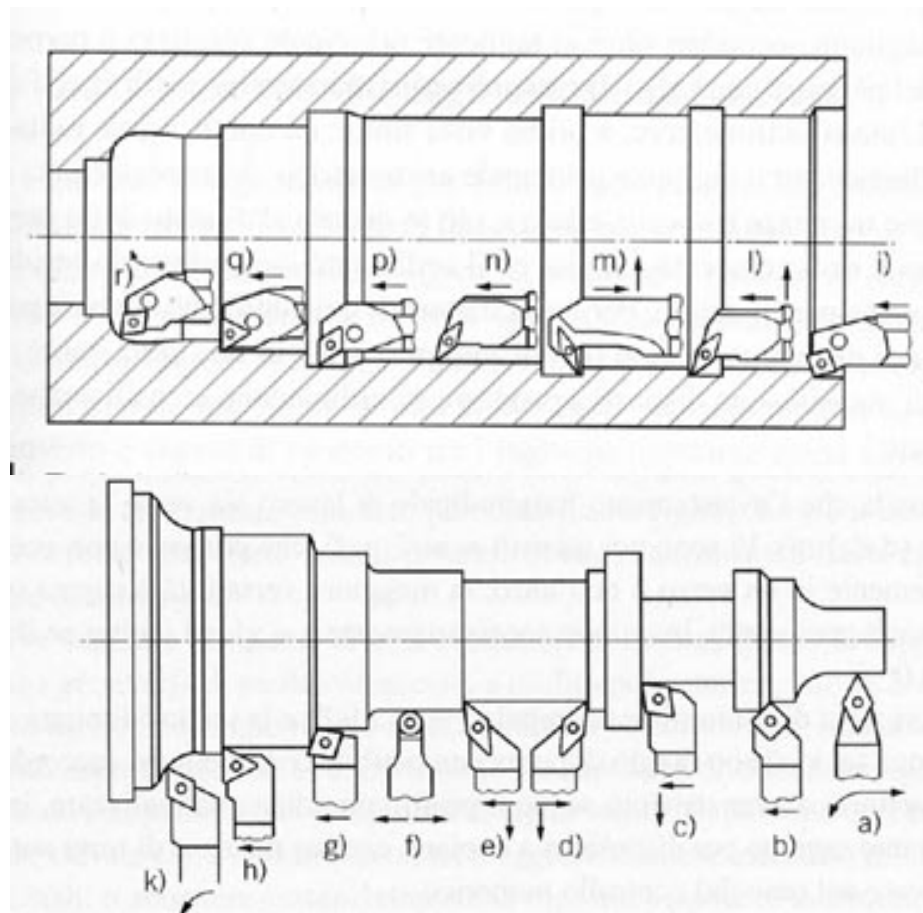
Esempio di lavorazione di tornitura

# Tornitura

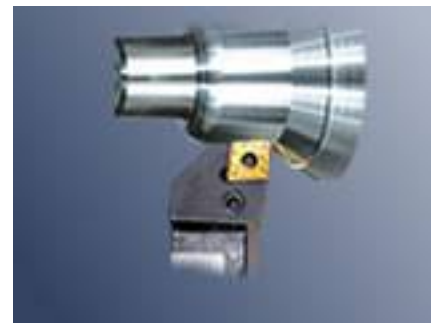


<https://www.youtube.com/watch?v=WGmEseQIHUA>

