

Il ciclo di lavorazione

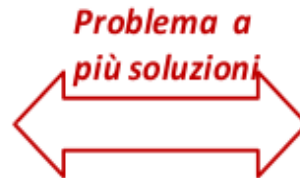
Generalità

Si dice **CICLO DI LAVORAZIONE** tutto l'insieme di operazioni necessarie a fabbricare un singolo elemento attraverso una successione di processi tecnologici (fusione, stampaggio, lavorazioni per asportazione di truciolo, trattamenti termici o superficiali, etc.)

Cosa si intende per **PIANIFICAZIONE** del ciclo di lavorazione?

Funzione che stabilisce un insieme ordinato di operazioni che permettono a un pezzo greggio o semi-lavorato di raggiungere, attraverso passi successivi, la forma finale.

*Pianificazione oculata e
razionale del ciclo di lavoro
(scelta tecnologie, macchine,
utensili, operazioni ...)*



Produttività

Competitività

Il ciclo di lavorazione

I Passi Principali

- 1. Analisi critica del disegno di progetto.**
2. Scelta dei processi di lavorazione e della sequenza di **fasi**.
3. Raggruppamento delle operazioni in **sottofasi**.
4. Scelta della sequenza delle **operazioni**.
5. Scelta degli **utensili**
6. Scelta dei **parametri di taglio**.
7. Scelta o progettazione delle **attrezzature**.
8. Scelta degli **strumenti e procedure di controllo**
9. Calcolo **dei tempi e dei costi di fabbricazione**
10. Stesura dei **fogli di lavorazione e del part program** (macchine utensili a controllo numerico)

Fasi interconnesse non analizzabili singolarmente

definizioni

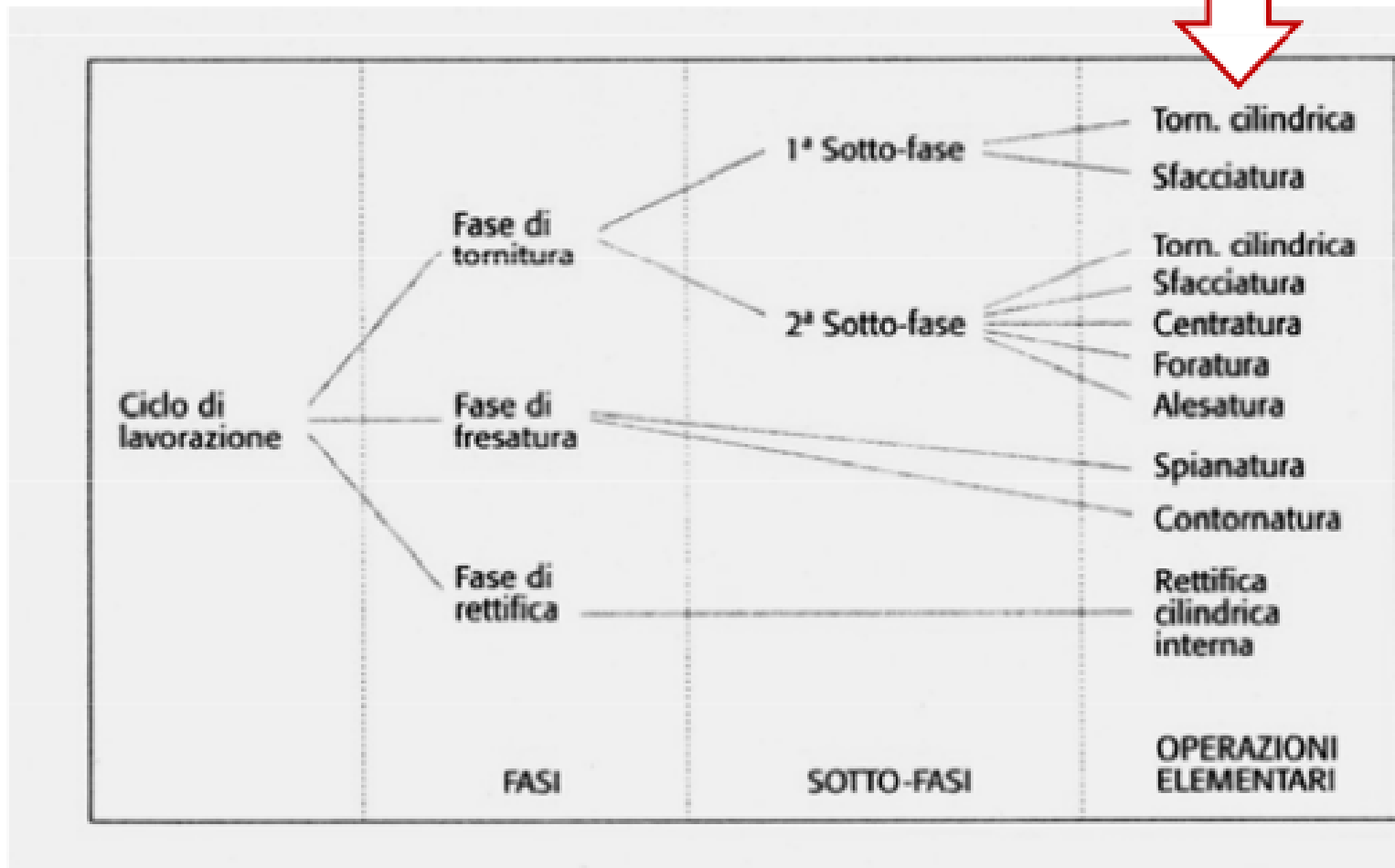
FASE: insieme ordinato di operazioni realizzate presso il medesimo posto di lavoro con o senza lo smontaggio e riposizionamento del pezzo

SOTTO-FASE: insieme ordinato di operazioni realizzate presso il medesimo posto di lavoro e con un medesimo posizionamento del pezzo

OPERAZIONE ELEMENTARE:

lavorazione di una superficie elementare realizzata con un unico utensile.

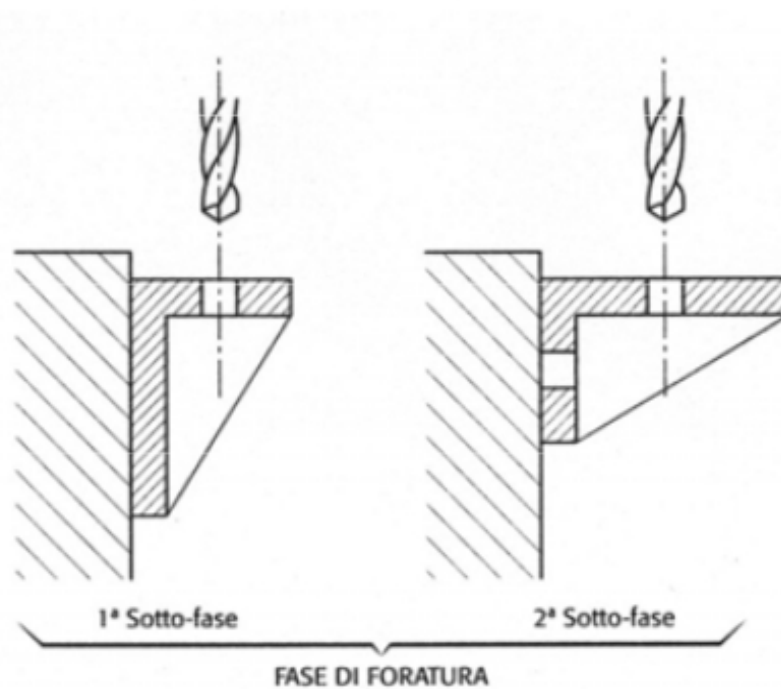
definizioni



Il ciclo di lavorazione

Esempio

Una fase di lavorazione si decompone in tante sotto-fasi quanti sono i posizionamenti a bordo macchina



Le informazioni di partenza

**Disegno
del
componente
da realizzare**

Dimensioni del pezzo.

