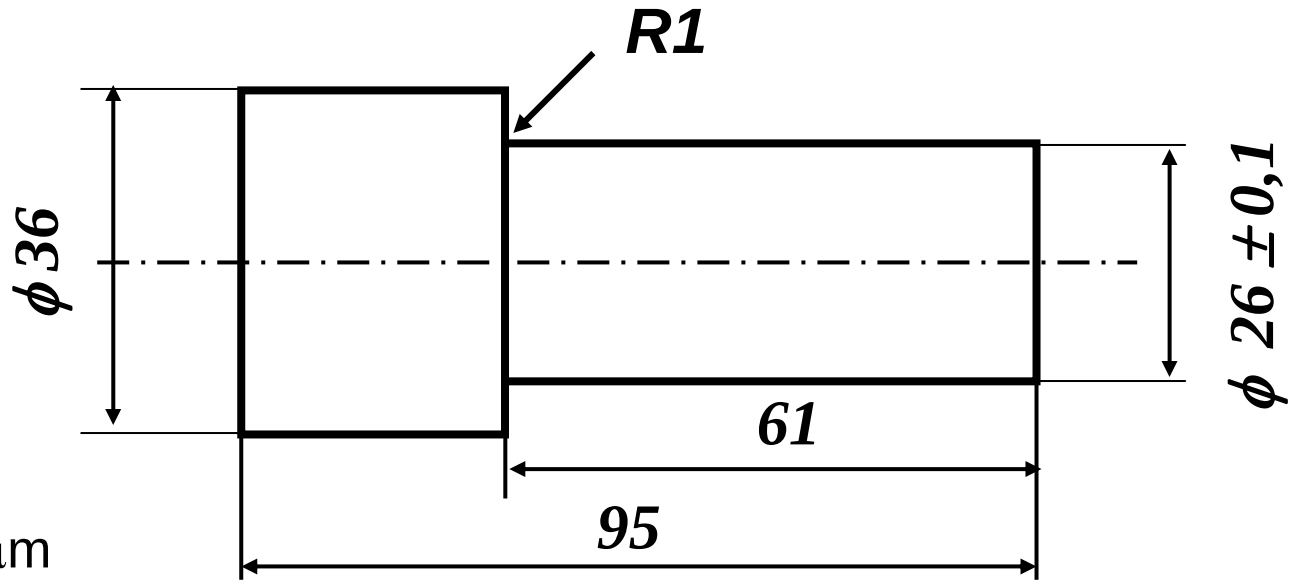
Il ciclo di lavorazione

- Analisi critica del disegno di progetto
- Riprogettazione del componente (ove necessario)
- Determinazione dei processi tecnologici e scelta delle macchine utensili
- Stesura del ciclo di lavorazione da realizzare
- Calcolo dei tempi e dei costi di fabbricazione

Esempio 1



Ra = 0.8 μm

Materiale : C40 acciaio speciale da costruzione

Dimensioni barra grezza:
- lunghezza 100 mm
- diametro 40 mm

Caratteristiche del materiale

Materiale: C40

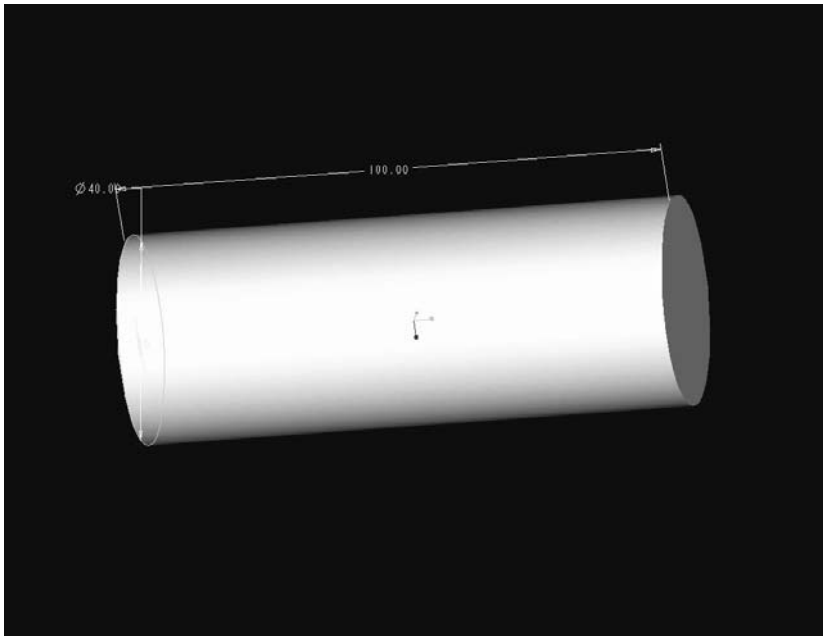
Composizione:

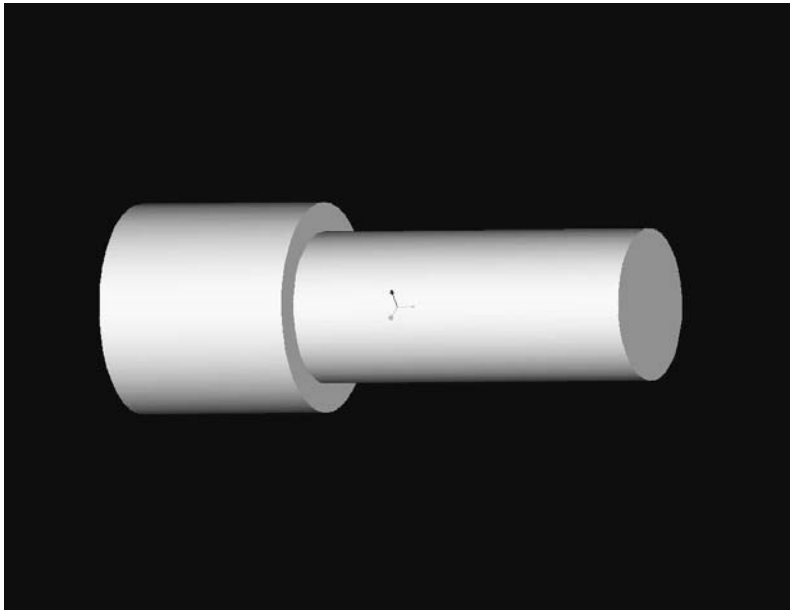
- C = 0,37÷0,44%
- Mn = 0,5÷0,8%
- Si $\leq$ 0,4%

Caratteristiche meccaniche:

- Modulo di Young $E = 206\ kN/mm^2$
- Carico unitario massimo di rottura $R_m = 690 \div 830\ N/mm^2$
- Carico unitario massimo di snervamento $R_s = 490\ N/mm^2$
- Allungamento percentuale $A = 15\%\ N/mm^2$
- Durezza Brinell $HB \approx 240$

Determinazione dei processi tecnologici e scelta delle macchine utensili





Grezzo

Finito

Lavorazioni assialsimmetriche

Tornio tradizionale o centro di tornitura CN

Determinazione dei processi tecnologici e scelta delle macchine utensili

Centro di tornitura
CNC Biglia B301

Macchina Utensile
Caratteristiche Tecniche

CAMPO DI LAVORO:

• diametro massimo tornibile	mm 220
• lunghezza massima tornibile	mm 300
• diametro massimo tornibile da barra	mm 41

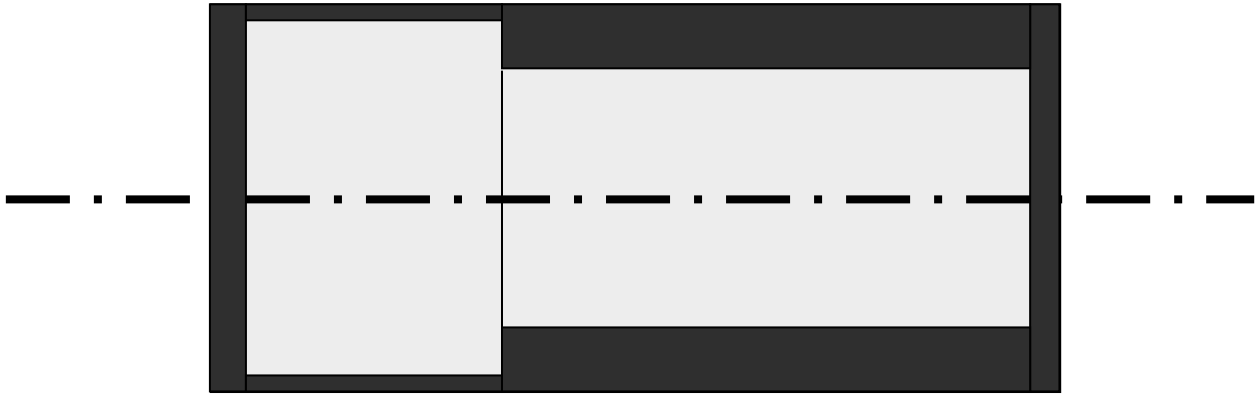
MANDRINO:

• numero massimo di giri al minuto	5000 giri/min
• diametro foro mandrino	mm 52
• potenza motore mandrino	kW 15
• potenza motore mandrino servizio continuo	kW 11
• diametro massimo autocentrante applicabile	mm 165

TORRETTA PORTAUTENSILI:

• tipo torretta	12 posizioni
• dimensioni utensili	mm 20 x 20
• dimensioni bareni diametro	mm 32

Determinazione dei processi tecnologici e scelta delle macchine utensili



Sfacciatura su lato destro (sgrossatura, finitura)

Sfacciatura su lato sinistro (sgrossatura, finitura)

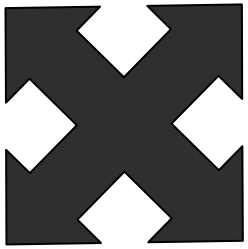
Tornitura longitudinale (ϕ 26) (sgrossatura, finitura)

Tornitura longitudinale (ϕ 36) (sgrossatura, finitura)

Stesura del ciclo di lavorazione

Posizionamento e bloccaggio

Sequenza lavorazioni



Utensile

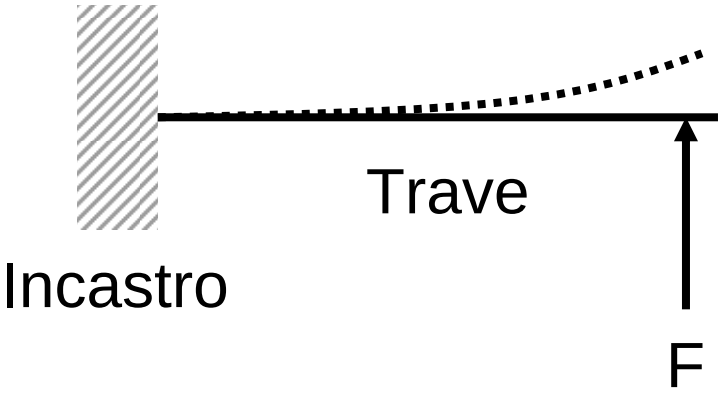
Parametri di taglio

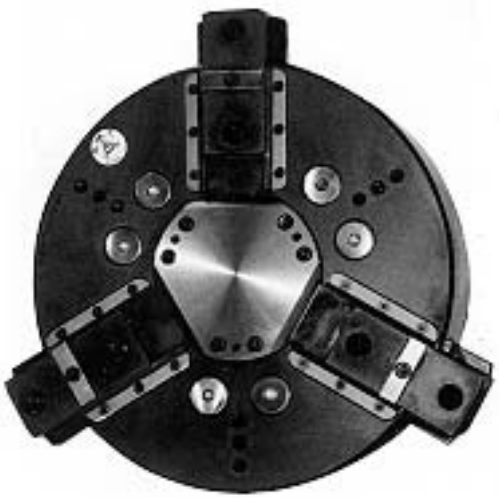
Posizionamento e bloccaggio

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.

Posizionamento e bloccaggio





Autocentrante a 3 griffe

A SBALZO

Il pezzo montato a sbalzo si può modellare come una trave vincolata da incastro.

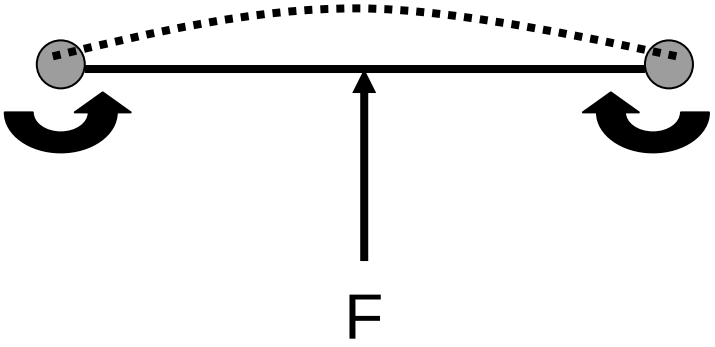
Si consiglia quando: $\frac{L}{D} \leq 1$

Inflessione massima:

$$f \approx \frac{1}{3} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot J} [\text{mm}]$$

$J = \frac{\pi \cdot D^4}{64}$ per sezione circolare

Posizionamento e bloccaggio



$$f_{\max} \text{ in } \frac{L}{2}$$

TRA PUNTE

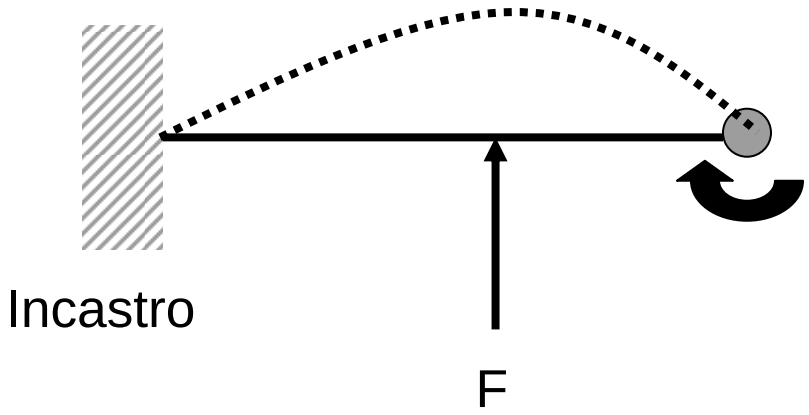
Il pezzo montato tra punta e contropunta si può modellare come una trave vincolata da cerniere.

Si consiglia quando: $1 \leq \frac{L}{D} \leq 5$

Inflessione massima:

$$f \approx \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot J} [\text{mm}]$$

Posizionamento e bloccaggio



$$f_{\max} \text{ in } 5\frac{L}{8}$$

TRA AUTOCENTRANTE E CONTROPUNTA

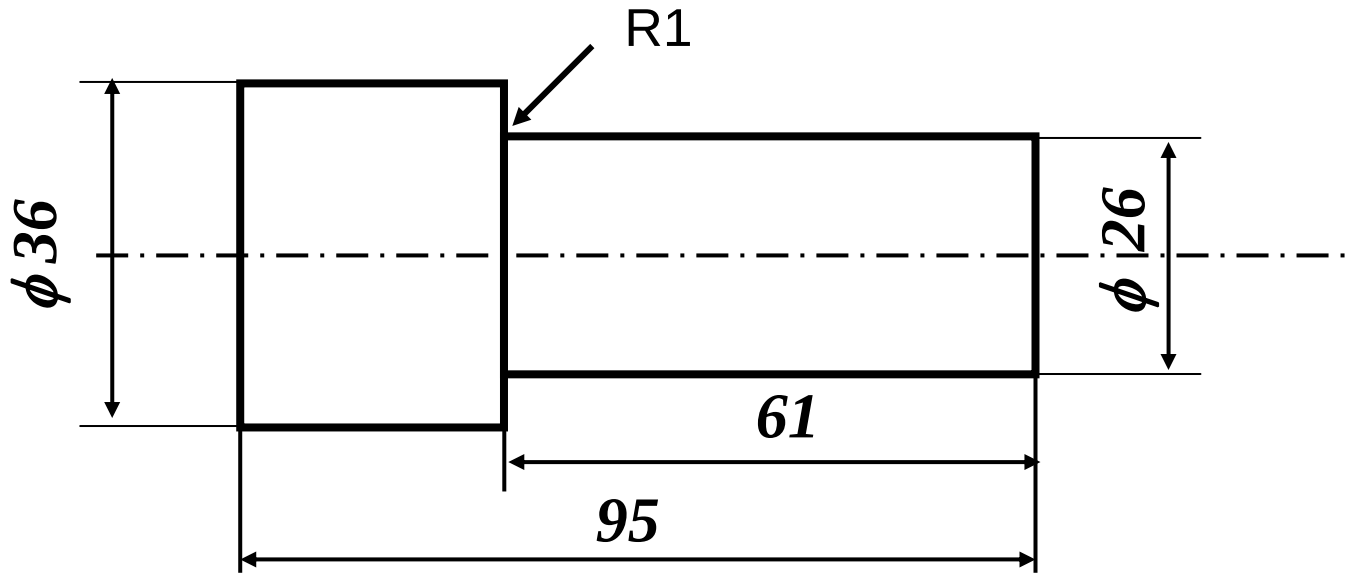
Il pezzo montato su autocentrante e contropunta si può modellare come una trave vincolata da incastro e cerniera.