# Utensili di tornitura



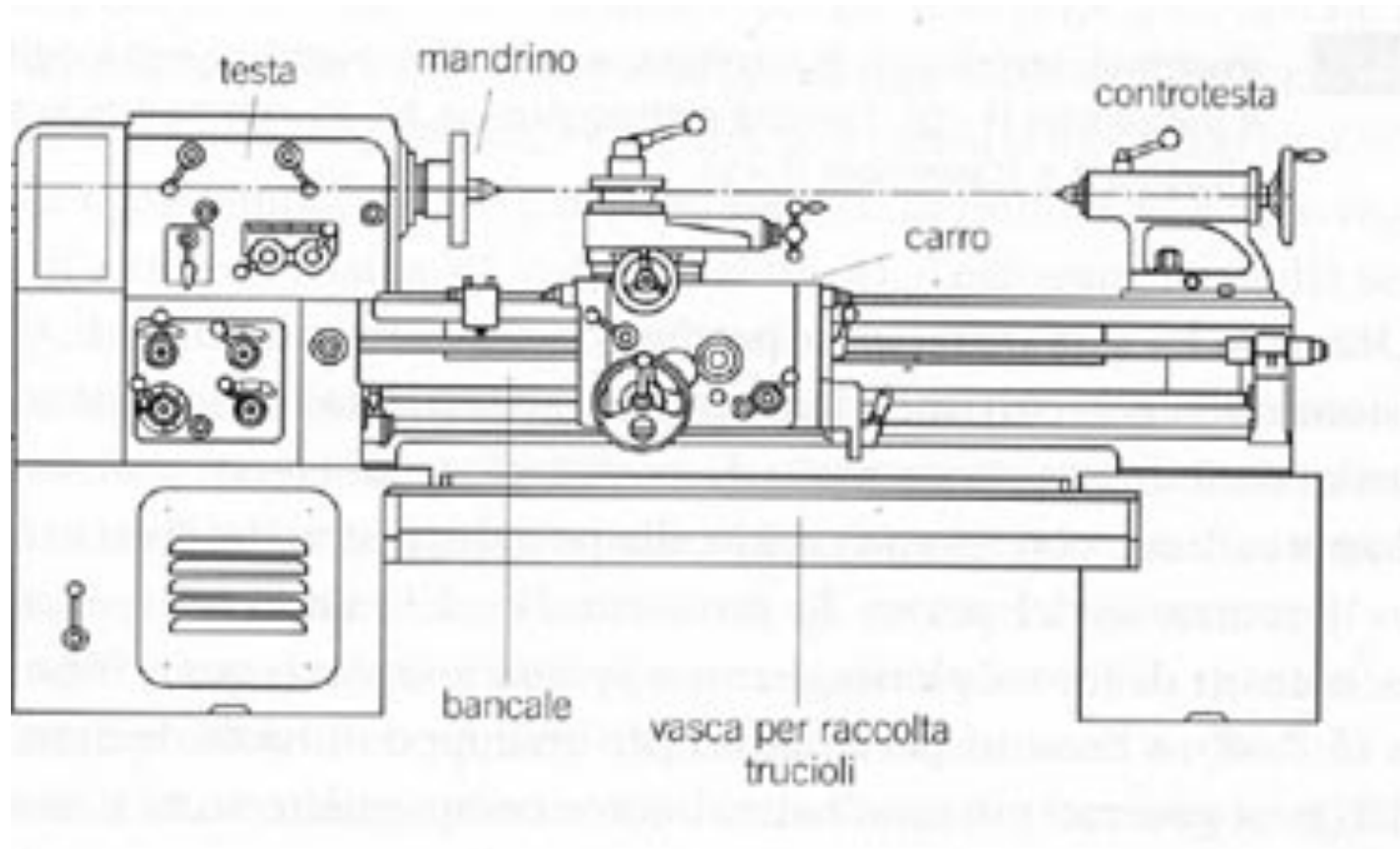
Impiego di utensili di tornitura per lavorazioni interne ed esterne