Dimensioni delle macchine utensili e delle attrezzature da impiegare.

Tolleranze dimensionali e geometriche.

Influenzano la scelta delle macchine, degli utensili e il posizionamento del pezzo.

Qualità superficiale.

Scelta del processo di taglio e di tutti i parametri associati.

Trattamenti termici.

E' richiesto che essi occupino una opportuna posizione nel ciclo.

Materiale.

Tipo di utensile, i parametri di taglio, i dispositivi di bloccaggio.

Informazioni di partenza

Tipo di greggio.

Superfici iniziali di riferimento e bloccaggio, quantità di sovrametallo da asportare.

Quantità di pezzi da produrre.

Pochi esemplari o quantità rilevanti.

Regime di produzione.

Il regime di produzione è legato agli obiettivi aziendali. Si parla di regime economico quando l'obiettivo è il minimo costo di produzione, di regime produttivo quando l'obiettivo è il minimo tempo di produzione.

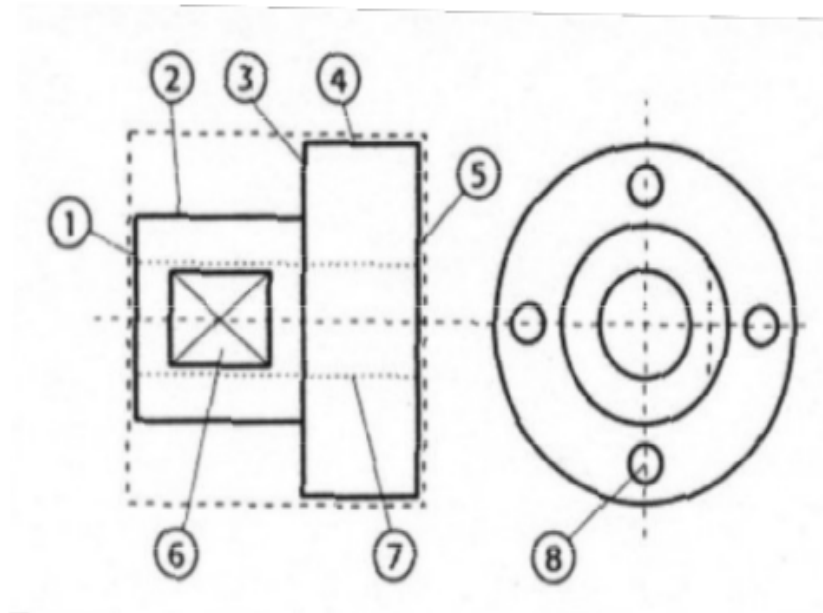
Disponibilità di mezzi e di macchine.

La pianificazione del ciclo deve sfruttare al meglio la disponibilità delle risorse (es: possibilità di ulteriori acquisti).

Ubicazione del macchinario, professionalità del personale e automazione del parco macchine.

Scelta dei processi e della sequenza delle fasi

Primo Passo: individuare le **superfici** che devono essere lavorate e, in base alla loro forma, posizione, precisione dimensionale e finitura superficiale, **ipotizzare i possibili processi** di lavorazione da usare.



Secondo passo: raggruppare

n. sup.	tipologia	processi possibili
2, 4	cilindriche esterne coassiali	tornitura
1, 3, 5	piane ortogonali all'asse delle 2, 4	tornitura, fresatura
7	cilindrica interna coassiale alle 2, 4	foratura
8	cilindrica interna	foratura
6	piana	fresatura

Secondo passo: si raggruppano le superfici secondo il principio di poter lavorare il maggior numero di superfici con il medesimo processo (stessa fase) e possibilmente con lo stesso piazzamento.

N. sup.	processo
1,2,3,4,5	tornitura
7,8	foratura
6	fresatura

Esistono fori realizzabili su tornio?

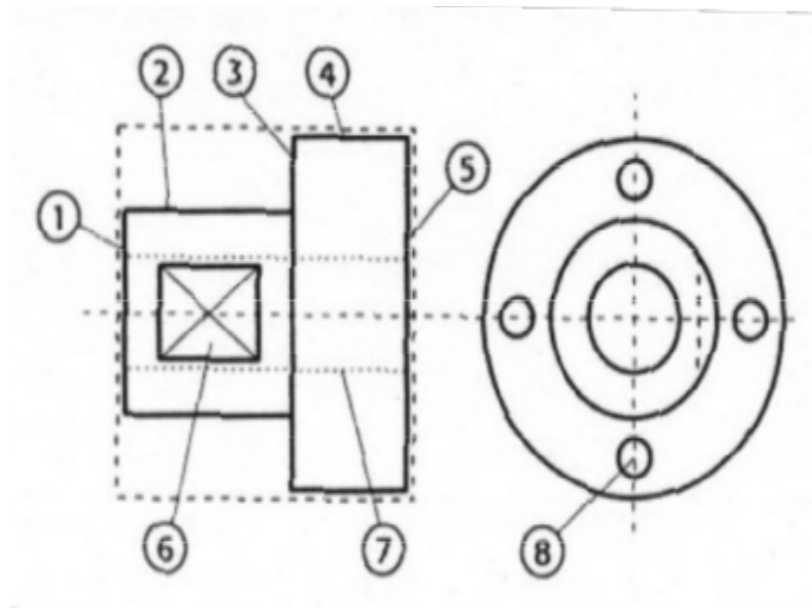
Si: foratura della superficie 7

Terzo passo: vincoli di precedenza

Terzo passo: Individuate le fasi è necessario sequenzialle rispettando i vincoli di precedenza tra di esse.

ESEMPIO

La fresatura della sup. 6 e la foratura dei fori 8 devono essere eseguite dopo la fase di tornitura, per motivi di riferimento rispetto all'asse del pezzo materializzato dalla 2 o dalla 4.



Quarto passo: cicli alternativi

Ciclo A

fase	operazioni	macchina
10	Tornitura 1, 2, 3, 4, 5 Foratura 7	Tornio parallelo
20	Fresatura 6	Fresatrice
30	Tracciatura 8	Banco di tracciatura
40	Foratura 8	Trapano

Ciclo impostato su macchine a basso grado di automazione e operazioni manuali.