Si consiglia quando: $\frac{L}{D} > 5$

Inflessione massima:

$$f \approx \frac{1}{107} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot J} [mm]$$

Posizionamento e bloccaggio

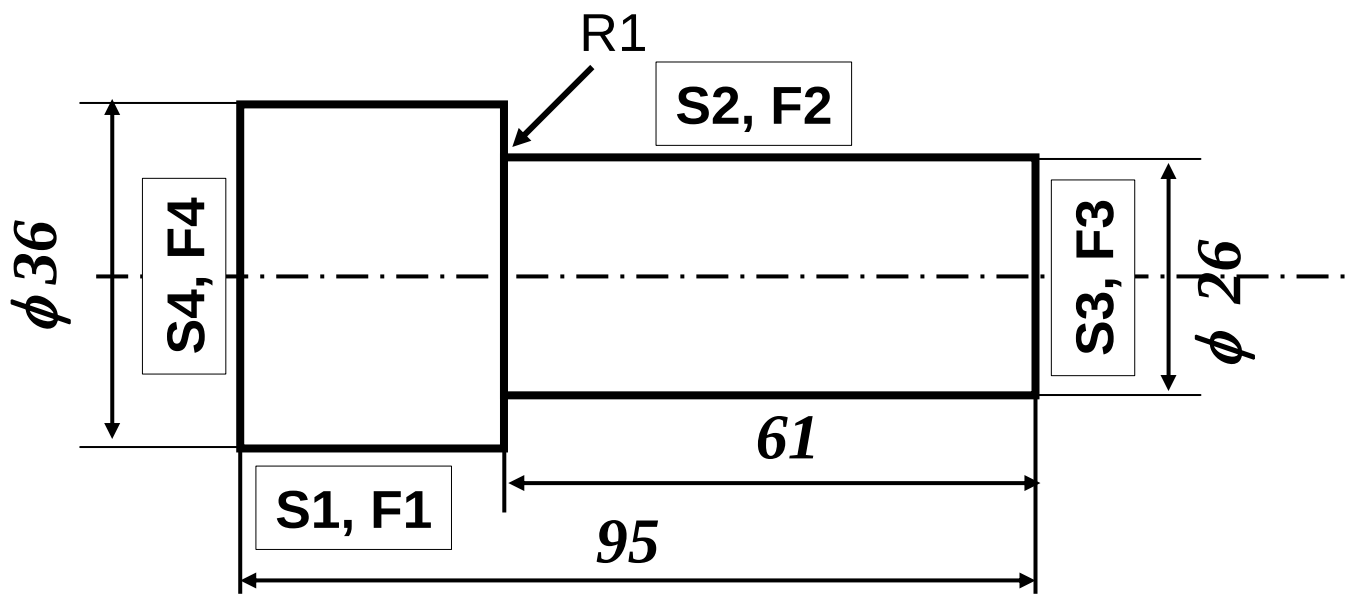


Grezzo: L = 100; D = 40

$$1 \le \frac{L}{D} = \frac{100}{40} = 2.5 \le 5$$

Si consiglia il montaggio del pezzo tra le punte.
DA VERIFICARE CON L'INFLESSIONE MASSIMA!

Sequenza lavorazioni



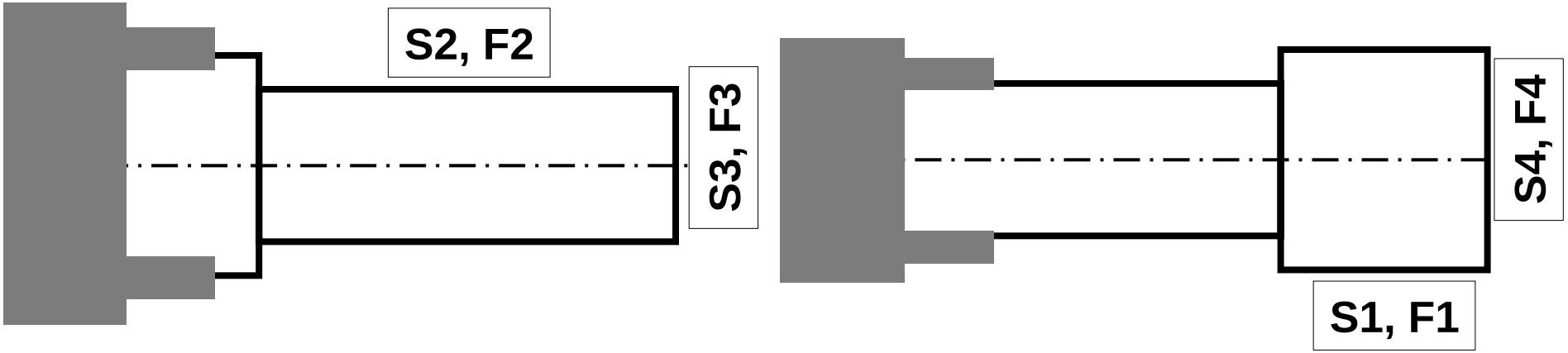
- Qual è la sequenza di operazioni che minimizza i costi soddisfando i vincoli tecnologici?
- Quanti posizionamenti sono necessari?

Sequenza lavorazioni

Le operazioni di sgrossatura devono precedere quelle di finitura.

Esistono altri vincoli tecnologici?

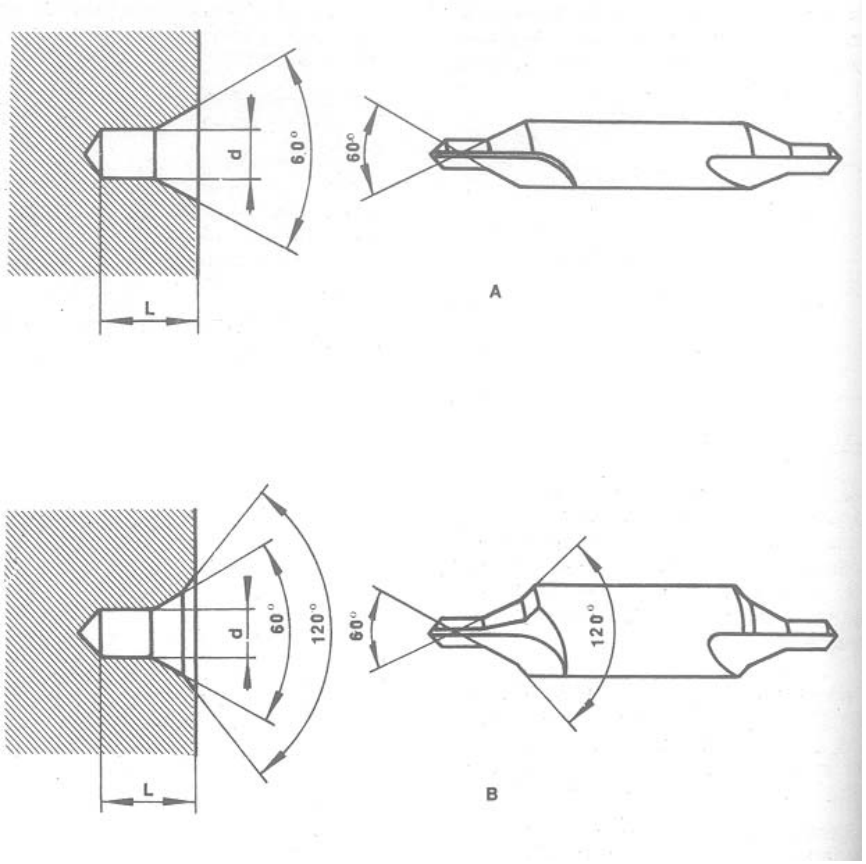
A sbalzo: sequenza lavorazioni

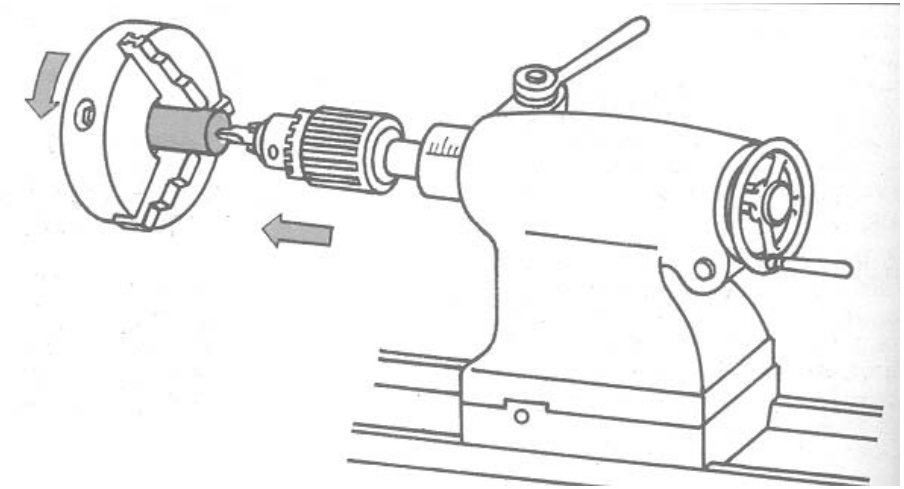


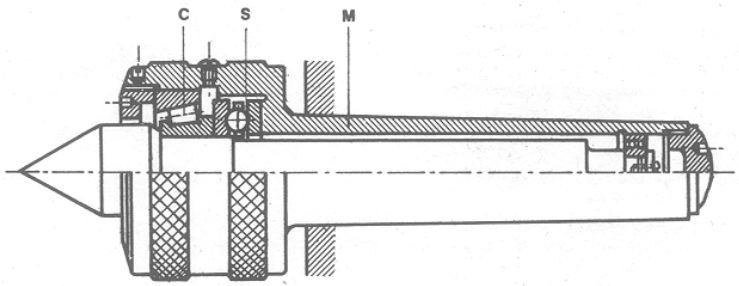
Possibili sequenze:

- 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
- . . .

Tra le punte: sequenza lavorazioni







Foro da centro

Tra le punte: sequenza lavorazioni

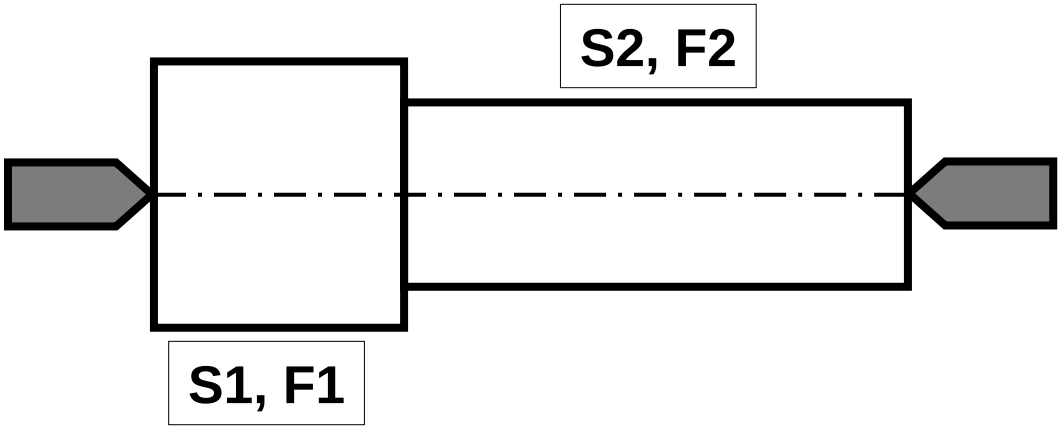
Montaggio a sbalzo
- Sfacciatura
- Finitura
- Foro da centro
- Sup. riferimento (fac.)

Montaggio a sbalzo
- Sfacciatura
- Finitura
- Foro da centro

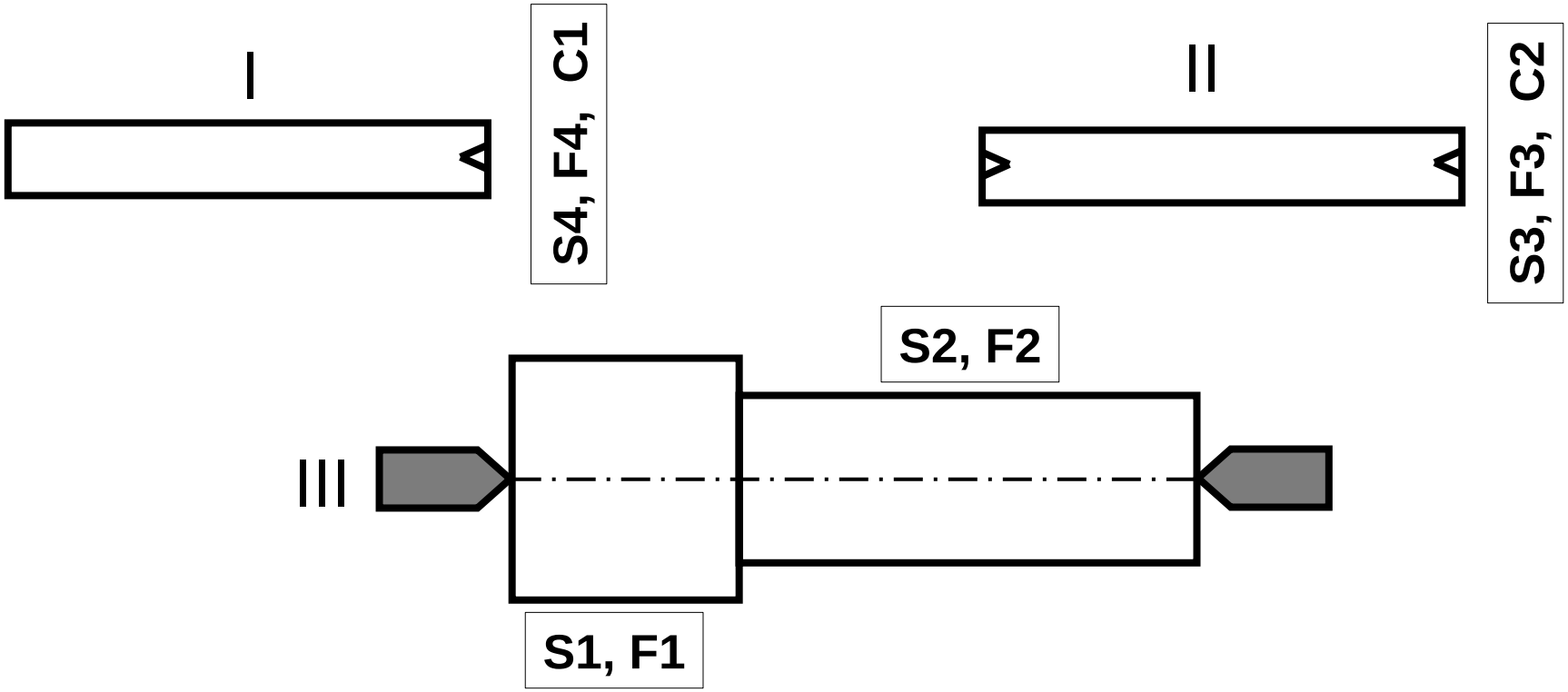
Tra le punte: sequenza lavorazioni

Possibili sequenze:

- Pos. 1: S1-F1-S2-F2
- Pos. 1: S1-S2-F1-F2



Tra le punte: sequenza lavorazioni

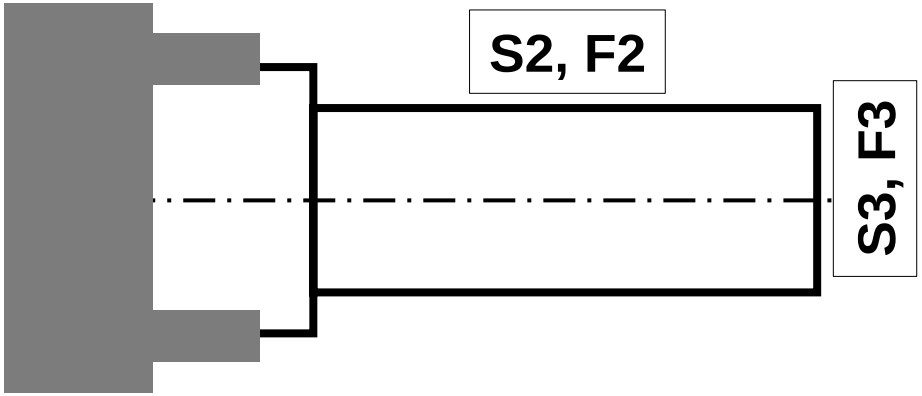


Se i fori da centro devono essere eliminati il pezzo necessita altri due montaggi a sbalzo per eseguire le sfacciature.

=> 5 piazzamenti !

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

Stesura del ciclo di lavorazione

Sfacciatura

$$L_{iniziale} = 100 \text{ mm}$$

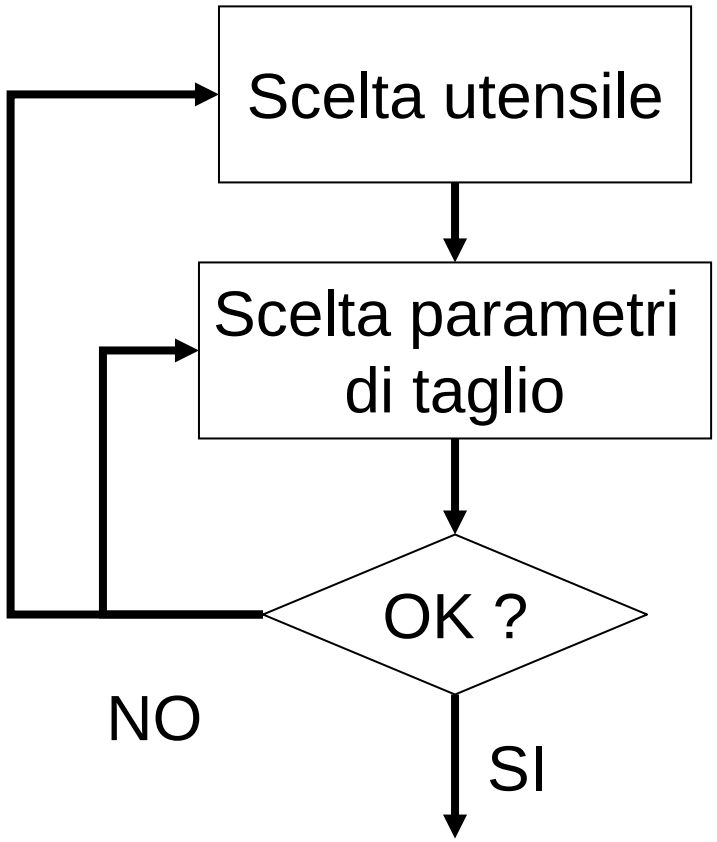
$$L_{finale} = 98 \text{ mm}$$

$$Corsa = 20 \text{ mm} + e_i + e_u$$

Volume di truciolo da asportare: $V = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 40^2}{4} = 2513\, mm^3$

Stesura del ciclo di lavorazione

Processo tecnologico e macchina utensile sono stati già scelti. Occorre eseguire:

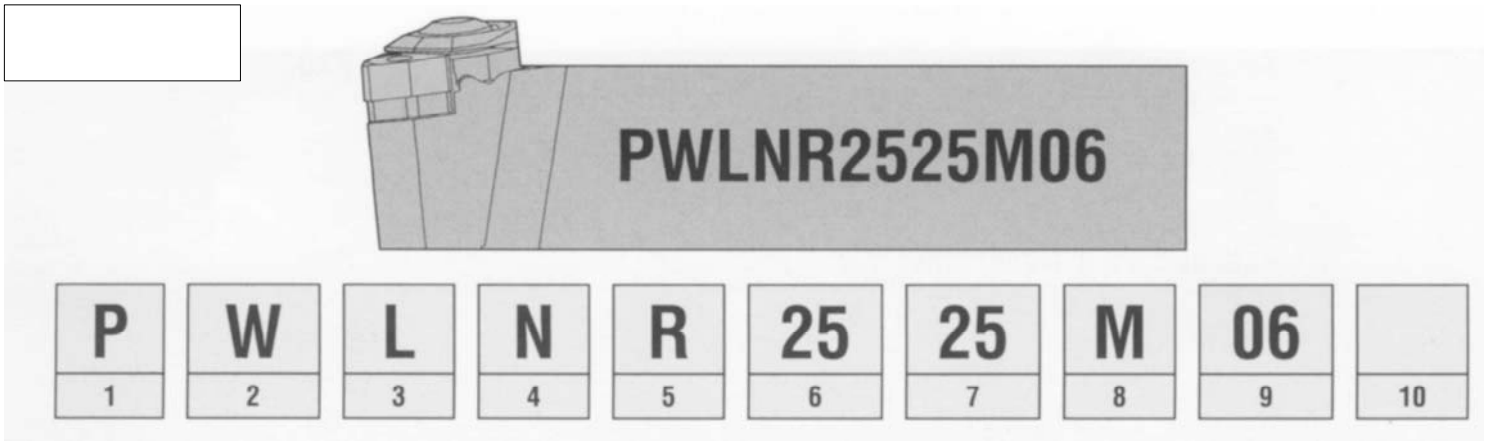


SCELTA UTENSILE

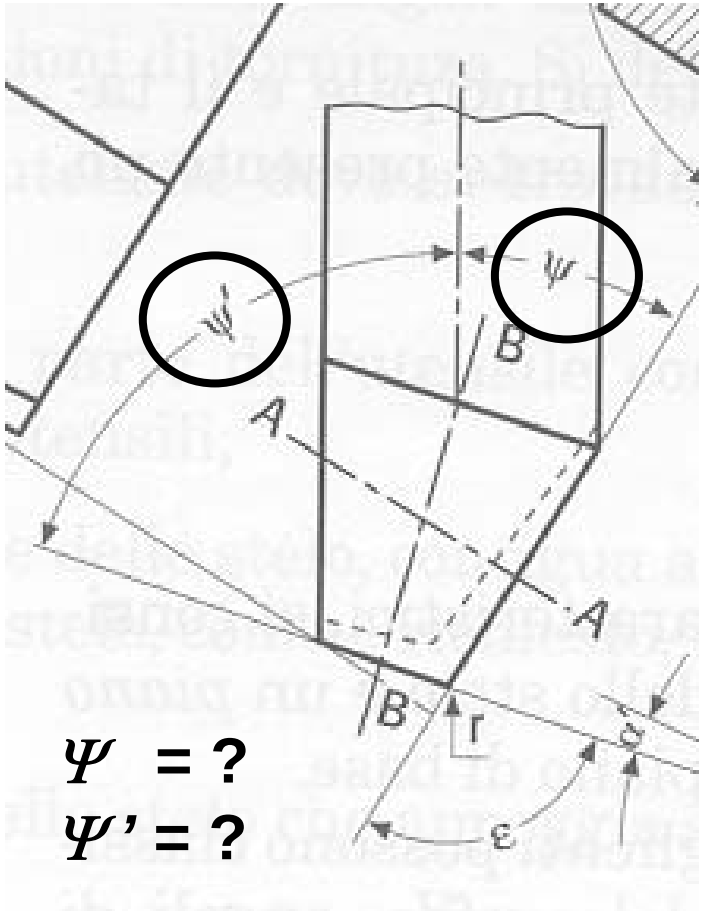
Occorre definire:

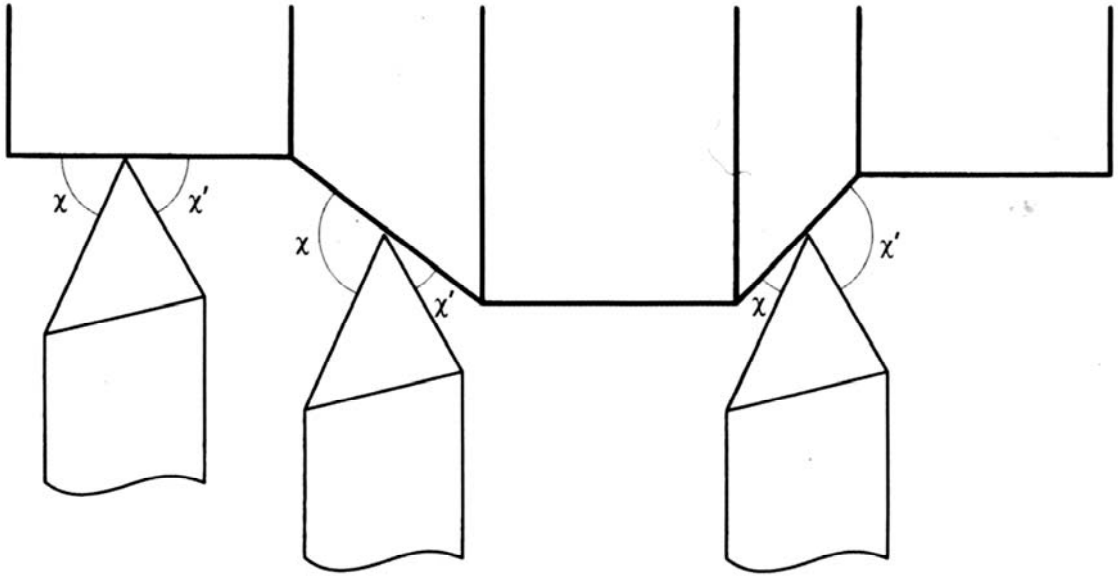
- Angoli del profilo
- Materiale dell’inserto
- Forma dell’inserto
- Geometria dell’inserto
- Dimensioni dell’inserto
- Raggio di punta
- Sistema di bloccaggio dell’inserto
- Tipo e dimensione dell’utensile

SCELTA UTENSILE



SCELTA UTENSILE





Angoli di registrazione effettivi

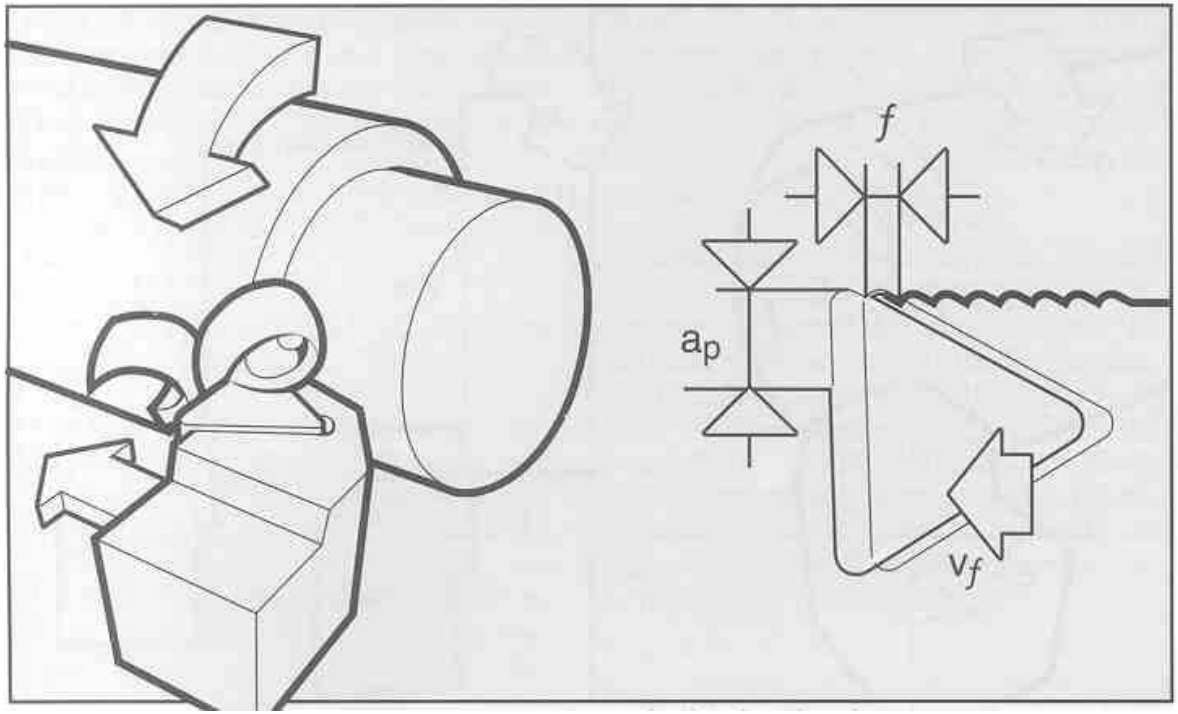
Devono essere verificate le condizioni:

- $\chi \geq 3°$
- $\chi' \geq 3°$

SCELTA UTENSILE

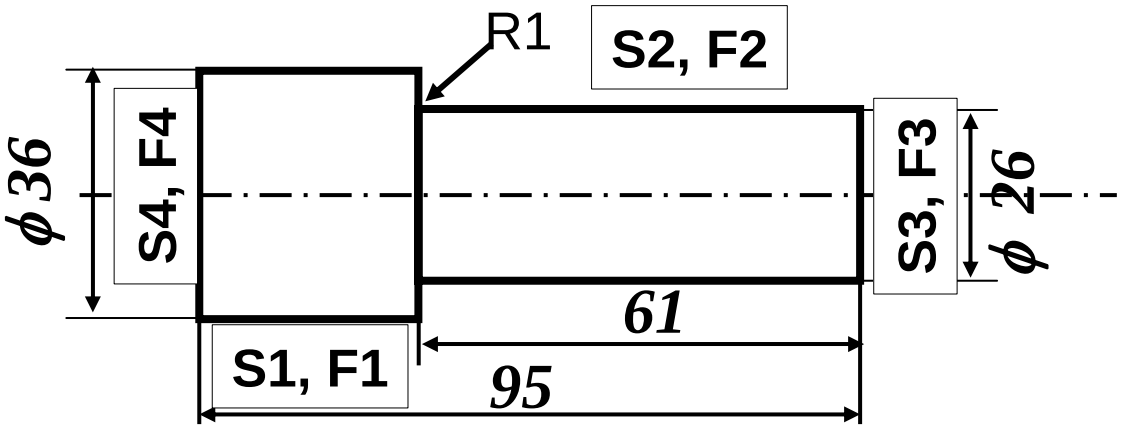
Fattori da considerare:

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



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

SCELTA UTENSILE



Si utilizza lo stesso utensile per le operazioni S1, S2, S3 e S4. ➡ $\psi < 0$

SCELTA UTENSILE - materiale dell'inserto

La scelta del materiale dell'inserto dipende principalmente:

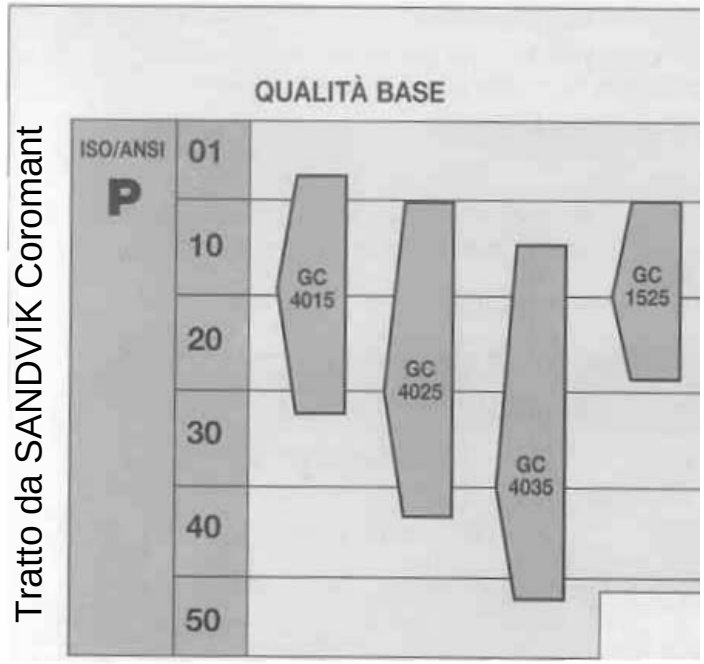
- dal materiale da lavorare (classi P, M, K, N, S, H secondo codifica ISO)
- dal tipo di lavorazione (sgrossatura, finitura).

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 UTENSILE - materiale dell'inserto

Più in dettaglio nei cataloghi:



Tratto da SANDVIK Coromant

Tenacità

Resistenza all'usura

GC 4015: finitura e sgrossatura leggera di acciaio e getti di acciaio.

GC 4035: sgrossatura medio leggera di acciaio e getti di acciaio in condizioni sfavorevoli (es. taglio interrotto).

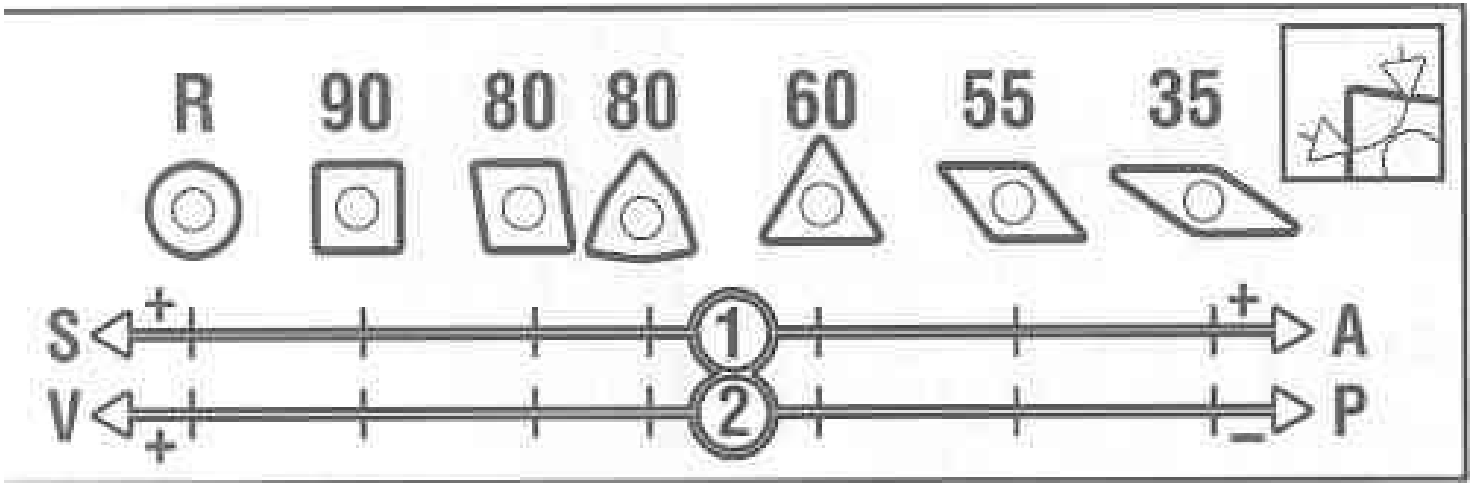
GC 1525: qualità cermet rivestita-PVD per finitura e semifinitura.

<u>GC 4025</u>: sgrossatura medio leggera di acciaio e getti di acciaio. Velocità di taglio medio alte con avanzamenti elevati.

SCELTA UTENSILE - forma dell'inserto

La scelta della forma dell'inserto è influenzata da:

- angolo di registrazione richiesto
- accessibilità richiesta



S: Robustezza
V: Vibrazioni

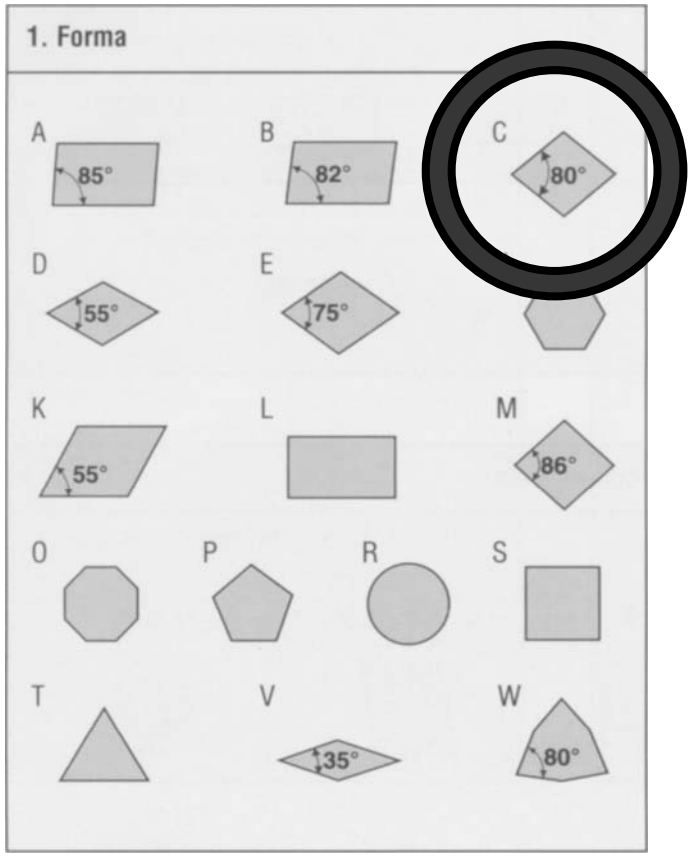
A: Accessibilità
P: Assorbimento di potenza

SCELTA UTENSILE - forma dell'inserto

Fattori che influenzano la scelta dell'inserto	R	90	80	80	60	55	35
Sgrossatura (robustezza)	●	●	●	○	○		
Sgrossatura leggera/Semifinitura (No. di taglienti)		○	●	●	●	●	
Finitura (No. di taglienti)			○	○	●	●	●
Tornitura e Sfacciatura (Direzioni di avanzamento)			●	○	○	●	●
Profilatura (Accessibilità)			○	○	○	●	●
Versatilità operativa	○		●	○	○	●	○
Potenza limitata della macchina			○	○	●	●	●
Tendenza alle vibrazioni				○	●	●	●
Materiale duro	●	●					
Lavorazione a taglio interrotto	●	●	○	○	○		
Grande angolo di registrazione			●	●	●	●	●
Piccolo angolo di registrazione	●	●		●	●		