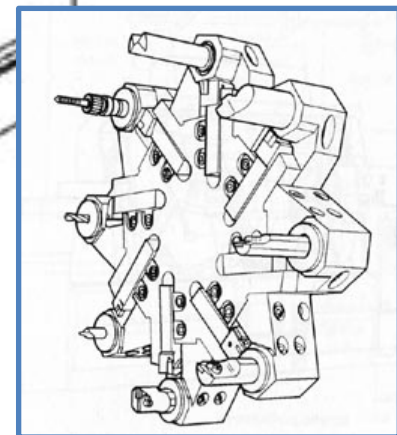
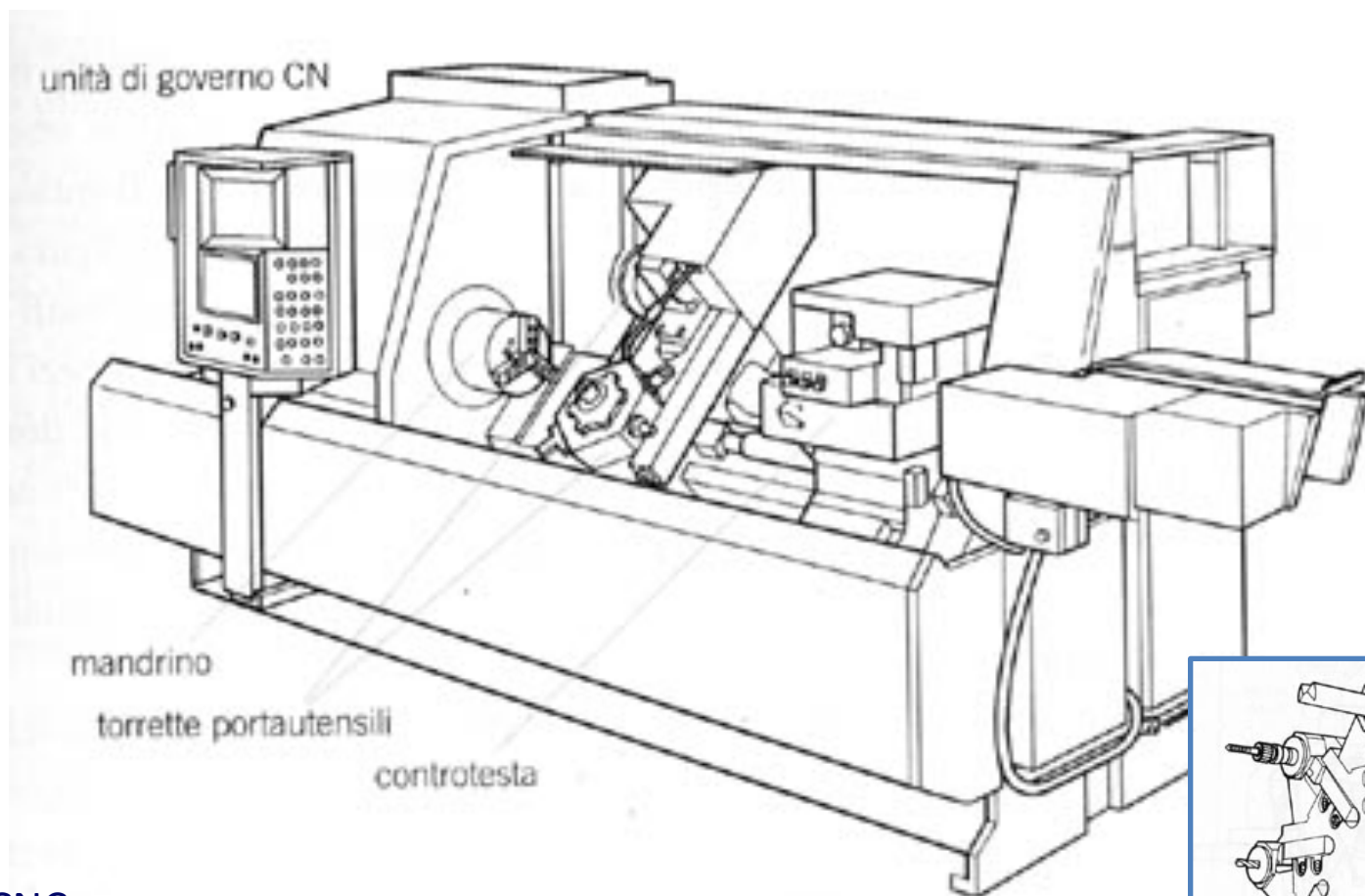
Utensile di tornitura con inserto in TiN



# Macchine utensili di tornitura



# Macchine utensili di tornitura



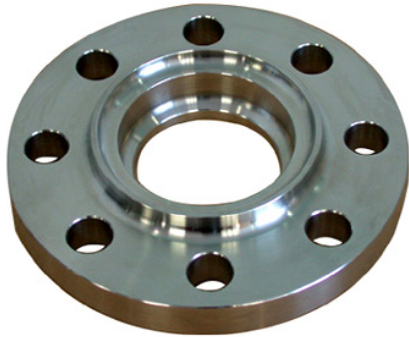
- Tornio CNC:
- utensili preregistrati su torretta ad asse orizzontale