↑ tempi di produzione
costo mano d'opera

↓ costo ammortamento

Adatto per numero di pezzi limitato

Ciclo B

fase	operazioni	macchina
10	Tornitura 1, 2, 3, 4, 5 Foratura 7,8 Fresatura 6	Centro di tornitura con utensili motorizzati in torretta

Ciclo impostato su macchine ad elevato grado di automazione.

↓ tempi di produzione
costo mano d'opera

↑ costo ammortamento

Adatto per numero di pezzi elevato

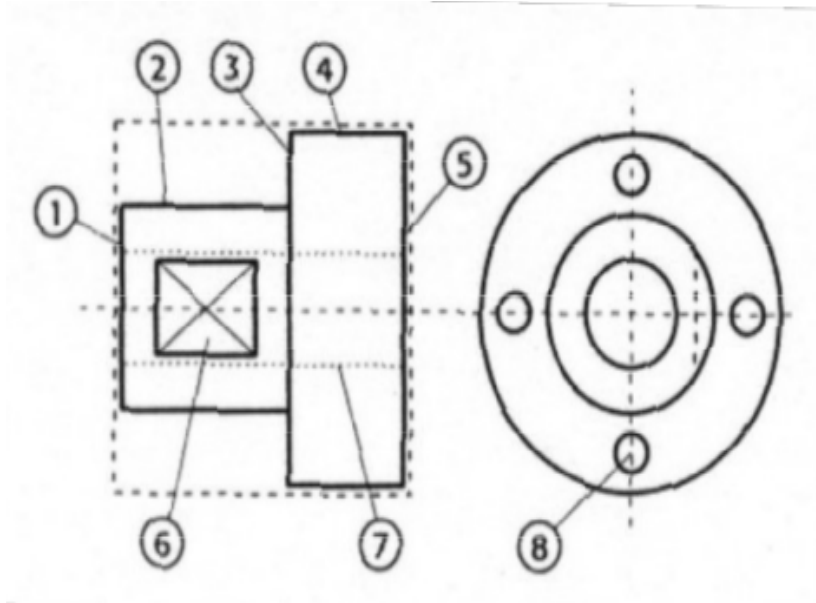
Raggruppamento delle operazioni in sottofasi

E' possibile raggruppare tutte le lavorazioni da effettuare in un'unica Sottofase?

SI In modo equivalente si può dire che tutte le operazioni sono effettuate con lo stesso piazzamento. Soluzione preferibile da un punto di vista di tempo e precisione. La variazione di posizione richiede un certo tempo e il ri-posizionamento aumenta il rischio di errori.

NO Le operazioni sono raggruppate in due o più sottofasi. Se possibile le superfici legate da tolleranze geometriche devono essere lavorate nella stessa sottofase.

Raggruppamento delle operazioni in sottofasi



FASE 10 – Op. Tornitura 1, 2, 3, 4, 5
Foratura 7

Sotto fase a) Tornitura 4, 5
Foratura 7

Sotto fase b) Tornitura 1, 2, 3

Sequenza delle operazioni (*esempio*)

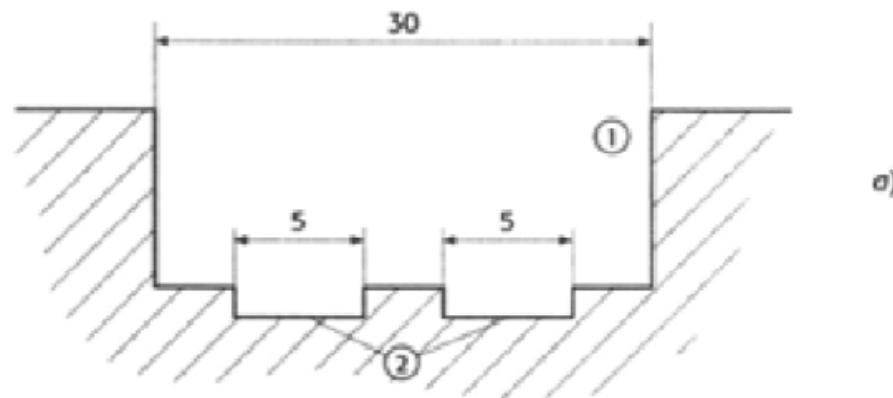
Esistono relazioni di precedenza tra un'operazione e l'altra?

Esigenze economiche (a parità di risultato tecnico)

La cava passante (1) viene effettuata con una fresa cilindrica frontale da 30 mm, mentre le due cave (2) sono realizzate con una fresa cilindrica frontale da 5 mm.

Da un punto di vista economico è conveniente prima la lavorazione della cava (1) e successivamente le cave (2).

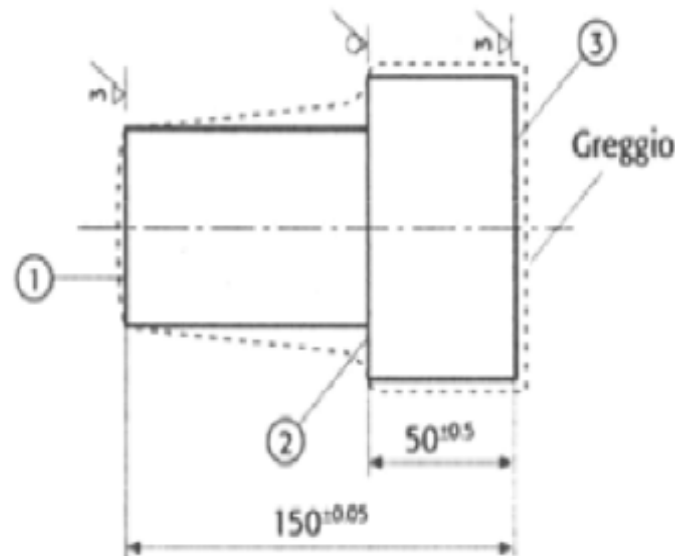
Procedendo in senso opposto la fresa da 5 mm dovrebbe lavorare in più passate o in un'unica passata ma con un minor avanzamento.