● Particolarmente adatto ○ Adatto

SCELTA UTENSILE - forma dell’inserto

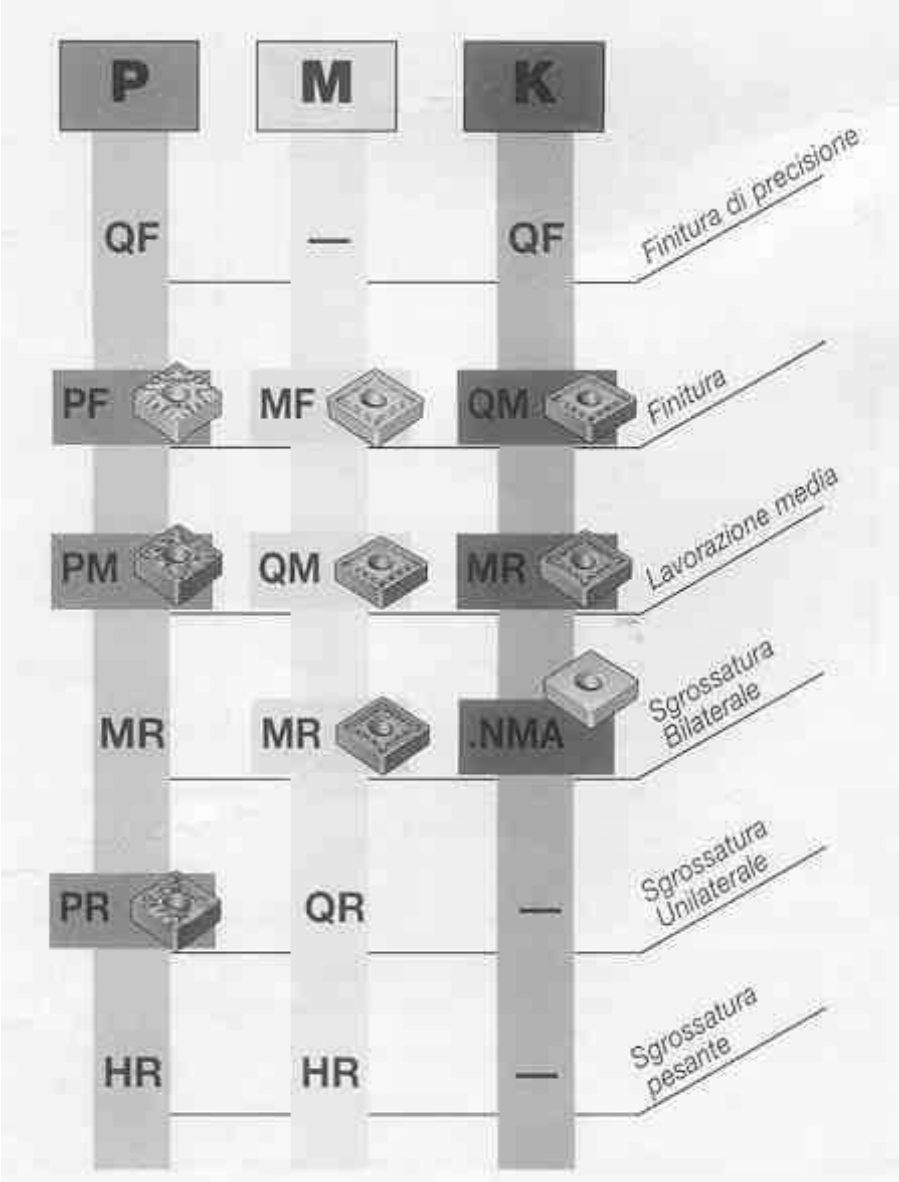


C									

SCELTA UTENSILE - geometria dell'inserto

Occorre scegliere:

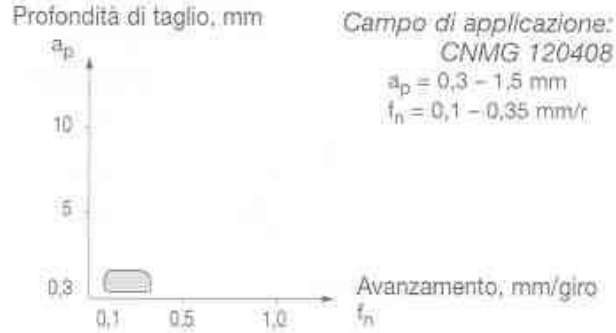
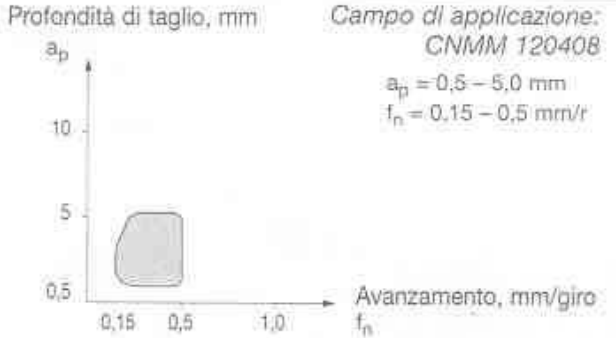
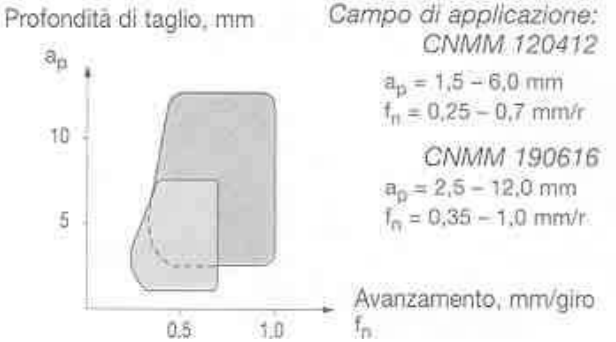
- angoli di taglio α, β e γ
- rompitruciolo



SCELTA UTENSILE - geometria dell'inserto

GEOMETRIE BASE

ISO **P** — *ACCIAIO*

	Sviluppata appositamente per finitura di acciaio Libero e corretto deflusso dei trucioli nelle operazioni di: tornitura radiale e longitudinale, copiatura, esecuzione di smussi e sfacciatura in tirata. Basse forze di taglio. Buone finiture superficiali e tolleranze strette.	
	Sviluppata appositamente per lavorazione media di acciaio Rompitrucioli versatile, adatto a tutte le applicazioni. Dalla semifinitura alla sgrossatura leggera. Garantisce elevata produttività e lavorazione senza inconvenienti.	
	Sviluppata appositamente per operazioni di sgrossatura di acciaio Geometria unilaterale positiva per la migliore combinazione di sicurezza e basse forze di taglio. Rompitrucioli multifunzione con ottimo controllo truciolo.	

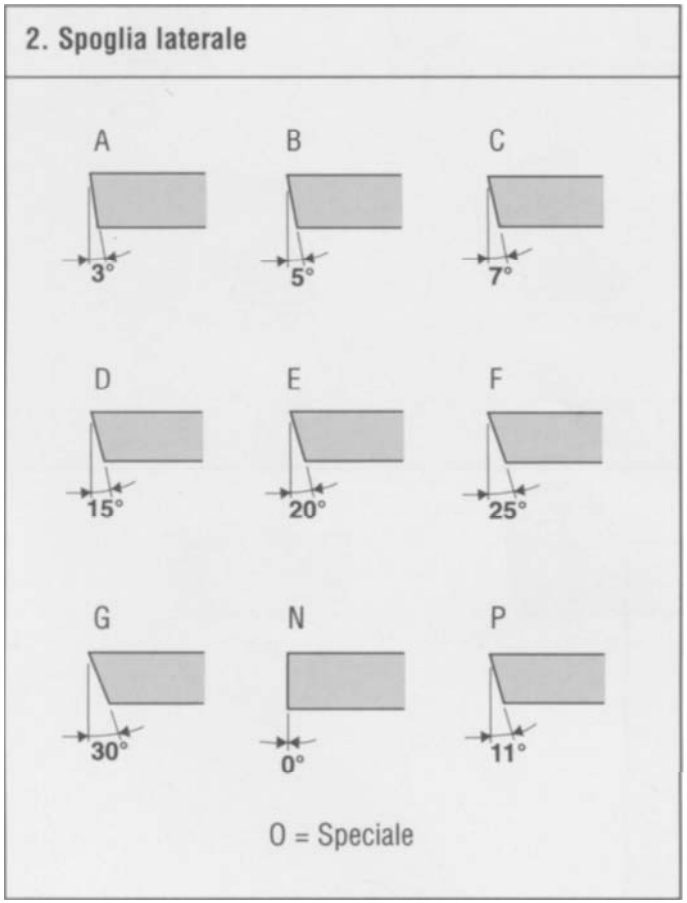
SCELTA UTENSILE - geometria dell'inserto

			1525	4015	4025	4035
SGROSSATURA	PR	CNMM 12 04 08-PR		☆	★	☆
		12 04 12-PR		☆	★	☆
		12 04 16-PR		☆	★	☆
		16 06 08-PR		☆	★	☆
		16 06 12-PR		☆	★	☆
		16 06 16-PR		☆	★	☆
		19 06 12-PR		☆	★	☆
		19 06 16-PR		☆	★	☆
		19 06 24-PR		☆	★	☆
	MR	CNMG 12 04 08-MR				
		12 04 12-MR				
		12 04 16-MR				
		16 06 08-MR				
		16 06 12-MR				
		16 06 16-MR				
		16 06 24-MR				
		19 06 08-MR				
		19 06 12-MR				
		19 06 16-MR				
		19 06 24-MR				
		25 09 24-MR				
★ = Scelta prioritaria						

GC 4025

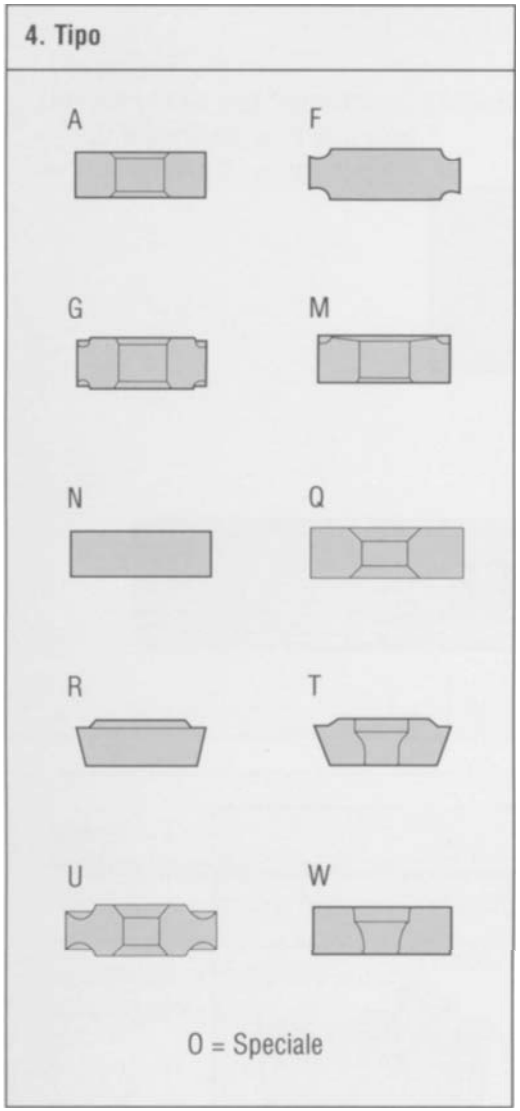
SCELTA UTENSILE - geometria dell'inserto

C	N	M	M						



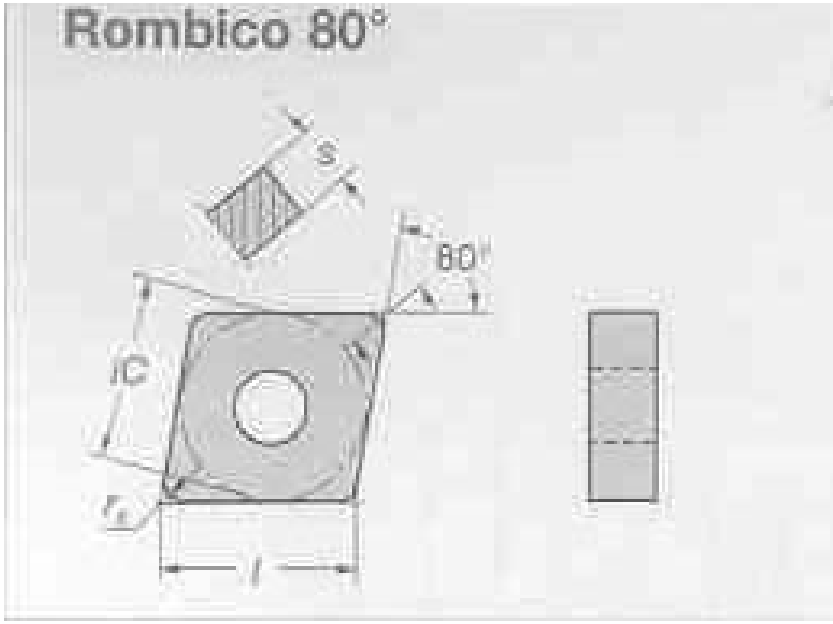
3. Tolleranze

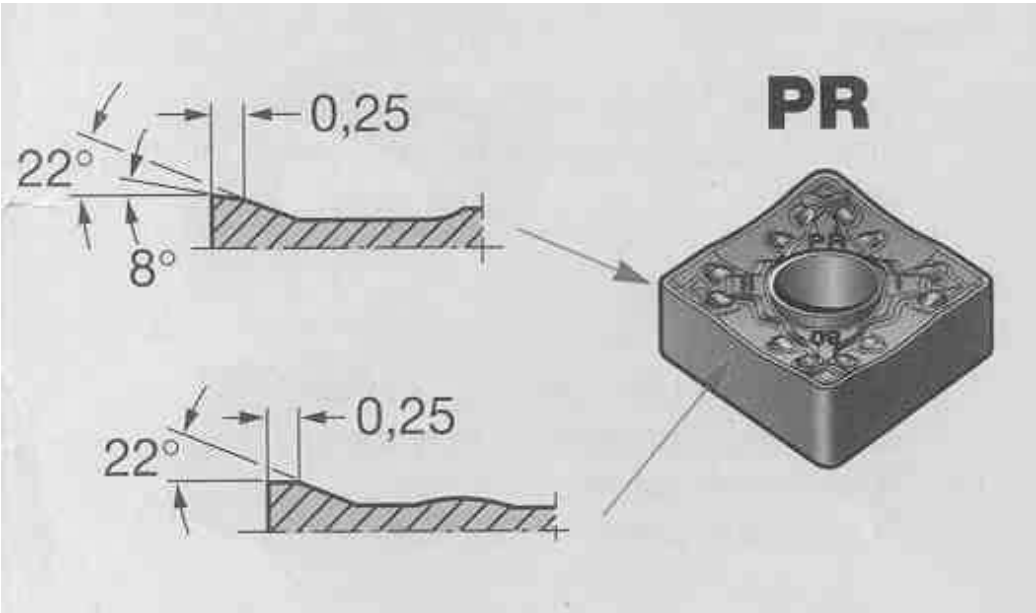
Classe di toll.	Tolleranza +/– mm s	Tolleranza +/– mm d	Circonferenza iscritta d, mm 3,175*	4,76	6,35	9,525	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1
A	0,025	0,025	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
E	0,025	0,025	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
F	0,025	0,013	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
G	0,13	0,025	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
H	0,025	0,013	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
J	0,025	0,05	•	•	•	•						
	0,025	0,08					•					
	0,025	0,10						•	•			
	0,025	0,13								•		
	0,025	0,15									•	•
K	0,025	0,05	•	•	•	•						
	0,025	0,08					•					
	0,025	0,10						•	•			
	0,025	0,13								•		
	0,025	0,15									•	•
M	0,13	0,05	•	•	•	•						
	0,13	0,08					•					
	0,13	0,10						•	•			
	0,13	0,13								•		
	0,13	0,15									•	•
U	0,13	0,08	•	•	•	•						
	0,13	0,13					•					
	0,13	0,18						•	•			
	0,13	0,25								•	•	•



SCELTA UTENSILE - forma dell’inserto

C	N	M	M						PR



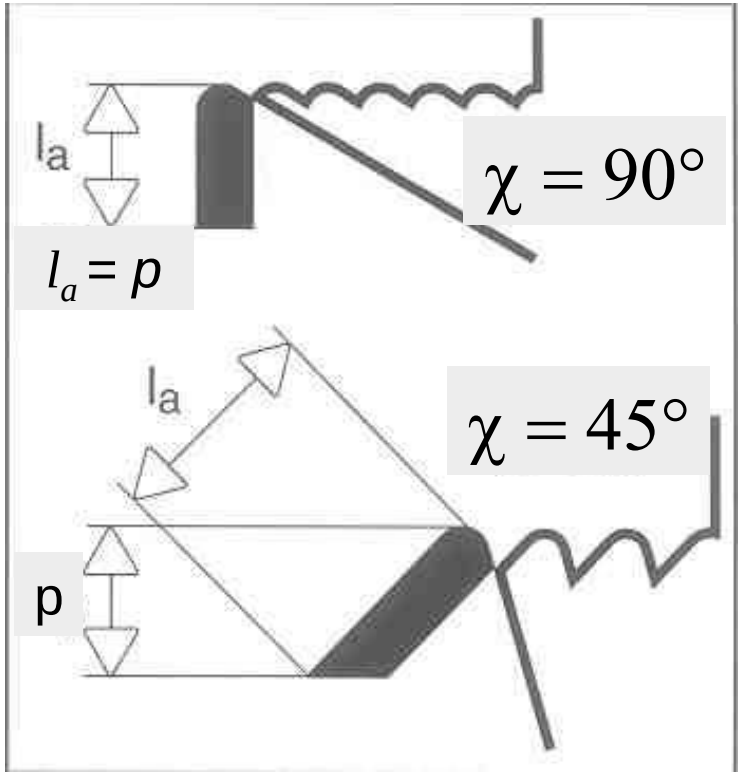


Occorre ora scegliere le dimensioni dell’inserto.