# 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)

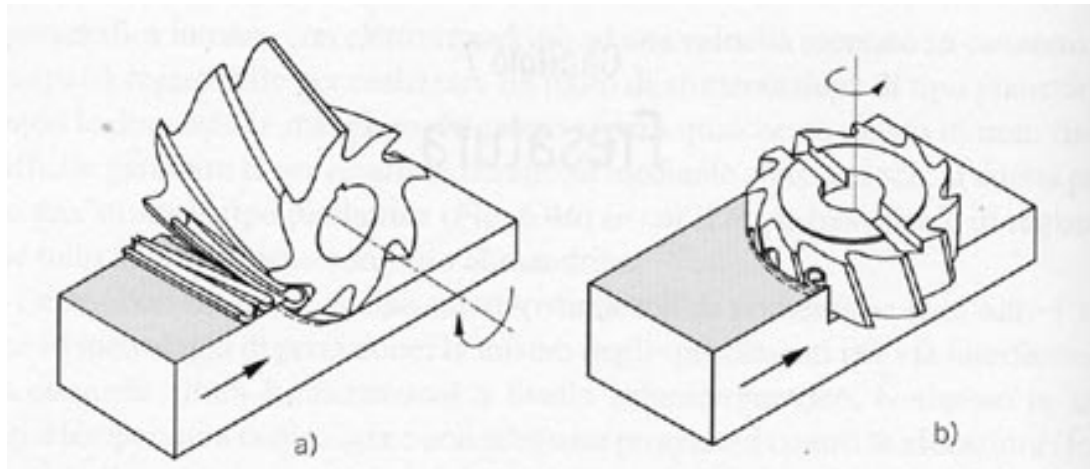
# Fresatura



<https://www.youtube.com/watch?v=2iQ79kQmRpU>



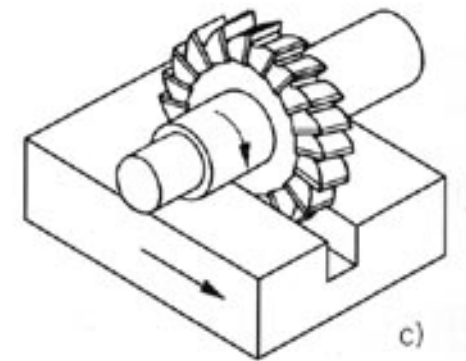
# Schema di lavorazione per fresatura



Taglio di una scanalatura mediante fresa a disco

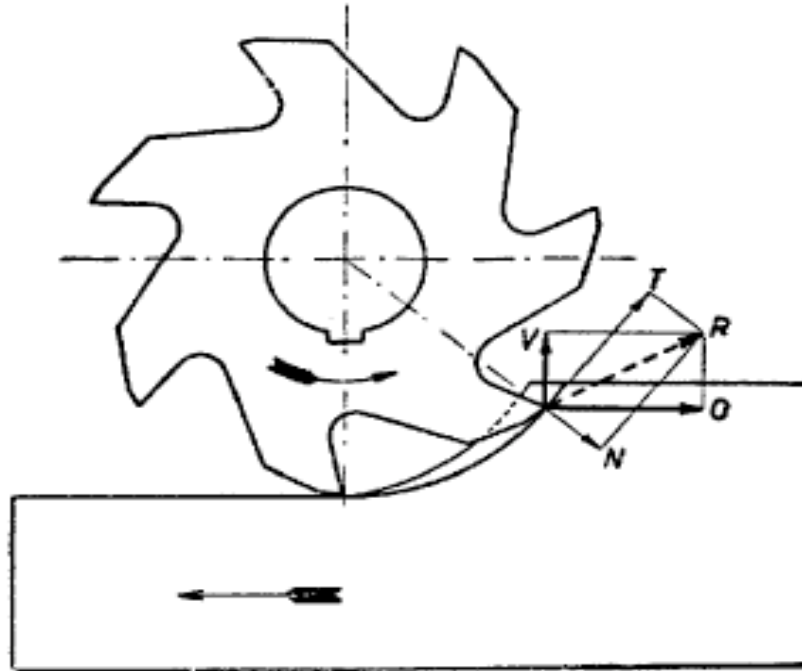
Lavorazione di una superficie piana:

- a) Fresatura periferica
- b) Fresatura frontale



# Schema di lavorazione per fresatura

- Fresatura in opposizione





# Schema di lavorazione per fresatura

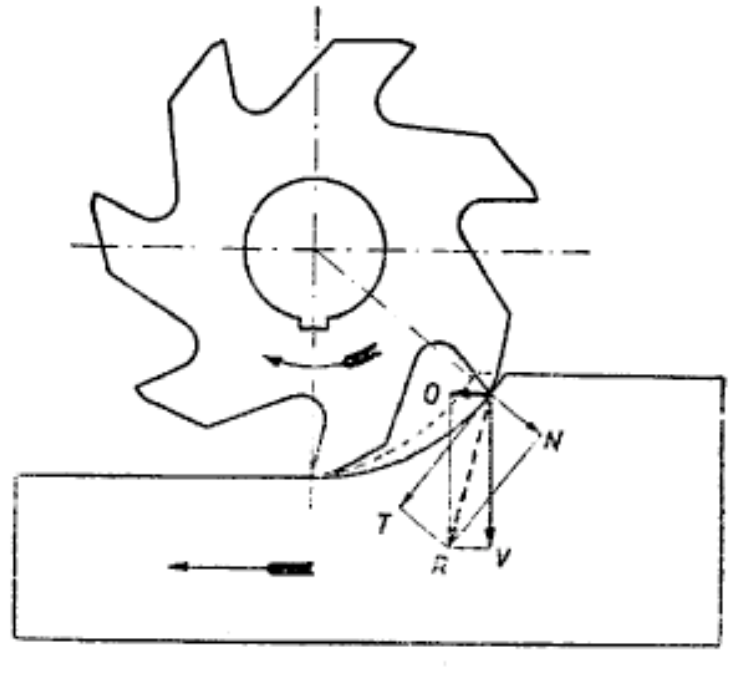
- Fresatura in opposizione
  - Vantaggi
    - i taglienti in ingresso non sono influenzati dalle condizioni superficiali del pezzo
    - l'operazione di taglio risulta omogenea
    - sono recuperati i giochi lungo la direzione di lavoro
    - da preferire in presenza di forti variazioni di sovrametallo