Esigenze dimensionali

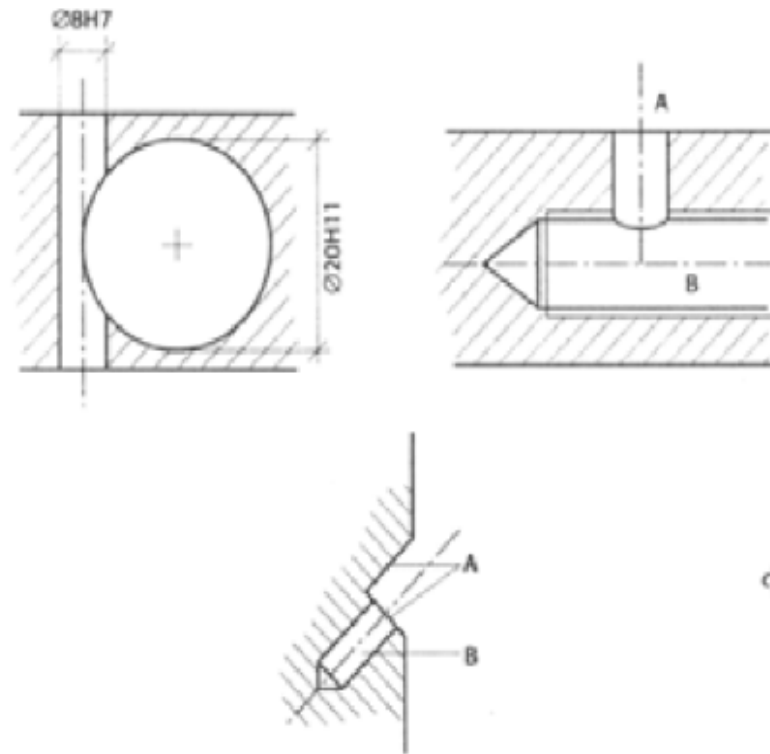
La superficie (2) deve rimanere grezza al contrario delle (1) e (3) che devono essere lavorate. La sequenza corretta è (3) e poi (1).

In caso contrario, un errore di lavorazione sulla superficie (1) potrebbe non permettere una corretta esecuzione della (3), nel rispetto anche della tolleranza più ristretta, dato che non si deve lavorare la (2).



Esigenze tecnologiche

Nel caso di fori di diverso diametro e precisione che si intersecano, è preferibile eseguire prima il foro di minor diametro e maggiore precisione; in caso contrario, a causa della presenza della discontinuità, la precisione del foro a minor diametro non sarebbe garantita.



Scelta degli utensili

Obiettivo: scegliere gli utensili più adatti per garantire la qualità e l'economicità della produzione.

Nel caso di utensili con inserto:

- Materiale inserto
- Forma e dimensioni inserto
- Angoli caratteristici
- Raggio di raccordo tra i taglienti
- Geometria e dimensioni stelo o corpo utensile

processo di taglio: parametri

Scelta dei Parametri di Taglio

Obiettivo: ottimizzazione economica del processo di taglio

- **Profondità di passata** \Rightarrow in prima approx \cong spessore soprametallo
- **Avanzamento** \Rightarrow il massimo consentito dai limiti tecnologici
- **Velocità di taglio** \Rightarrow corrispondente alla durata di minimo costo o massima produttività

Tale scelta è legata a

Durata del tagliente
Materiale dell'utensile e del pezzo
Condizioni di taglio
Geometria utensile
Sovrametalli da asportazione

Verificare che non siano superati vincoli tecnologici \Rightarrow Vibrazioni, eccessive deformazioni, massima rugosità, potenza ammissibile, velocità e avanzamento disponibili

Limiti inferiori \Rightarrow tagliente di riporto (velocità di taglio)
rifiuto del tagliente (avanzamento)

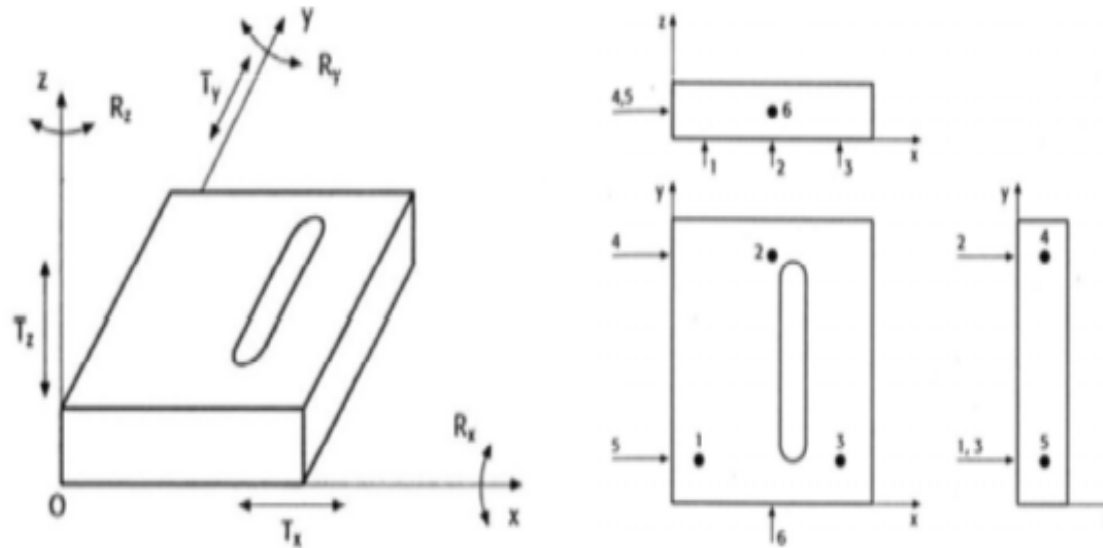
Scelta delle attrezzature

Obiettivo: riferire il pezzo nello spazio di lavoro della macchina e bloccarlo in posizione stabile e senza deformazioni.

Scelta basata su analisi delle superfici del pezzo, delle lavorazioni da effettuare in ogni fase e sotto-fase, della precisione dimensionale e delle tolleranze.

Principio di progettazione: posizionamento isostatico.

Ogni corpo nello spazio (spazio di lavoro della macchina XYZ) ha 6 gradi di libertà; il principio consiste nell'eliminare i 6 gradi di libertà con il minimo numero indispensabile di punti di contatto tra pezzo e attrezzatura.



Attrezzature-definizioni

Superfici di riferimento SR

Superfici del pezzo dove sono localizzati i 6 punti, che entrano a contatto con gli elementi dell'attrezzatura. Per quanto possibile devono coincidere con i riferimenti di quotatura.

Superfici di partenza SP

Superfici del greggio di partenza che svolgono la funzione di superfici di riferimento (in genere durante la prima sotto-fase).

Superfici di appoggio SA

Superfici attraverso le quali si scaricano le sollecitazioni generate dalle forze di taglio.

Superfici di bloccaggio SB

Superfici sulle quali agiscono i dispositivi di bloccaggio dell'attrezzatura.

Scelta delle attrezzature

Le SR vengono create nella prima fase del ciclo di lavorazione in modo da evitare che nelle successive il posizionamento venga fatto su superfici grezze.

La scelta delle SR dipende anche dalla presenza di tolleranze dimensionali o di forma che legano le superfici.