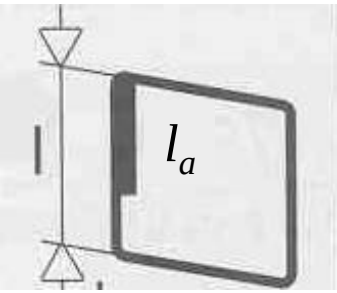
SCELTA UTENSILE - dimensione dell'inserto

Occorre scegliere la lunghezza l del tagliente considerando:

- la lunghezza effettiva del tagliente l_a



Lunghezza del tagliente

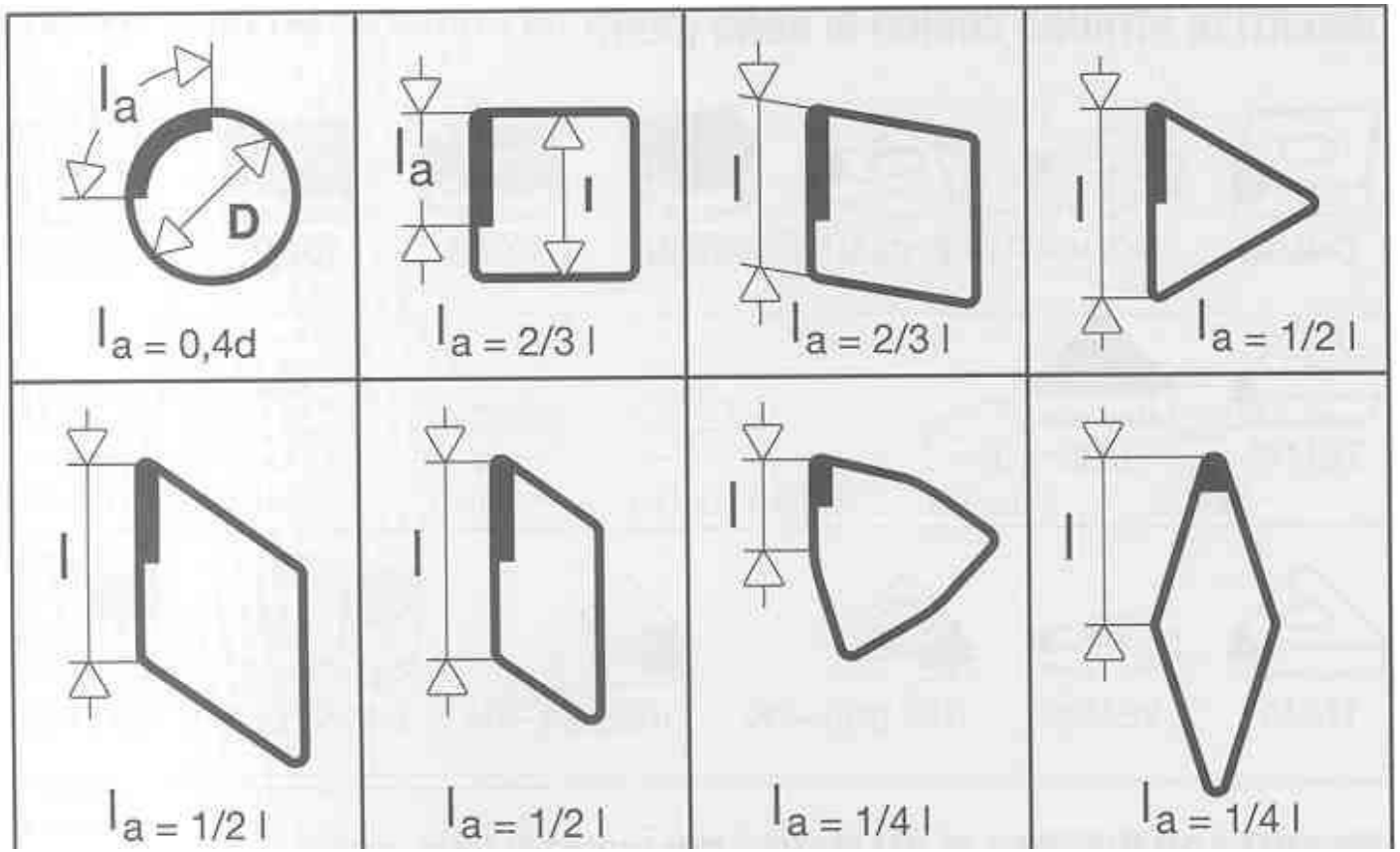


La scelta dipende dalla massima profondità di passata prevista nella lavorazione.

Deve essere: $$l_a = \frac{p}{\sin\chi}$$

SCELTA UTENSILE - forma dell'inserto

La lunghezza effettiva del tagliente
dipende dalla forma dell'inserto:



SCELTA UTENSILE - raggio di punta

All'aumentare del raggio di punta r_ε:

- aumentano le vibrazioni
- diminuisce la rugosità *R*a

Raggi di punta più comuni: 1,2÷1,6

In sgrossatura

Si tende ad irrobustire il più possibile l'utensile

⇓

valori di r_ε il più possibile elevati compatibilmente con il rischio dell'insorgere di vibrazioni

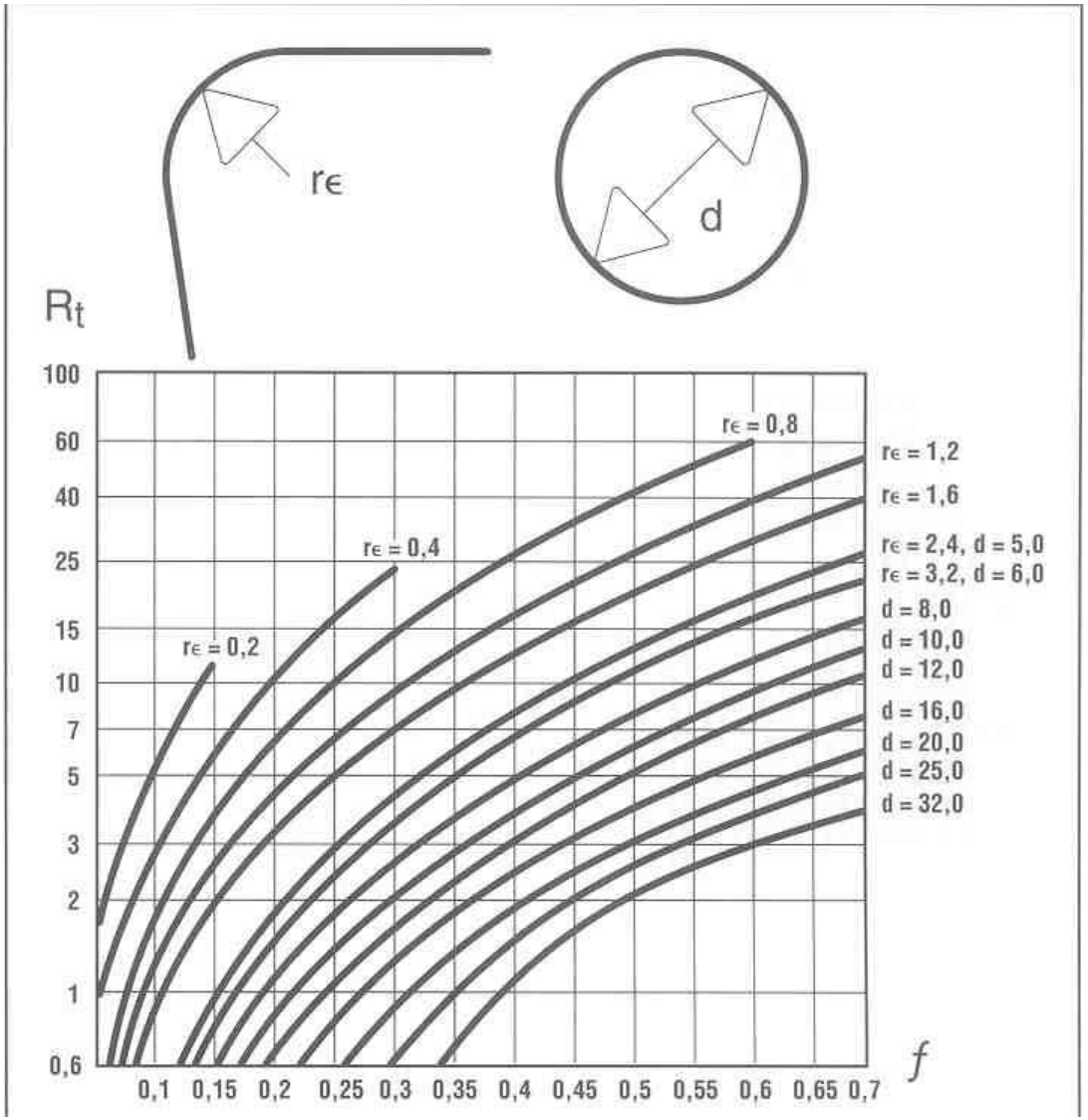
SCELTA UTENSILE - raggio di punta

In finitura

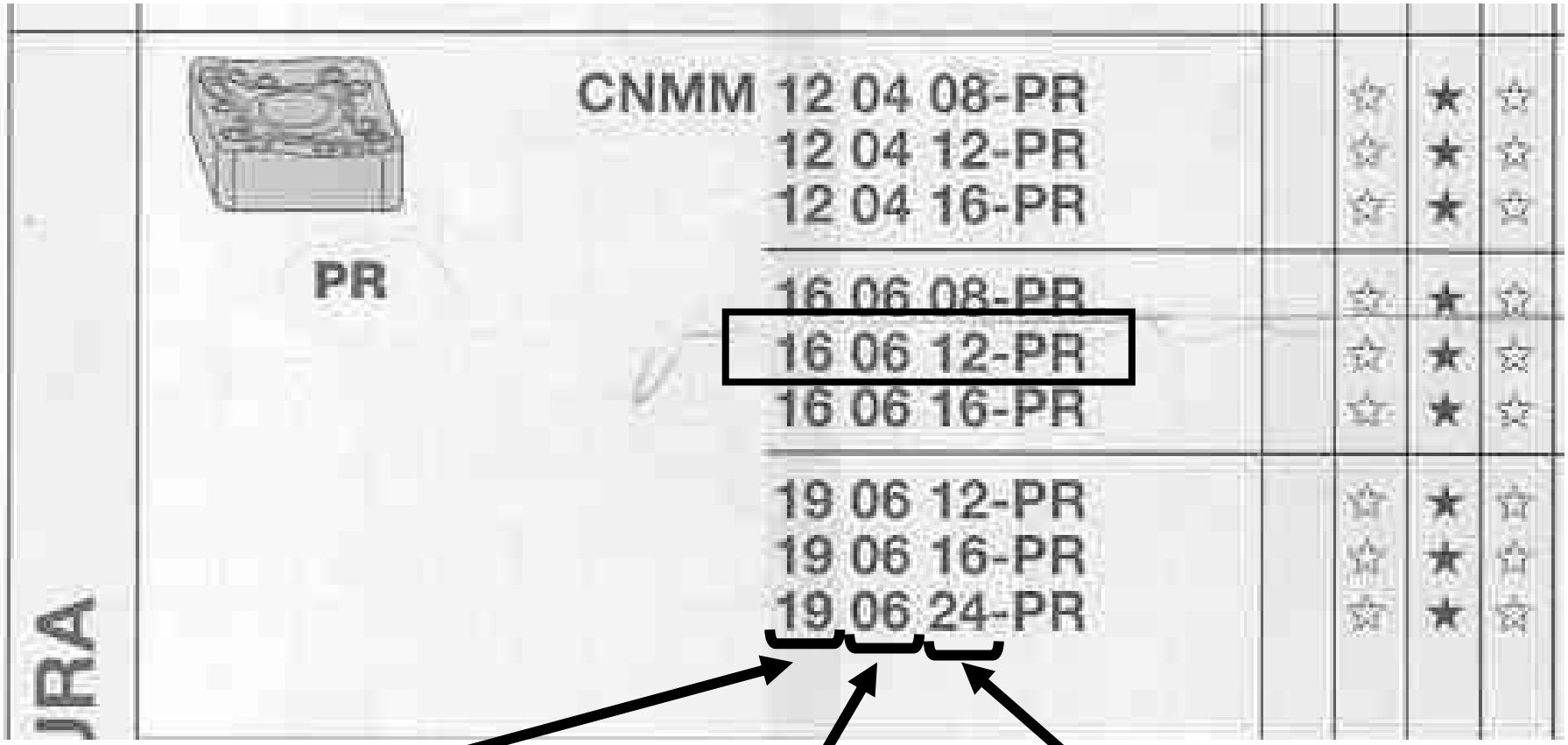
$$R_t = 1000 \cdot \frac{a^2}{8 r_\varepsilon}$$

Schmalz

Una regola empirica suggerisce di impostare l'avanzamento ***a*** non oltre un terzo del raggio di punta.



SCELTA UTENSILE - dimensioni e raggio di punta



PR	CNMM 12 04 08-PR	☆	★	☆
	12 04 12-PR	☆	★	☆
	12 04 16-PR	☆	★	☆
	16 06 08-PR	☆	★	☆
	16 06 12-PR	☆	★	☆
	16 06 16-PR	☆	★	☆
	19 06 12-PR	☆	★	☆
	19 06 16-PR	☆	★	☆
	19 06 24-PR	☆	★	☆

Dimensione inserto
l_a=16*2/3=10,67 mm

Spessore inserto

Raggio di punta

GC 4025

SCELTA UTENSILE - dimensioni e raggio di punta

C	N	M	M						PR

Dimensione inserto: 16 mm l_a=16*2/3=10,67 mm

Spessore inserto: 6,35 mm

Raggio di punta: 1,2 mm

C	N	M	M	16	06	12			PR

Angoli della sezione normale:

α =

β = 90°

γ =

Angoli del profilo:

Ψ = -5°

Ψ' = 85°

ε = 80°

λ =

Angoli di registrazione:

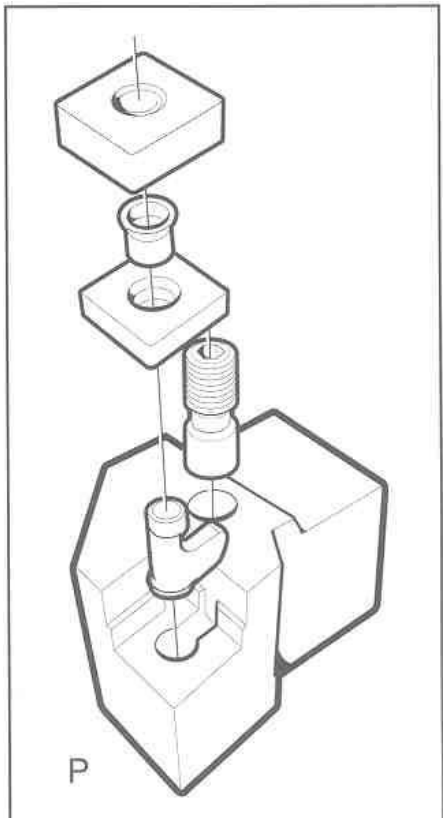
χ = 95°

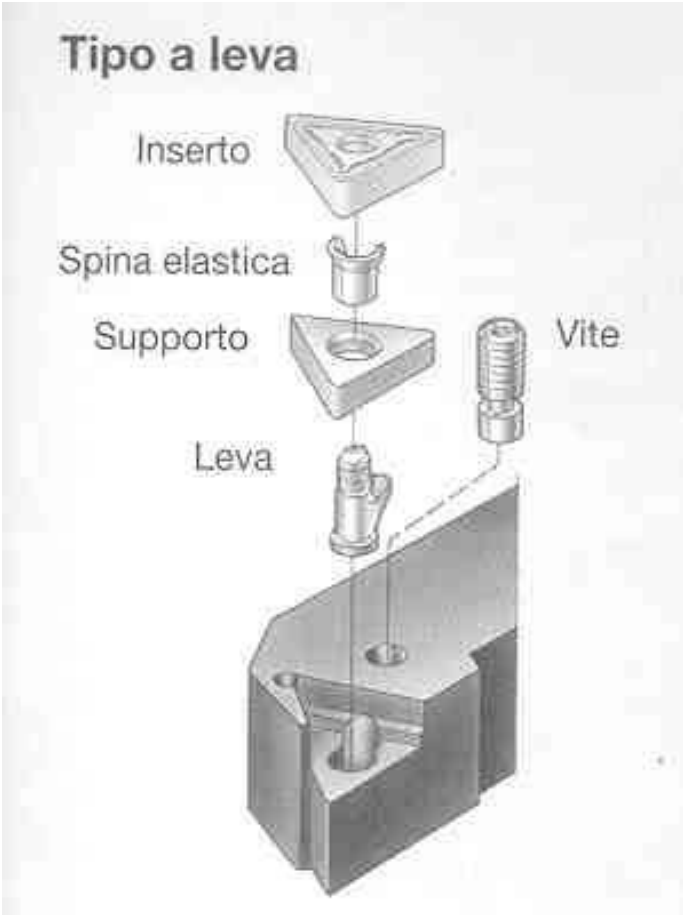
χ' = 5°

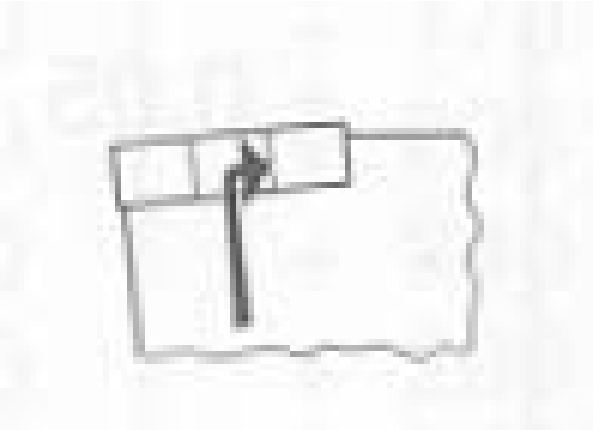
SCELTA UTENSILE - sistema di bloccaggio

Adatto a lavorazioni esterne ed alesature di grandi diametri.