# 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



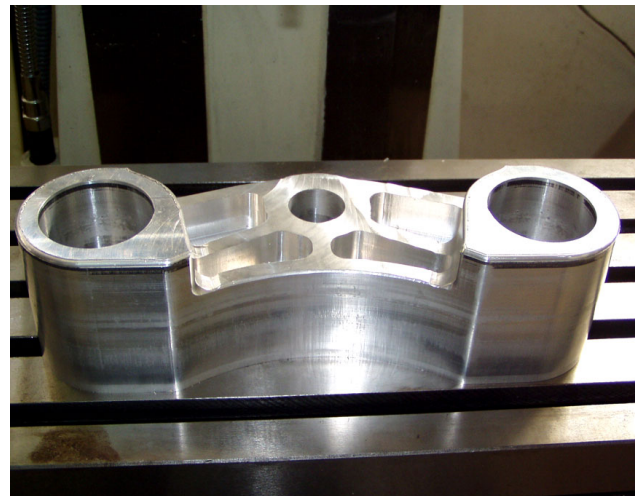
# Esempi di pezzi fresati



Carter



Stampo



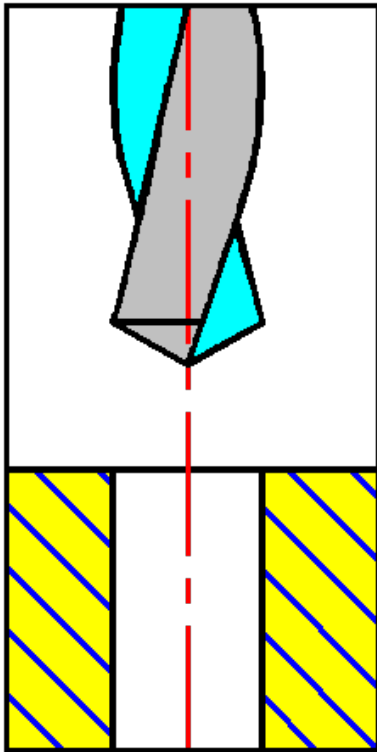
Supporto



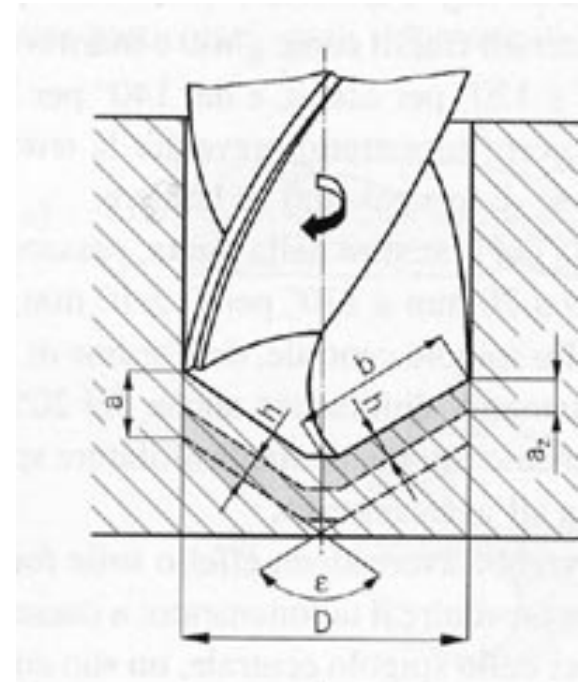
# Foratura

- 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

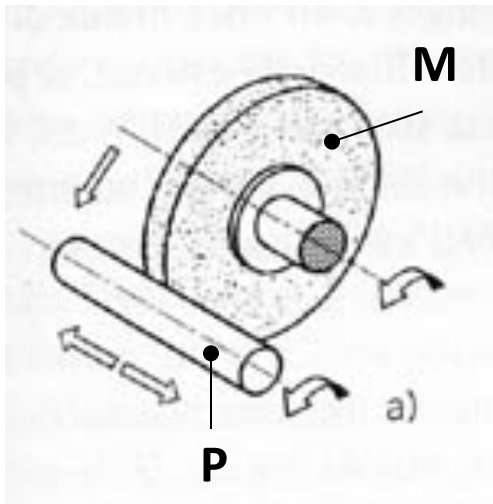


Trapano a colonna

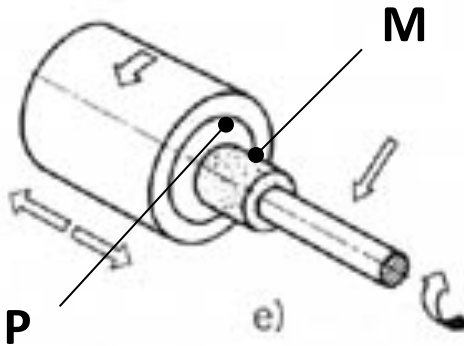
# Rettifica

- 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  $\mu\text{m}$
- Data l'estrema durezza dei granuli abrasivi, il processo si applica anche a pezzi in acciaio temprato (dopo il trattamento termico)

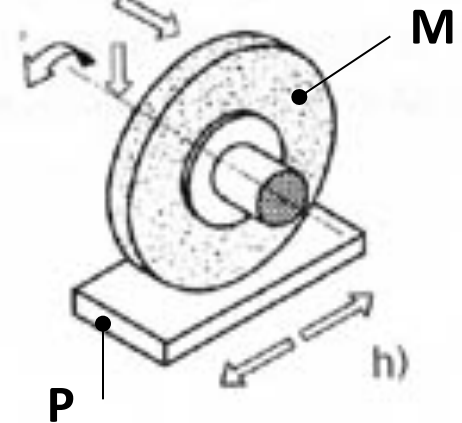
# Schema di lavorazioni tipiche di rettifica