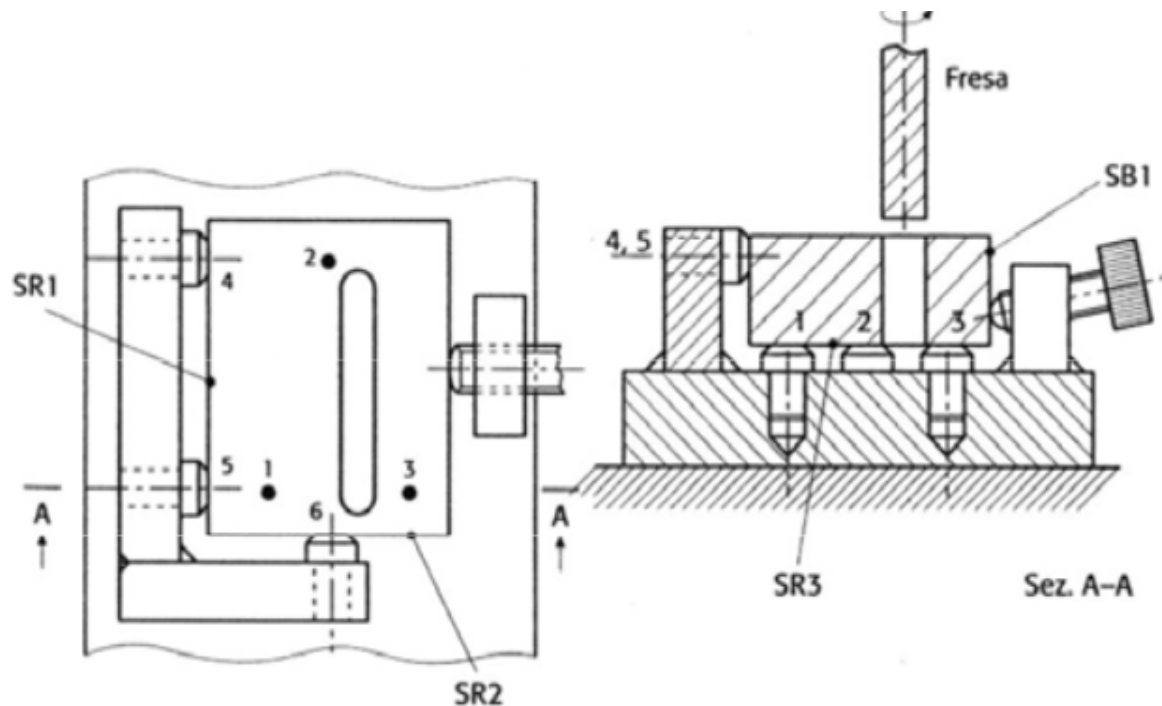


Fig. 9-67 Esempio semplificato di attrezzatura per fresatura del pezzo riportato nella figura 9-66. SR1, SR2, SR3: superfici di riferimento, SB1: superfici di bloccaggio. 1, 2, 3, 4, 5, 6: puntalini.

Scelta delle attrezzature

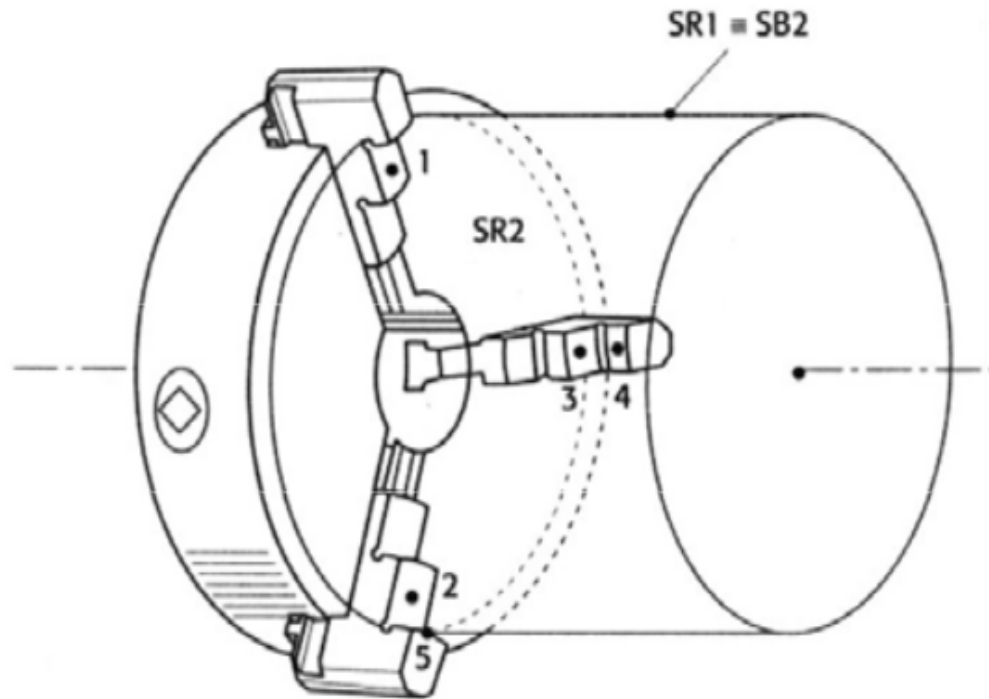


Fig. 9-69 Montaggio di un pezzo cilindrico su piattaforma autocentrante. SR1, SR2: superfici di riferimento; SB1: superficie di bloccaggio.

Stesura dei fogli di lavorazione

Contenenti tutte le informazioni necessarie a una corretta esecuzione delle operazioni.

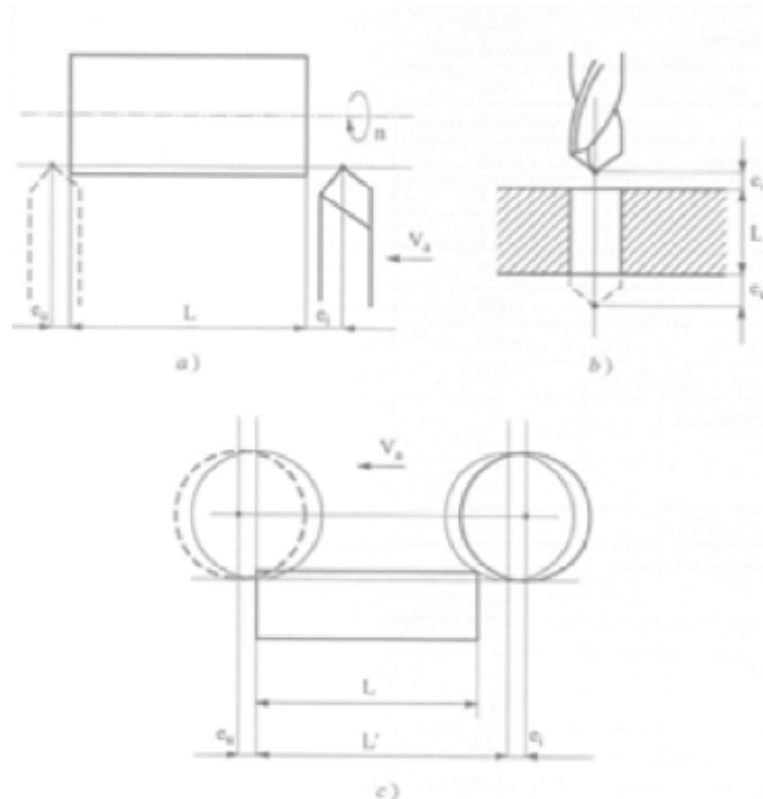
Ciclo di lavorazione elemento (MATR. N°				RIFERIMENTI			Compil.		Data	Foglio
				³ Dis. N. ⁰¹⁾ Distinta base N. ² Matricola N.			Controll. Visto			
DESIGNAZIONE SUPERFICI	N.	FASI Descrizione	Reparto	Tipo di macchina	SCHIZZO DI LAVORAZIONE	Attrezzature	COMP. TEMPI		Superficie di riferimento (o provvis. di partenza)	NOTE
			18	20			Tempo passivo	Totale tempo unitario lavorativo		
						23	37	37		