A LEVA

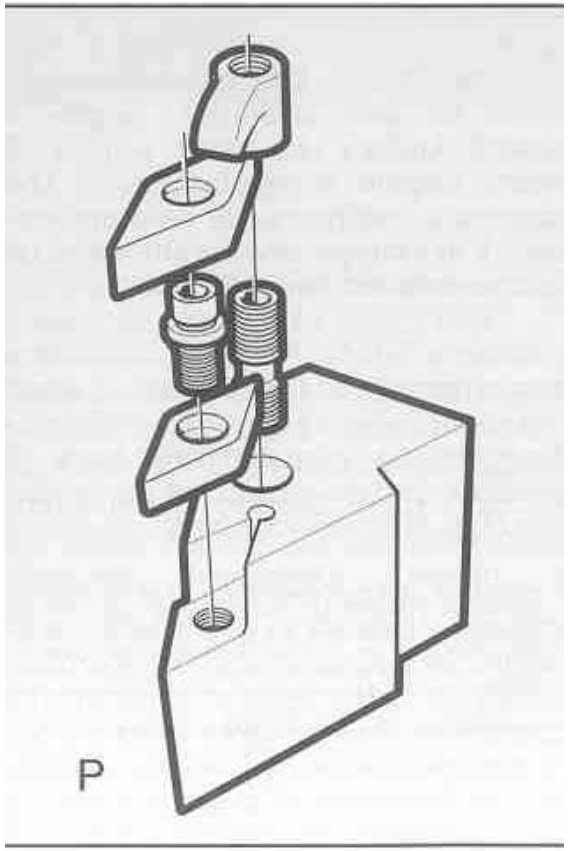






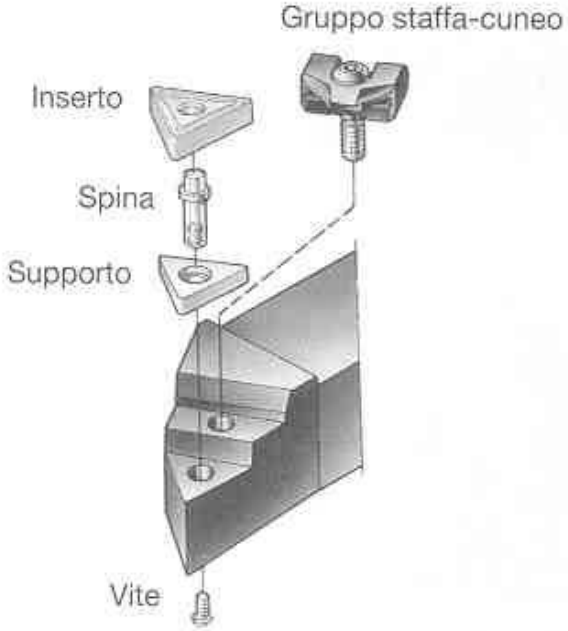
SCELTA UTENSILE - sistema di bloccaggio

A STAFFA-CUNEO



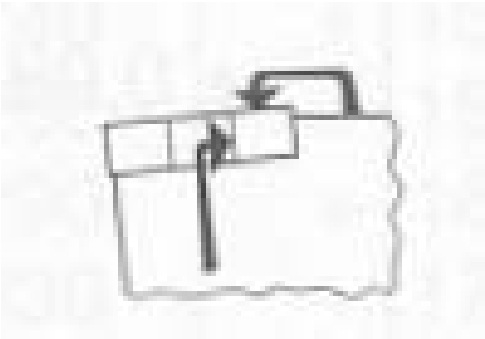
L'inserto viene bloccato da un cuneo che lo spinge contro un perno.

Tipo a staffa-cuneo



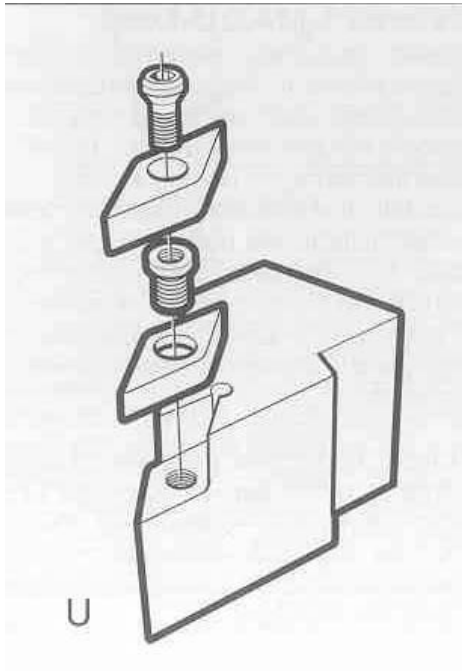
Attenzione!

Il sistema a staffa-cuneo e quello a cuneo sono intercambiabili tra di loro, senza modifiche.

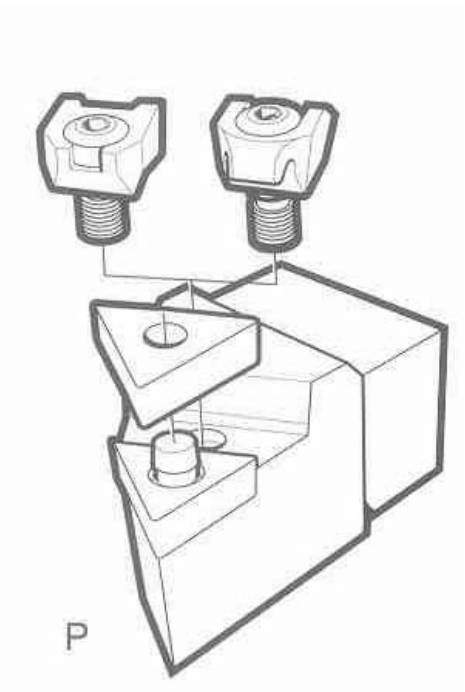


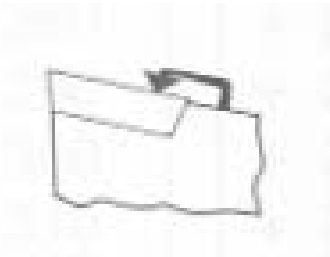
SCELTA UTENSILE - sistema di bloccaggio

A VITE

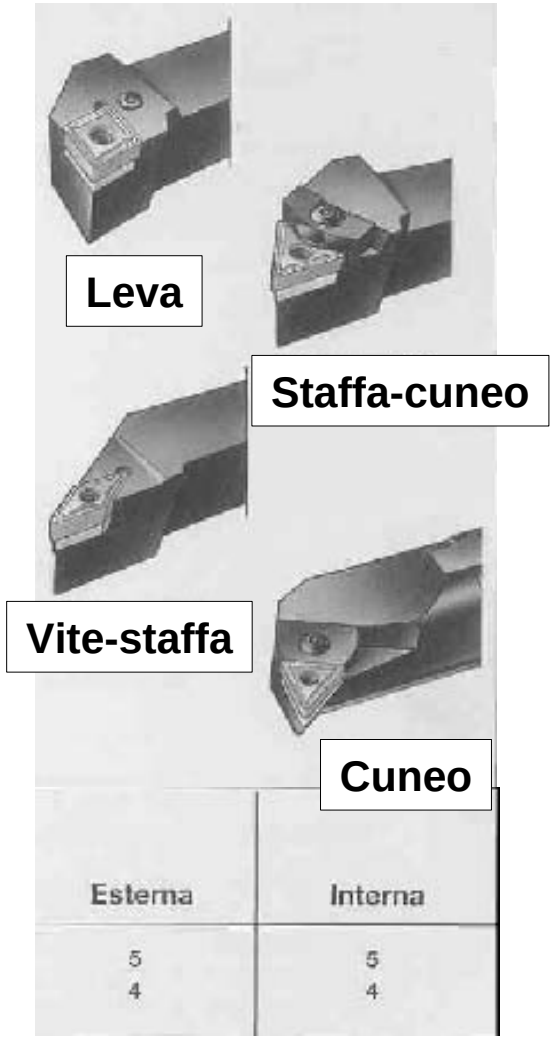


A STAFFA

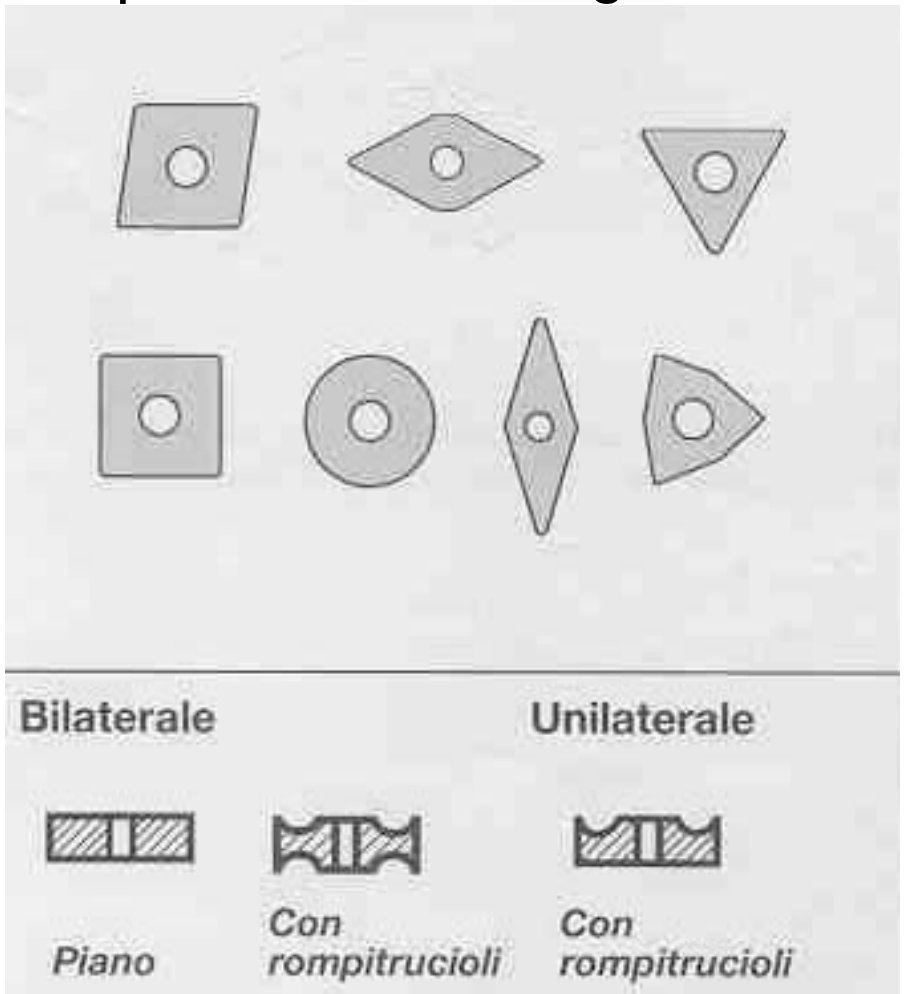




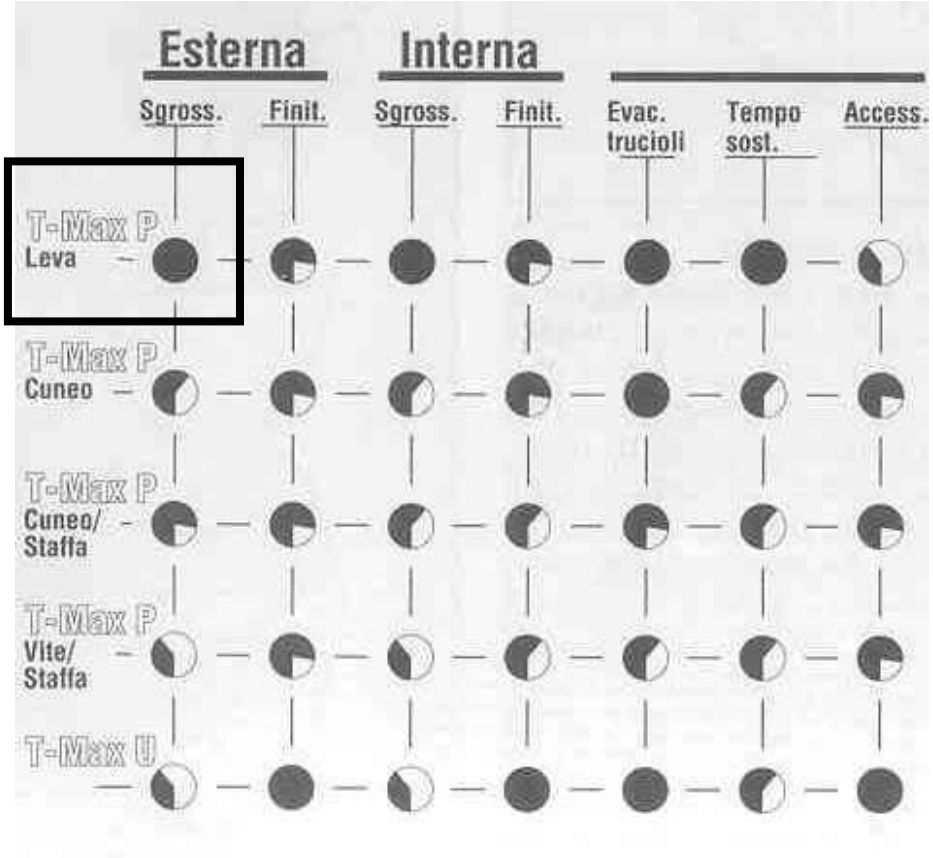
SCELTA UTENSILE - sistema di bloccaggio



E' possibile fissare gli inserti:



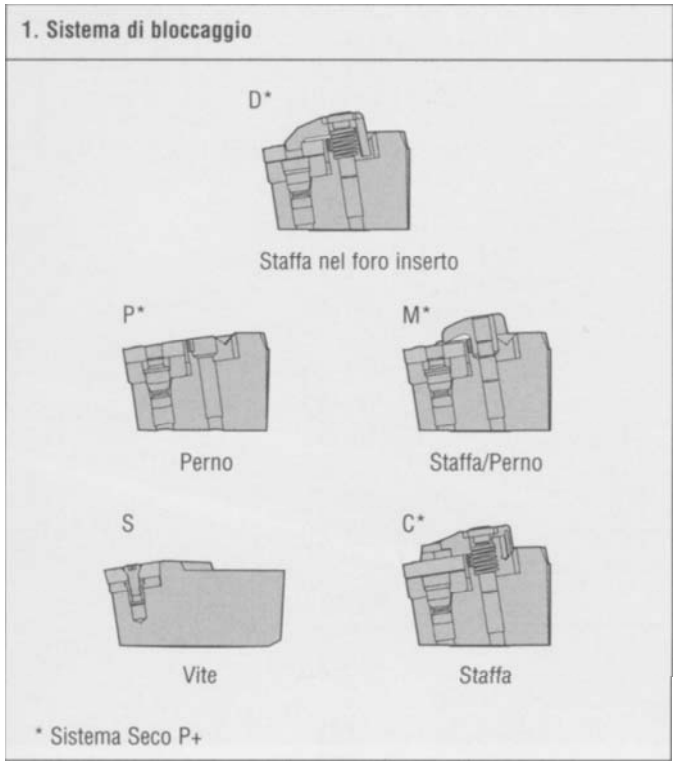
SCELTA UTENSILE - sistema di bloccaggio



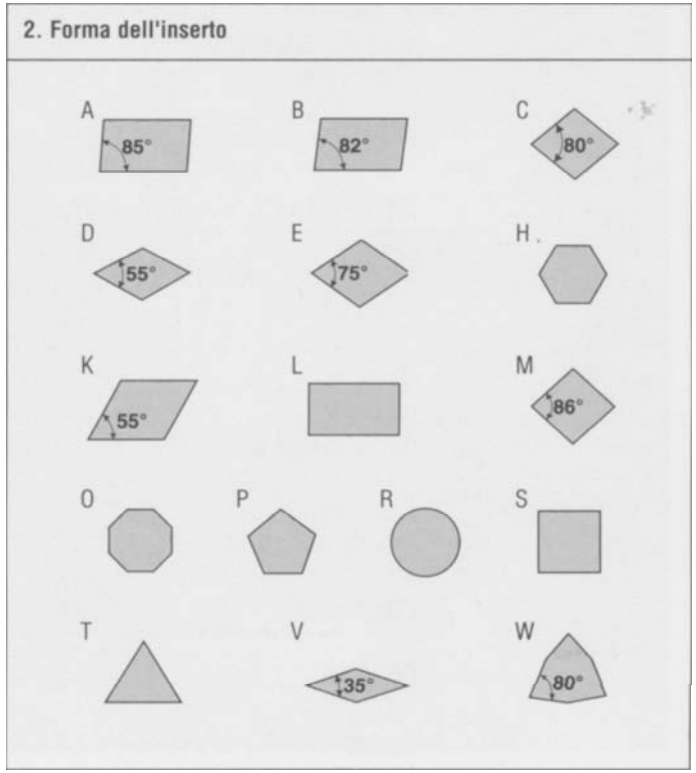
P C

SCELTA UTENSILE - sistema di bloccaggio

Sistema di bloccaggio



Forma dell'inserto



P C

SCELTA UTENSILE - tipo utensile

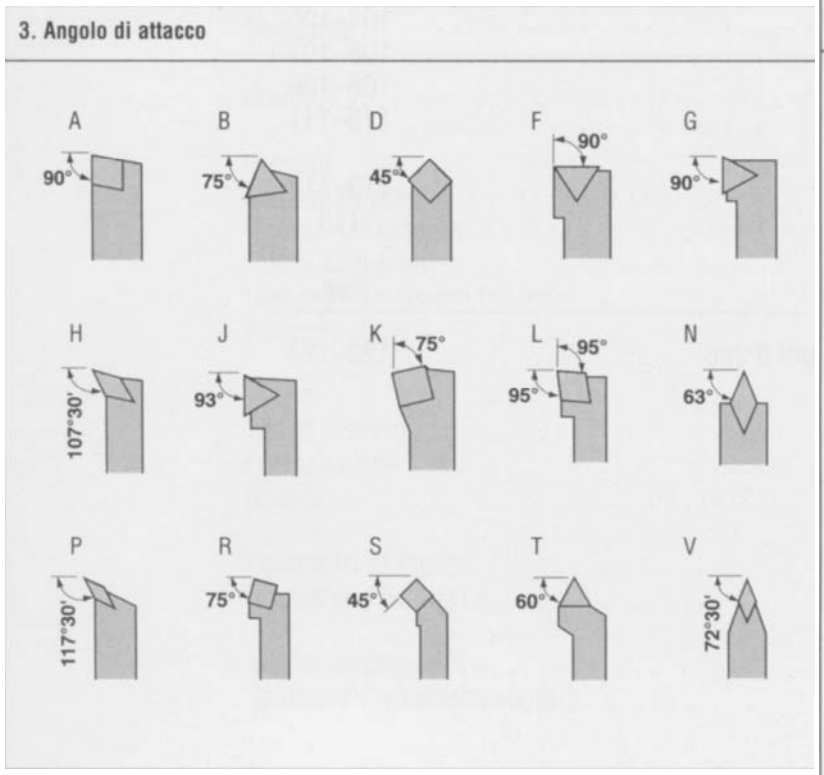
Tipo a leva

Angolo di registrazione	75°	95°	93°	–	–	–	45°	75°
	PCBNR/L PCRNR/L	PCLNR/L	PDJNR/L R/L 171.35	PRGCR/L PRSCR/L	PRGNR/L	N176.39 PRDCN	PSDNN	PSKNR/L
Pagina Utensile a stelo Coromant Capto™	60 60	59 59	60 60	61 61	61 –	62 62	64 64	65 65
Angolo di registrazione	75°	45°	45°	91°	91°	93°	60°	
	PSRNR/L PSBNR/L	PSSNR/L	PTDNR/L	R/L 177.3 PTFNR/L	PTGNR/L	PTJNR/L	PTTNR/L	
Pagina Utensile a stelo Coromant Capto™	63 63	64 64	67 –	68 68	66 66	– 66	67 67	