Rettifica in tondo per esterni



Rettifica in tondo per interni



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

# Processo di rettifica



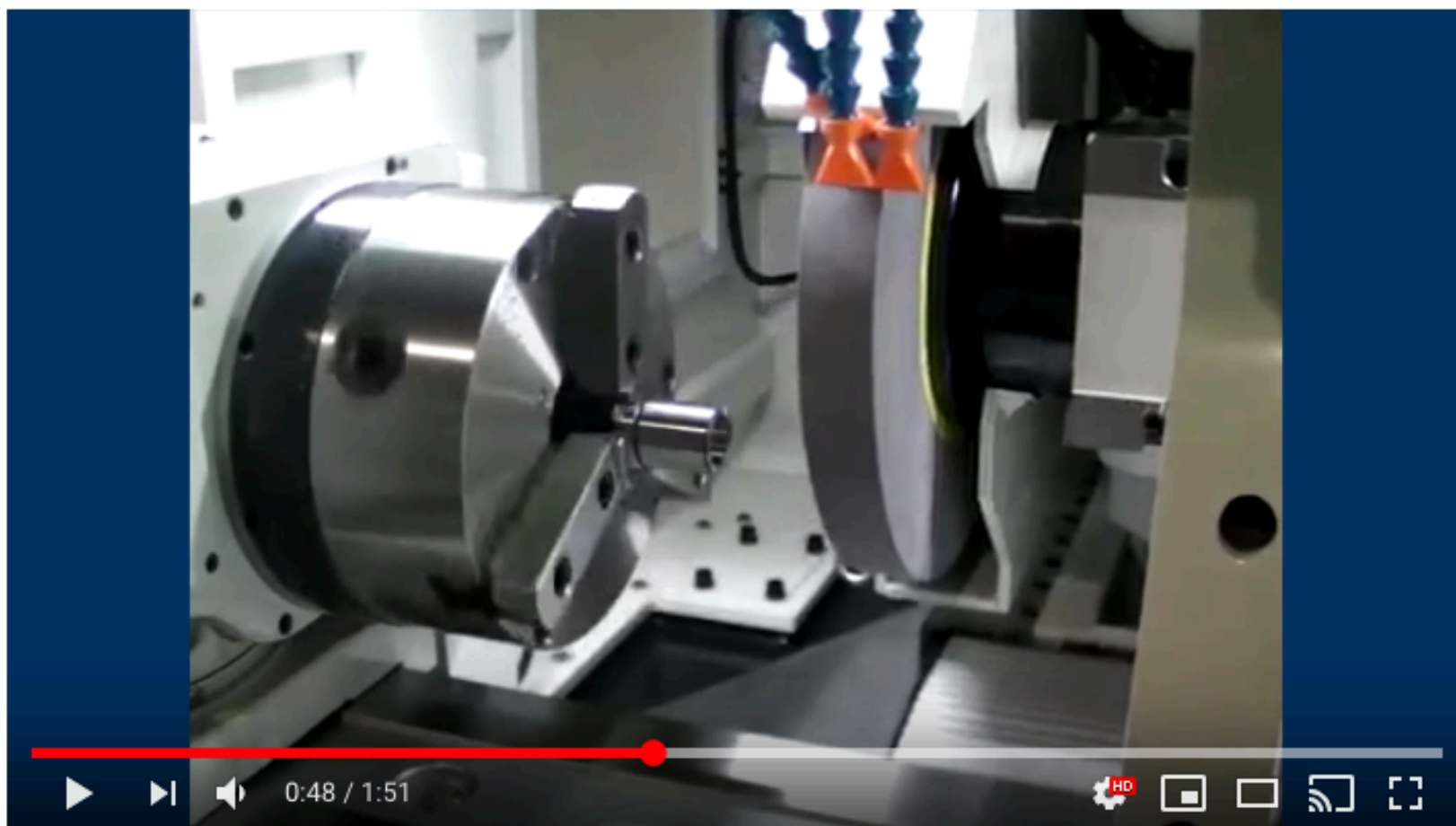
Rettifica in passante di barre cilindriche



Mole abrasive



# Rettificatrice



<https://www.youtube.com/watch?v=-6DFYIP--xs>



# 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



# Brocciatura



<https://www.youtube.com/watch?v=Hs-BmReyUIU>

# Riferimenti

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

# Fresatura a controllo numerico



<https://www.youtube.com/watch?v=xZOiNdkJ8SU&t=173s>