Calcolo dei tempi e dei costi

Tempi attivi: si hanno quando avviene il movimento relativo fra utensile e pezzo con asportazione di truciolo

Tempi passivi: si hanno quando non avviene la lavorazione

Tempi di preparazione: sono quei tempi necessari alla preparazione della macchina utensile, al prelievo dal magazzino di utensili e strumenti di controllo e alla interpretazione del foglio di ciclo da parte dell'operatore.



Calcolo dei tempi e dei costi

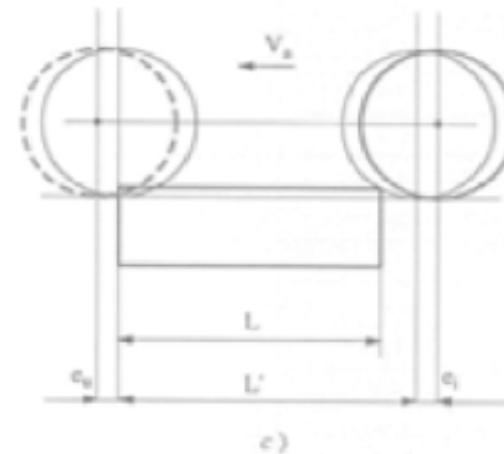
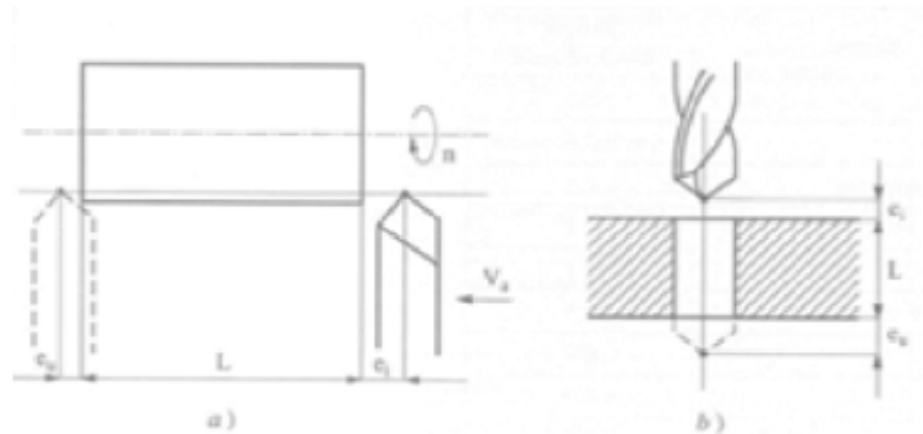
Per tornitura e foratura il tempo attivo è: per fresatura

Per tornitura e foratura il tempo attivo è:

$$t = \frac{L+e}{a \cdot n}$$

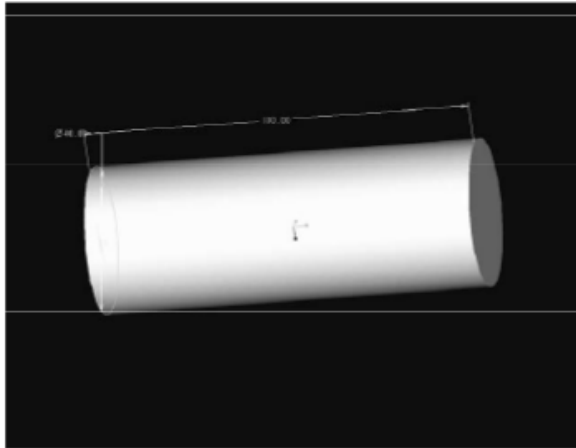
Per fresatura il tempo attivo è:

$$t = \frac{L'+e}{V_a}$$

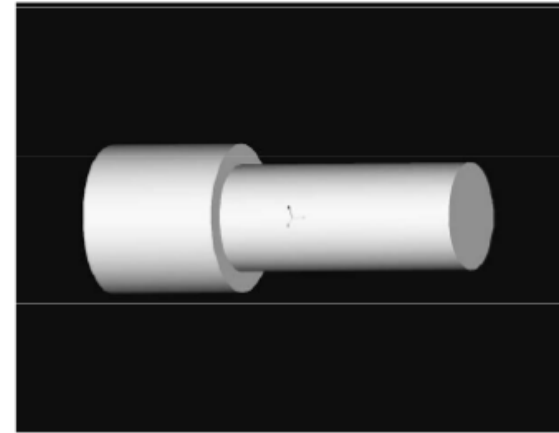


Scelta della macchine utensili

Determinazione dei processi tecnologici e scelta delle macchine utensili



Grezzo



Finito

Lavorazioni assialsimmetriche

Tornio tradizionale o centro di tornitura CN

Scelta delle macchine utensili

Determinazione dei processi tecnologici e scelta delle macchine utensili



Sfacciatura su lato destro (sgrossatura, finitura)

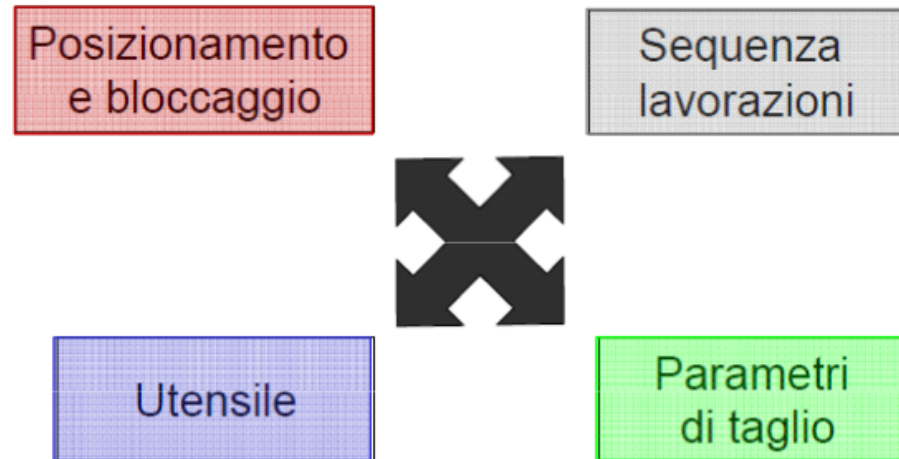
Sfacciatura su lato sinistro (sgrossatura, finitura)