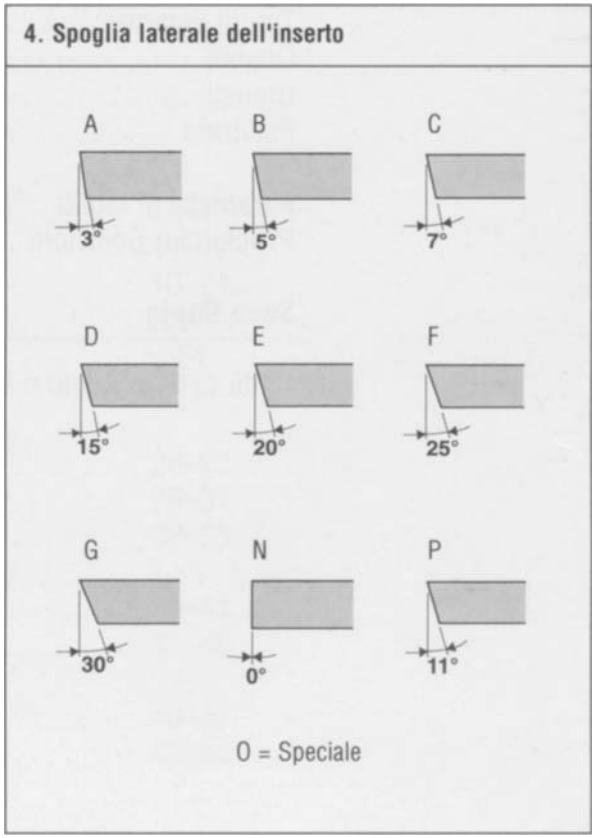
P	C	L	N	R					

SCELTA UTENSILE - tipo utensile

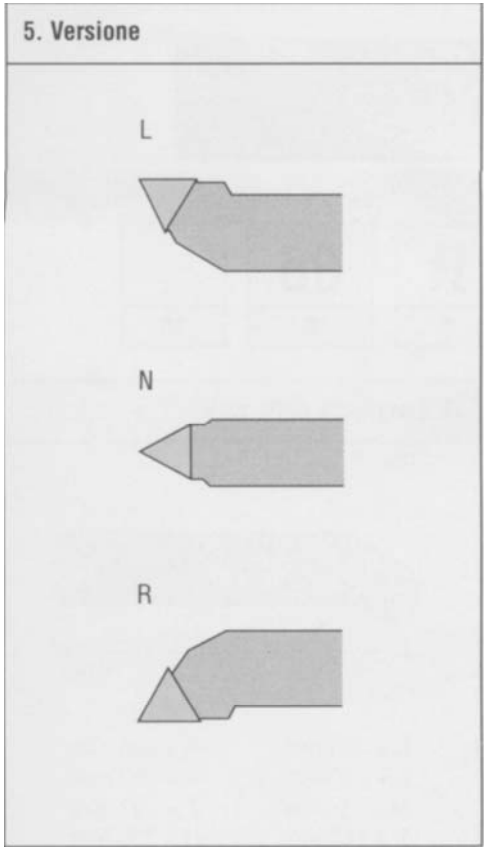
Angolo di attacco



Spoglia laterale dell'inserto



Versione



P	C	L	N	R					

SCELTA UTENSILE - dimensioni stelo

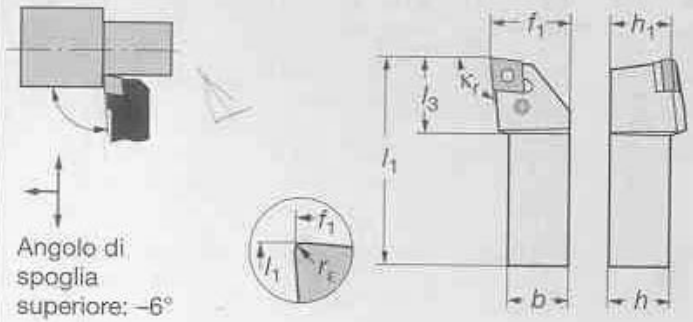
La torretta portautensili limita la scelta dello stelo (max 20 x 20 mm.)

Inserti: CNMM, CNMG, CNGA, CNMA

Vedere pagg. 13–15.

PCLNR/L — Utensile a stelo

κ_r 95°



Angolo di spoglia superiore: –6°

Angolo di inclinazione: –6°

	Codice di ordinazione	Dimensioni, mm h	h_1	b	l_1	l_3	f_1	r_ε
09	PCLNR/L 1616H09	16	16	16	100	25	20	0,8
	2020K09	20	20	20	125	27	25	0,8
	2525M09	25	25	25	150	27	32	0,8
12	PCLNR/L 1616H12-M	16	16	16	100	26,1	20	0,8
	2020K12	20	20	20	125	29,4	25	0,8
	2525M12	25	25	25	150	30	32	0,8
	3225P12	32	32	25	170	30	32	0,8
16	PCLNR/L 2525M16	25	25	25	150	32,6	32	1,2
	3225P16	32	32	25	170	32,6	32	1,2
	● 3232P16	32	32	32	170	32,6	40	1,2
19	PCLNR/L 2525M19	25	25	25	150	38	32	1,2
	3225P19	32	32	25	170	38	32	1,2
	3232P19	32	32	32	170	38	40	1,2
	4040S19	40	40	40	250	37	50	1,2
25	PCLNR/L 4040S25	40	40	40	250	47,0	50	2,4
	5050T25	50	50	50	300	47,0	60	2,4

Altezza dello stelo

Larghezza dello stelo

Lunghezza dell''utensile

Macchina Utensile
Caratteristiche Tecniche

CAMPO DI LAVORO:

• diametro massimo tornibile	mm 220
• lunghezza massimo tornibile	mm 300
• diametro massimo tornibile da barra	mm 41

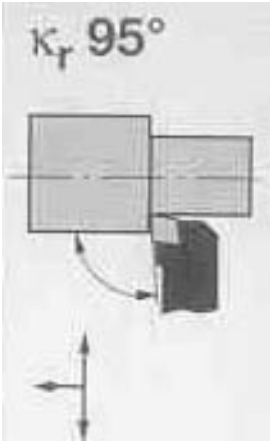
MANDRINO:

• numero massimo di giri al minuto	5000 giri/min
• diametro foro mandrino	mm 52
• potenza motore mandrino	kW 15
• potenza motore mandrino servizio continuo	kW 11
• diametro massimo autocentrante applicabile	mm 165

TORRETTA PORTAUTENSILI:

• tipo torretta	12 posizioni
• **dimensioni utensili**	**mm 20 x 20**
• dimensioni bareni diametro	mm 32

SCELTA UTENSILE

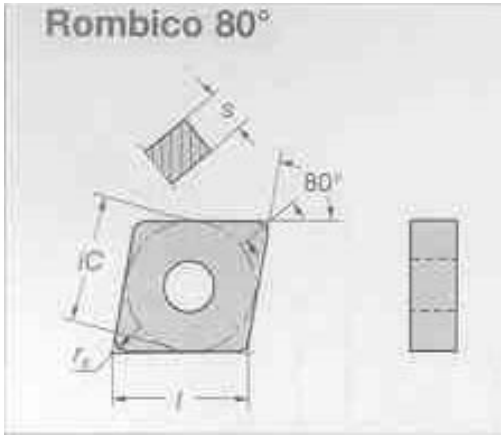


Codifica ISO dell'utensile scelto:

PCLNR 20 20 K 12

L'inserto scelto **CNMM 16 06 12 -PR** ha lunghezza del tagliente 16 e raggio di punta 12 **non compatibili** con l'utensile. La scelta dell'inserto ricade quindi su:

CNMM 12 04 08 -PR



Lunghezza effettiva del tagliente: 12 * 2/3 = 8 mm

Angolo di registrazione: 95 °

Max profondità di taglio: 8 *cos* (5°) = 7,97 mm

L'avanzamento max consigliato con raggio di punta 0,8 mm è 0,4 ÷0,7 mm/giro

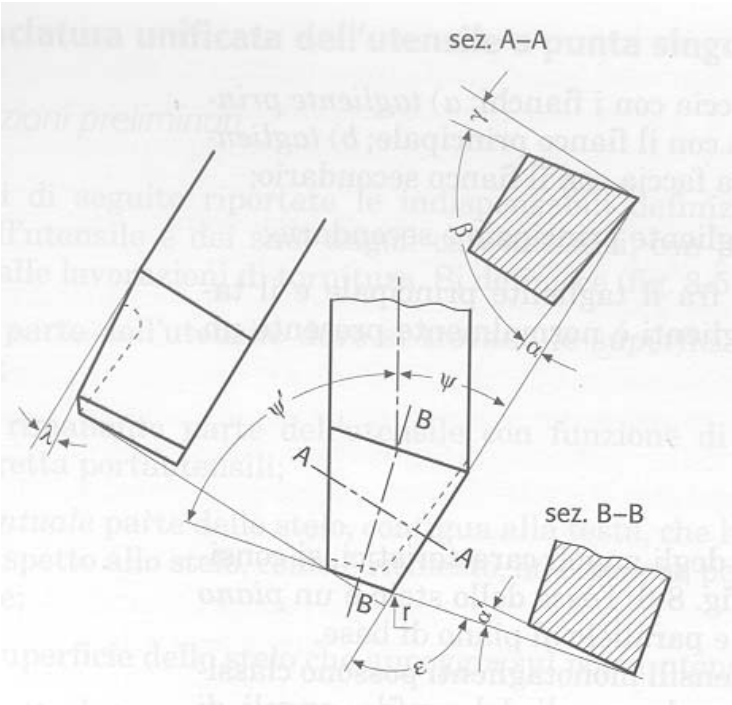
ANGOLI DI TAGLIO

Angoli della sezione normale:

$\alpha = 6°$

$\beta = 90°$

$\gamma = -6°$



Angoli del profilo:

$\Psi = -5°$

$\Psi' = 85°$

$\varepsilon = 80°$

$\lambda = -6°$

Angoli di registrazione:

$\chi = 95°$

$\chi' = 5°$

SCELTA PARAMETRI DI TAGLIO

Scelta di *p*

p=s *se p>limiti tecnologici p=s/2*

Scelta di *a*

*Scegliere **a** max consentito dai limiti tecnologici o consigliato dai cataloghi*
Calcolo Forze, deformazioni

Scelta di v_t

Criterio di min costo o max ritmo produttivo o consigliato dai cataloghi
Calcolo potenza assorbita P_t

$P_t < P_m$?

NO

SI

Ridurre p, a, v_t

VINCOLI TECNOLOGICI

- p>10 mm probabile insorgenza di vibrazioni
- dimensione inserto

VINCOLI TECNOLOGICI

- a_{max}= 1 mm/giro per evitare eccessive craterizzazioni
- a_{min}= 0.05 mm/giro per evitare il rifiuto del tagliente
- a_{max} compatibile con il tipo di operazione (sgrossatura/finitura)
- a_{max} compatibile con raggio di raccordo
- p/a compatibile con controllo truciolo
- deformazione massima stelo< 0.1÷0.3 mm
- deformazione massima pezzo< tolleranza sul diametro

VINCOLI TECNOLOGICI

- n_{max} = max velocità del mandrino
- n_{min} = vel di formazione tagliente di riporto

SCELTA 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 lubrorefrigerante, ecc.

SCELTA PARAMETRI DI TAGLIO

Il problema di scelta dei parametri di taglio può essere impostato con l'obiettivo di massimizzare o minimizzare una certa funzione obiettivo (es. tempo, costi, ecc.):

Sgrossatura

max/min F.O.

s.v.:

potenza macchina
limiti fisici dell'utensile
altri limiti tecnologici

Finitura

max/min F.O.

s.v.:

rugosità da specifiche
potenza macchina
limiti fisici dell'utensile
altri limiti tecnologici

In finitura aumenta il numero di vincoli da rispettare

SCELTA PARAMETRI DI TAGLIO

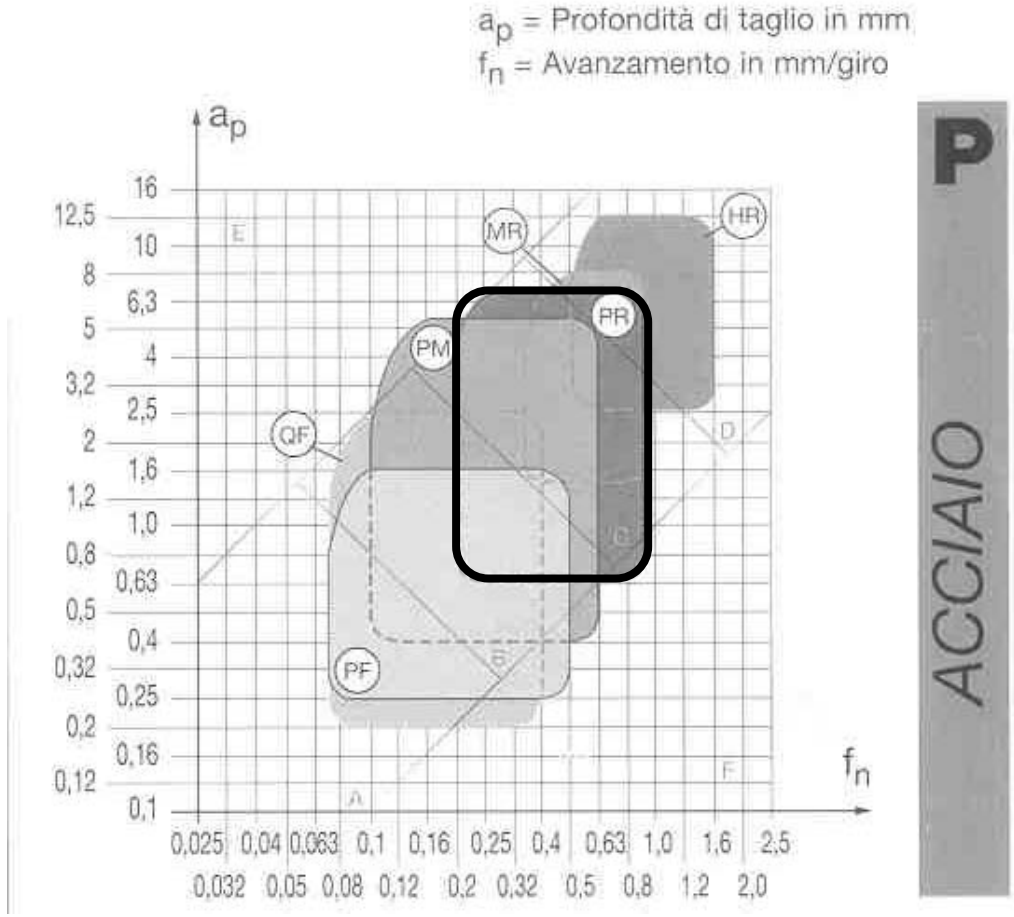
I produttori di utensili consigliano i dati di taglio da utilizzare nel processo.
Nel caso di inserto CNMM i dati di taglio consigliati sono:
- *a*: 0.4 mm/giro
- v_t: 280 m/min
- *p*: 5 mm

Dal grafico si individua l'area di utilizzo consigliata per i parametri *a, p*.

Inoltre da tabella:
$195 \leq v_t \leq 410$ m/min

Potenza sulla macchina: 11 kW

Rendimento macchina: 90%



SCELTA PARAMETRI DI TAGLIO

$$F_t = p_s S^{(1-1/n)} [\mathrm{N}]$$

$$P_t = \frac{F_t \cdot v_t}{60000} [\mathrm{kW}]$$

Formula di Kronenberg

$$p_s = 2.4 \cdot R_m^{0.454} \cdot \beta^{0.666} \left[\mathrm{daN/mm^2}\right]$$

p_s=3573 N/mm^2 secondo Kronenberg

1/n =0.197 per acciai

Deve essere verificato il vincolo di potenza: 11*0.9 = 9.9 kW

SCELTA PARAMETRI DI TAGLIO

Iteraz.	p [mm]	a [mm/giro]	v [m/min]	*P* [kW]	*F* [N]	
1	2.0	0.40	280	13.9	2986.9	
2	2.0	0.35	280	12.5	2683.2	
3	2.0	0.30	280	11.1	2370.8	
4	2.0	0.25	280	9.6	2047.9	t = 2.3 s
5	2.0	0.40	280	13.9	2986.9	
6	2.0	0.40	265	13.2	2986.9	
7	2.0	0.40	250	12.4	2986.9	
8	2.0	0.40	235	11.7	2986.9	
9	2.0	0.40	220	11.0	2986.9	
10	2.0	0.40	205	10.2	2986.9	
11	2.0	0.40	195	9.7	2986.9	t = 2 s
12	2.0	0.35	280	12.5	2683.2	
13	2.0	0.35	265	11.9	2683.2	
14	2.0	0.35	250	11.2	2683.2	
15	2.0	0.35	235	10.5	2683.2	
3	2.0	0.35	220	9.8	2683.2	t = 2 s

$$t = \frac{corsa + extracorsa}{a \cdot n} = \frac{20+1}{0.35 \cdot 1750} \cdot 60 = 2\,\mathrm{s}$$

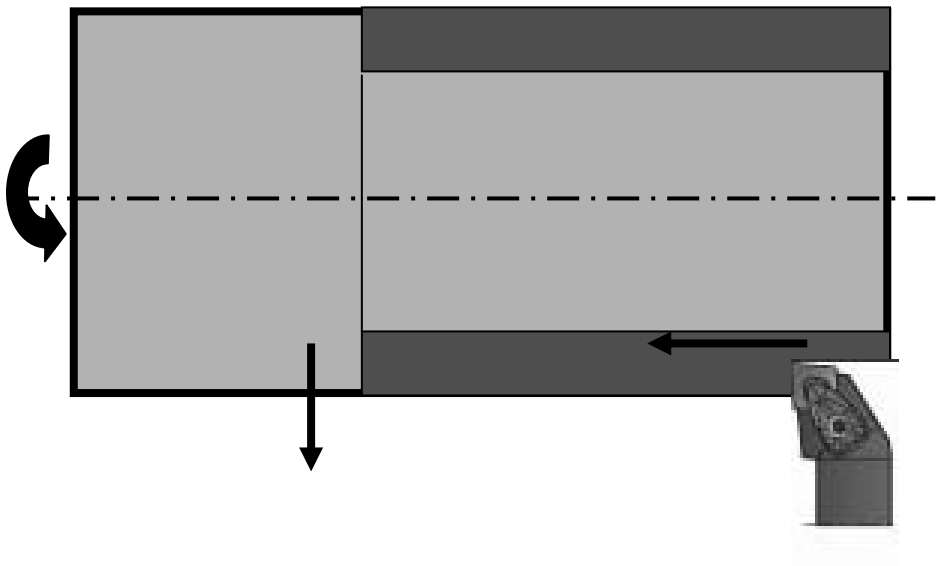
Stesura del ciclo di lavorazione

Tornitura longitudinale

$$D_{iniziale} = 40 \ \ mm$$

$$D_{finale} = 27 \ \ mm$$

$$Corsa = 61\, mm + e$$



Si decide di lasciare 0.5 mm da asportare in finitura.