Tornitura longitudinale (ϕ 26) (sgrossatura, finitura)

Tornitura longitudinale (ϕ 36) (sgrossatura, finitura)

Ciclo di lavorazione

Stesura del ciclo di lavorazione

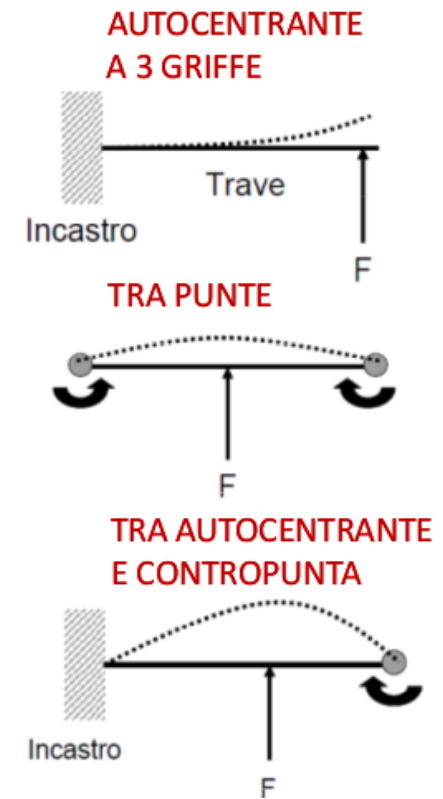


attrezzature

Posizionamento e bloccaggio

Se il rapporto lunghezza/diametro è elevato il pezzo può inflettersi a causa della forza di taglio.

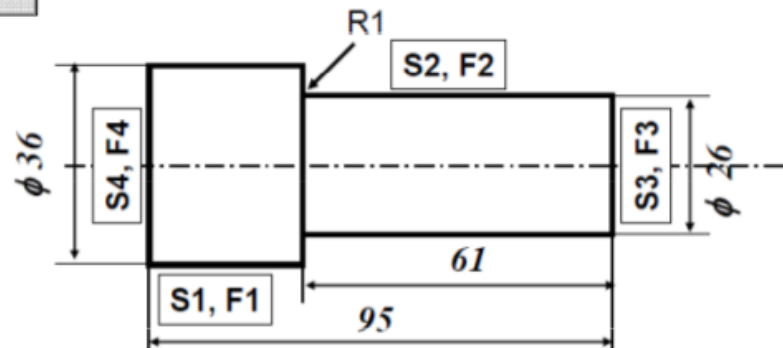
Occorre scegliere correttamente il sistema di bloccaggio in modo tale da evitare inflessioni del pezzo durante la lavorazione.



Industrializzazione prodotto

Ciclo di lavorazione

Sequenza lavorazioni



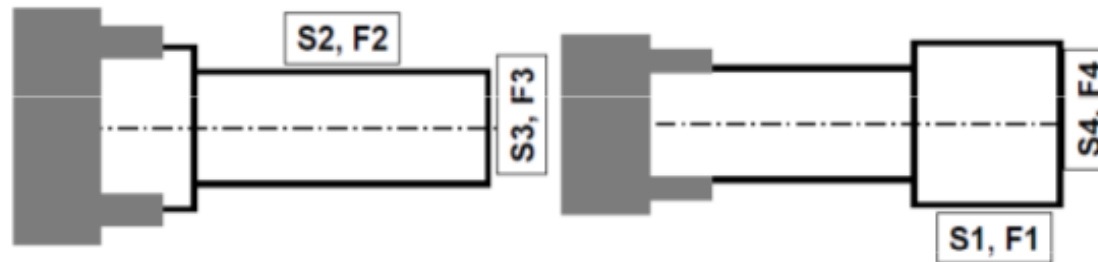
- Qual è la sequenza di operazioni che minimizza i costi soddisfacendo i vincoli tecnologici?
- Quanti posizionamenti sono necessari?

Le operazioni di sgrossatura devono precedere quelle di finitura.

Esistono altri vincoli tecnologici?

Ciclo di lavorazione

Sequenza lavorazioni
A Sbalzo



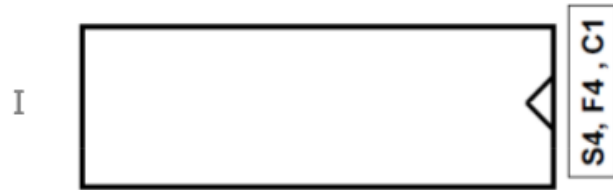
Possibili sequenze:

- Pos. 1: S3-F3-S2-F2 Pos. 2: S4-F4-S1-F1
- Pos. 1: S3-S2-F3-F2 Pos. 2: S4-S1-F4-F1
- Pos. 1: S4-F4-S1-F1 Pos. 2: S3-F3-S2-F2
- Pos. 1: S4-S1-F4-F1 Pos. 2: S3-S2-F3-F2

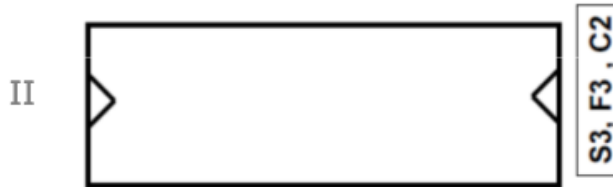
Ciclo di lavorazione

Sequenza lavorazioni

Tra le punte

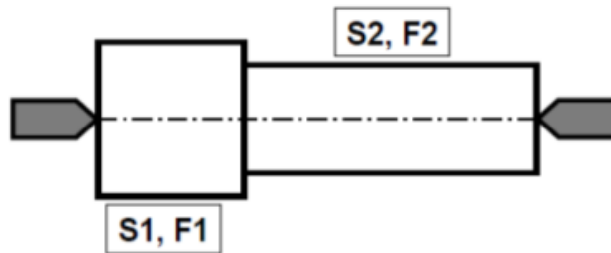


- Montaggio a sbalzo
- Sfacciatura
 - Finitura
 - Foro da centro
 - Sup. riferimento (fac.)



- Montaggio a sbalzo
- Sfacciatura
 - Finitura
 - Foro da centro

- III
- Possibili sequenze:
- Pos. 1: S1-F1-S2-F2
 - Pos. 1: S1-S2-F1-F2

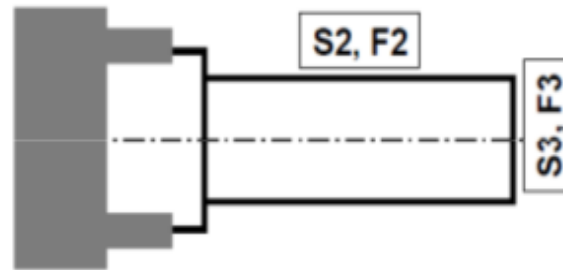


Se i fori da centro
devono essere
eliminati servono altri
2 posizionamenti
↓
5 posizionamenti!!

Ciclo di lavorazione

Sequenza lavorazioni

Oltre a minimizzare il numero di piazzamenti si cerca di minimizzare anche il numero di cambi utensile.



Nello stesso posizionamento è possibile scegliere fra diverse sequenze:

- S3-F3-S2-F2 3 cambi utensile
- S3-S2-F3-F2 1 cambio utensile

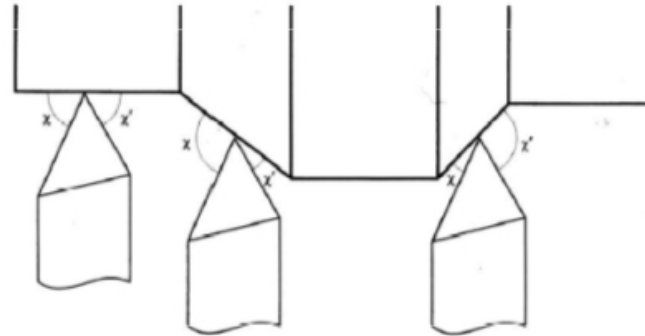
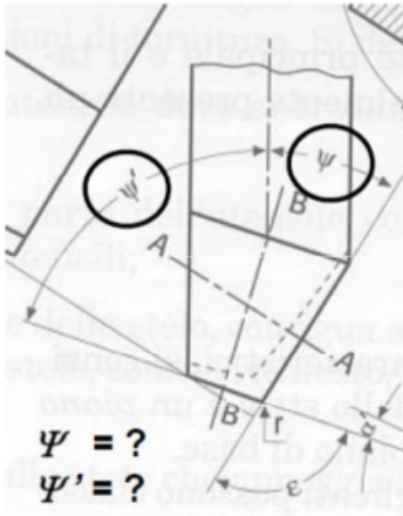
Scelta dell'utensile

Occorre definire:

- Angoli del profilo
- Materiale dell'inserto
- Forma dell'inserto
- Geometria dell'inserto
- Dimensioni dell'inserto
- Raggio di punta
- Sistema di bloccaggio dell'inserto
- Tipo e dimensione dell'utensile

Scelta dell'utensile

Utensile



Angoli di registrazione effettivi

Devono essere verificate le condizioni:

- $\chi \geq 3^\circ$
- $\chi' \geq 3^\circ$

Fattori da considerare:

- vibrazioni
- forze
- spessore di truciolo
- rugosità
- . . .

Si consigliano $\psi \leq 0$ con pezzi poco rigidi o per realizzazione di spallamenti retti.

Scelta dell'utensile

Utensile

Materiale dell'inserto

La scelta del materiale dell'inserto dipende principalmente:

- dal materiale da lavorare (classi P, M, K, N, S, H secondo codifica ISO)
- dal tipo di lavorazione (sgrossatura, finitura).

Classe P:	acciaio, ghisa malleabile a truciolo lungo, ecc.
Classe M:	acciaio inossidabile austenitico/ferritico/martensitico, ghisa legata, ecc.
Classe K:	ghisa, ghisa fusa in conchiglia, ghisa malleabile a truciolo corto, ecc.
Classe N:	alluminio e metalli non ferrosi
Classe S:	superleghe resistenti al calore
Classe H:	acciaio temprato

UNI-C40 Classe P

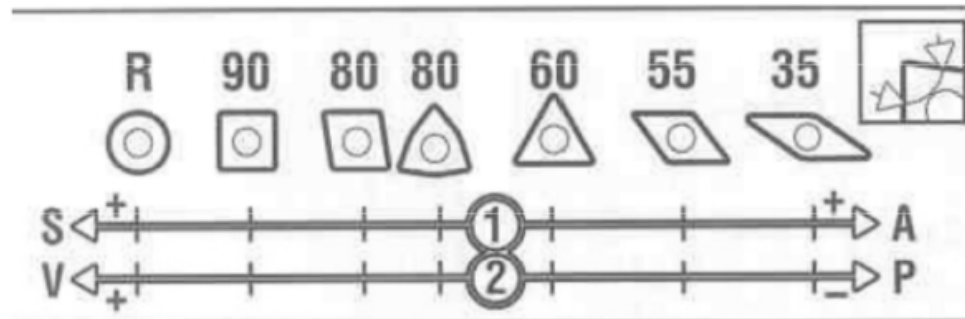
Scelta dell'utensile

Utensile

Forma dell'inserto

La scelta della forma dell'inserto è influenzata da:

- angolo di registrazione richiesto
- accessibilità richiesta



S: Robustezza
V: Vibrazioni

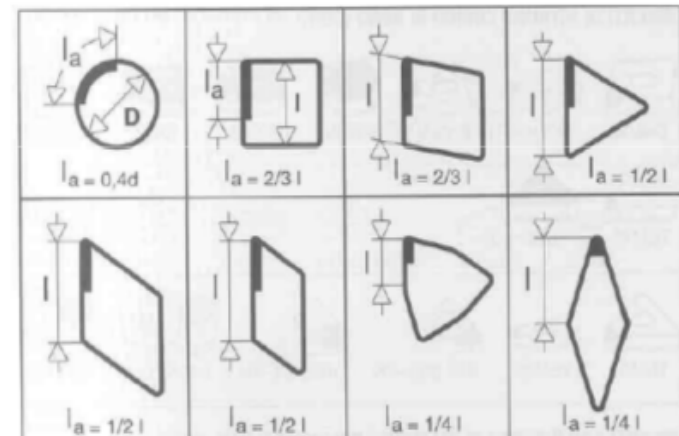
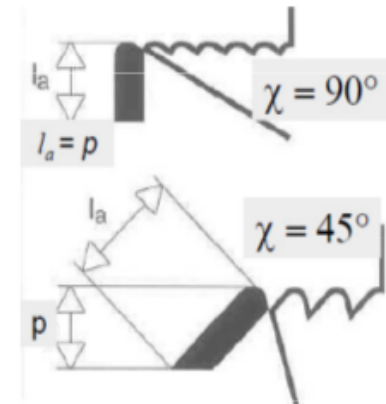
A: Accessibilità
P: Assorbimento di potenza

Scelta dell'utensile

Utensile

Per completare la scelta dell'utensile occorre scegliere:

- Geometria dell'inserto: - angoli di taglio α , β e γ
- rompitruciolo
- Dimensioni dell'inserto: occorre scegliere la lunghezza l del tagliente considerando la lunghezza effettiva l_a del tagliente (*dipende dalla massima profondità di passata*)
- Raggio di punta: all'aumentare del raggio di punta r_ϵ aumentano le vibrazioni e diminuisce la rugosità R_a ; in sgrossatura r_ϵ più elevati.



Parametri di taglio

Parametri di taglio

Parametri di taglio in tornitura

- profondità di passata, numero di passate
- avanzamento
- velocità di taglio, numero di giri del mandrino

La scelta dei parametri di taglio dipende da: materiale in lavorazione, utensile, rugosità desiderata, macchina utensile, liquido lubrificante, ecc.

Parametri di taglio

Parametri di taglio