Volume di truciolo da asportare:

$$V = 61 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 40^2}{4} - \frac{\pi \cdot 27^2}{4} \right) = 41387 \ mm^3$$

SCELTA PARAMETRI DI TAGLIO

Si utilizzano utensile ed inserto scelti precedentemente.

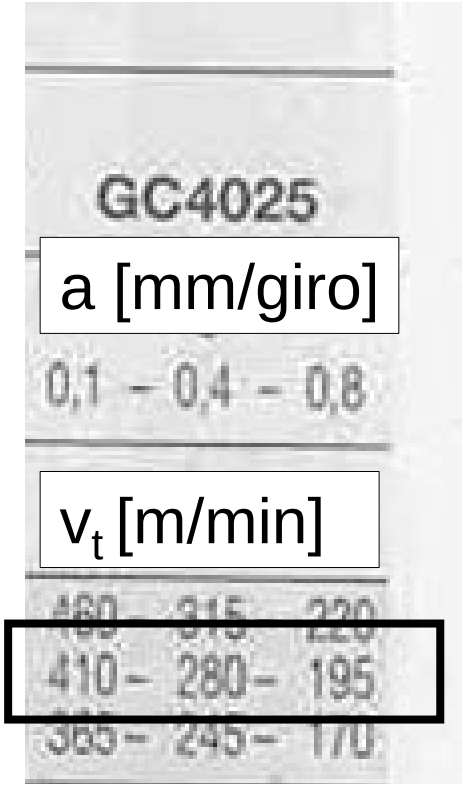
Sovrametallo da asportare: 6.5 mm sul raggio.

Limite tecnologico p < 7.97 mm. Essendo consigliato p = 5 mm si considerano 2 passate.

TORNITURA GENERALE Dati di taglio

I consigli si riferiscono alle operazioni eseguite con liquido refrigerante.

ISO	No. CMC	Materiale		Forza di taglio specifica k_c 0,4	Durezza Brinell	Resistenza all'usura			
						QUALITÀ BASE			
						GC1525	CT525	GC4015	GC4025
						Avanzamento, f_n mm/giro			
						0,05 – 0,1 – 0,2	0,05 – 0,1 – 0,2	0,1 – 0,4 – 0,8	0,1 – 0,4 – 0,8
				N/mm²	HB	Velocità di taglio, v_c m/min			
P	01.1	Acciaio non legato	C = 0,1–0,25 %	2000	125	560 – 465 – 380	605 – 500 – 410	500 – 350 – 260	460 – 315 – 220
	01.2		C = 0,25–0,55 %	2100	150	500 – 420 – 335	535 – 450 – 360	440 – 315 – 230	410 – 280 – 195
	01.3		C = 0,55–0,80 %	2180	170	430 – 365 – 295	465 – 395 – 320	390 – 280 – 205	365 – 245 – 170
	02.1	Acciaio debolmente legato, (elementi leganti ≈ 5 %)	Ricotto	2100	180	375 – 320 – 255	420 – 355 – 280	380 – 265 – 195	335 – 225 – 195
	02.2		Bonificato	2775	275	200 – 165 – 135	215 – 180 – 145	260 – 180 – 135	215 – 155 – 120
	02.2		Bonificato	2775	350	160 – 135 – 110	175 – 145 – 115	210 – 145 – 110	175 – 125 – 95
	03.11	Acciaio fortemente legato (elementi leganti > 5 %)	Ricotto	2500	200	260 – 215 – 175	280 – 235 – 190	350 – 235 – 170	285 – 200 – 145
	03.21		Acciaio per utensili bonificato	3750	325	145 – 115 – 90	165 – 130 – 105	170 – 110 – 80	130 – 90 – 70
	06.1	Getti di acciaio	Non legato	1800	180	225 – 185 – 145	250 – 205 – 160	260 – 185 – 145	230 – 170 – 125
	06.2		Debolmente legato (elementi leganti ≈ 5 %)	2100	200	175 – 145 – 105	190 – 155 – 115	225 – 160 – 125	200 – 135 – 95
	06.3		Fortemente legato, elementi leganti > 5 %)	2500	225	140 – 115 – 85	150 – 120 – 95	195 – 130 – 100	175 – 120 – 85
	06.33		Acciaio al manganese, Mn 12–14%	3600	250	– –	– –	85 – 35 – 25	– –



SCELTA PARAMETRI DI TAGLIO

2 passate

3 passate

Iteraz.	*p [mm]*	*a [mm/giro]*	*v [m/min]*	*P* [kW]	*F* [N]	
1	3,25	0,40	280	20,6	4410,9	
2	3,25	0,35	280	18,5	3962,4	
3	3,25	0,30	280	16,3	3501,1	
4	3,25	0,25	280	14,1	3024,3	
5	3,25	0,20	280	11,8	2528,1	
6	3,25	0,15	280	9,4	2006,7	t=23.1 sec.
7	3,25	0,40	280	20,6	4410,9	
8	3,25	0,40	250	18,4	4410,9	
9	3,25	0,40	220	16,2	4410,9	
10	3,25	0,40	190	14,0	4410,9	
11	3,25	0,40	160	11,8	4410,9	
12	3,25	0,40	130	9,6	4410,9	v_t< 195 m/min
13	3,25	0,30	280	16,3	3501,1	
14	3,25	0,30	250	14,6	3501,1	
15	3,25	0,30	220	12,8	3501,1	
16	3,25	0,30	170	9,9	3501,1	v_t< 195 m/min
17	2,17	0,40	190	10,1	3189,1	
18	2,17	0,40	185	9,8	3189,1	v_t< 195 m/min
19	2,17	0,35	205	9,8	2864,8	t =19.5 sec.
20	2,17	0,30	235	9,9	2531,3	t =19.9 sec.
21	2,17	0,25	270	9,8	2186,5	t =20.8
22	2,17	0,20	325	9,9	1827,8	t =21.6 sec

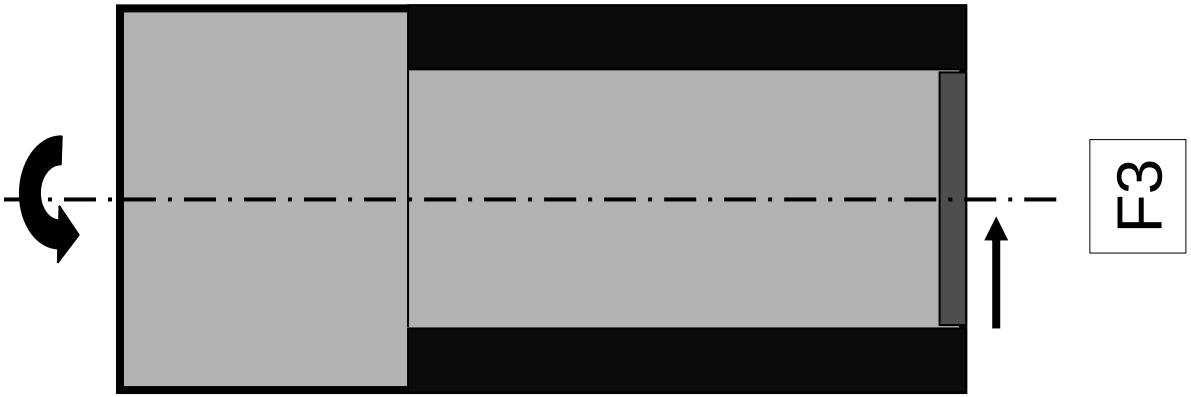
Stesura del ciclo di lavorazione

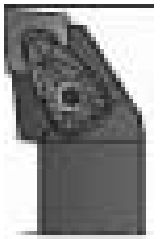
Sfacciatura

$$L_{iniziale} = 98 \ mm$$

$$L_{finale} = 97.5 \ mm$$

$$Corsa = 13.5 \, mm$$





Volume di truciolo da asportare:

$$V = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 27^2}{4} = 1145 \, mm^3$$

SCELTA PARAMETRI DI TAGLIO

PCLNR 20 20 K 12
CNMG 12 04 08 -PF
Parametri consigliati:
a=0.2 mm/giro
p=0.5 mm
v_t=395 m/min

$$R_{\max} = 1000 \cdot \frac{a^2}{8r_\varepsilon} = 6.25\mu m$$

$$R_a \approx 1.5\mu m$$

Con a =0.15 mm/giro
R_a è circa pari a 0.8

Iteraz.	*p [mm]*	*a [mm/giro]*	*v [m/min]*	***P* [kW]**	***F* [N]**
1	0.50	0.15	395	2.9	446.4

1 passata $$t = \frac{corsa + extracorsa}{a \cdot n} = \frac{13.5 + 1}{0.15 \cdot 4657} \cdot 60 = 1.2 \sec$$

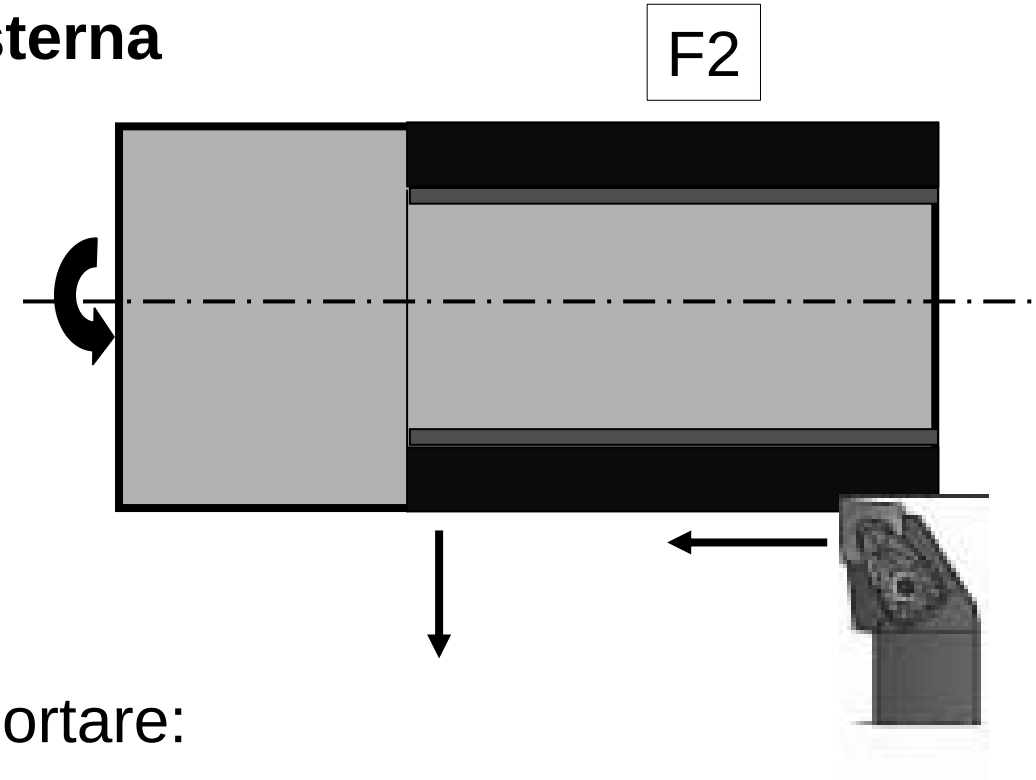
Stesura del ciclo di lavorazione

Tornitura longitudinale esterna

$$D_{iniziale} = 27 \;\; mm$$

$$D_{finale} = 26 \;\; mm$$

$$Corsa = 61\, mm + e$$



Volume di truciolo da asportare:

$$V = 61 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 27^2}{4} - \frac{\pi \cdot 26^2}{4} \right) = 2539\, mm^3$$

PCLNR 20 20 K 12

CNMG 12 04 08 -PF

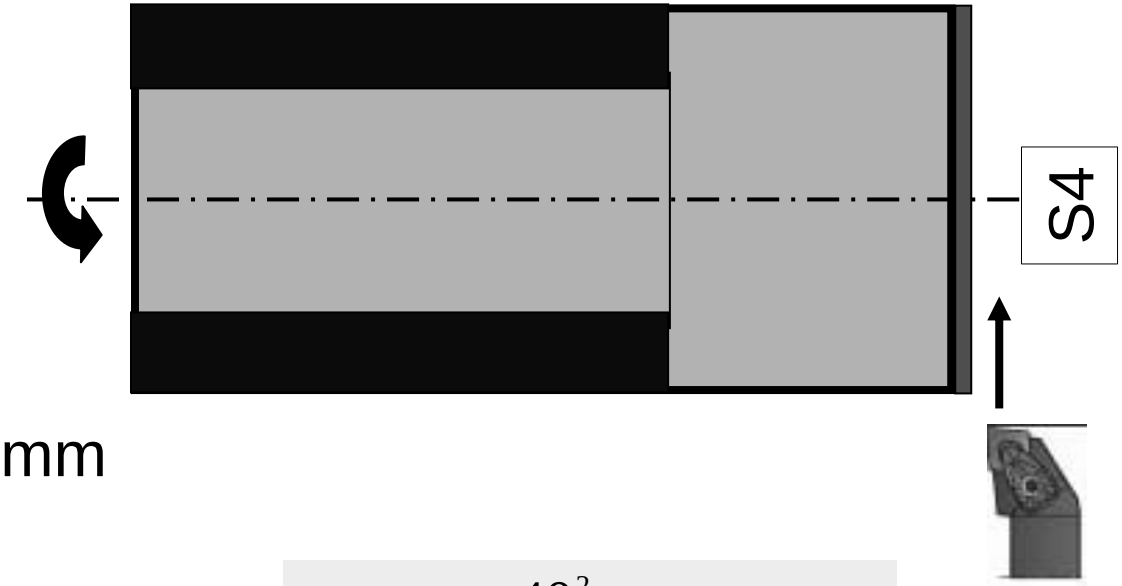
Stesura del ciclo di lavorazione

Sfacciatura

$$L_{iniziale} = 97.5\ mm$$

$$L_{finale} = 95.5\ mm$$

$$Corsa = 20\ mm$$



Si decide di lasciare 0.5 mm da asportare in finitura.

Volume di truciolo da asportare: $V = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 40^2}{4} = 2513\ mm^3$

PCLNR 20 20 K 12

CNMM 12 04 08 -PR

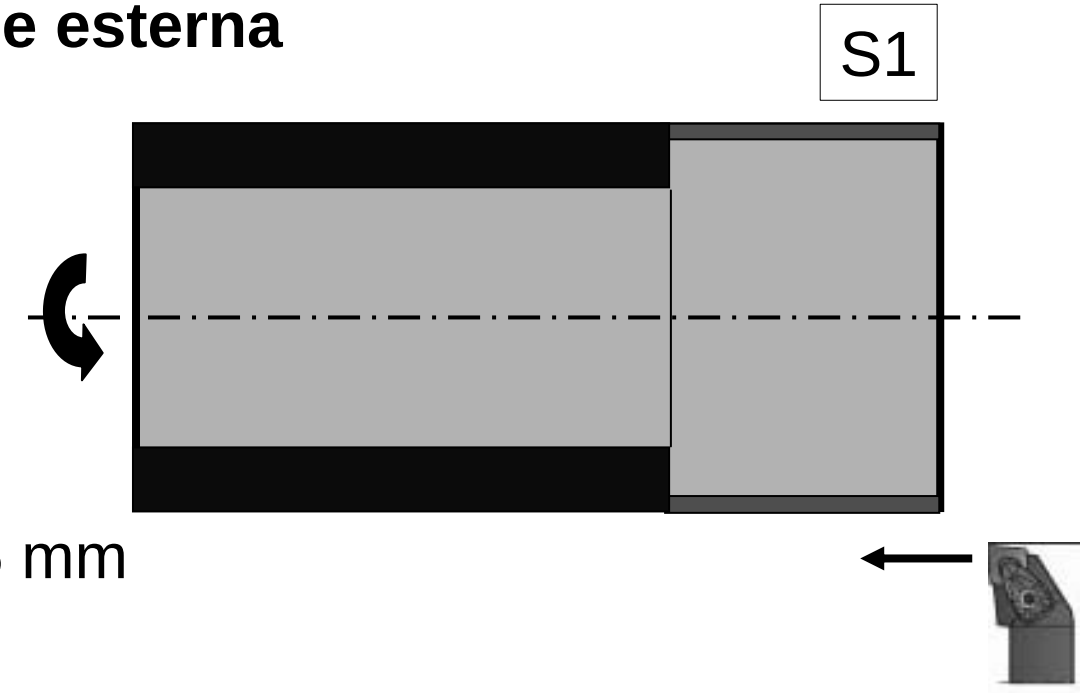
Stesura del ciclo di lavorazione

Tornitura longitudinale esterna

$$D_{iniziale} = 40 \ \ mm$$

$$D_{finale} = 37 \ \ mm$$

$$Corsa = 34.5\, mm + e$$



Si decide di lasciare 0.5 mm da asportare in finitura.

Volume di truciolo da asportare:

$$V = 34.5 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 40^2}{4} - \frac{\pi \cdot 37^2}{4} \right) = 6259\, mm^3$$

PCLNR 20 20 K 12
CNMM 12 04 08 -PR

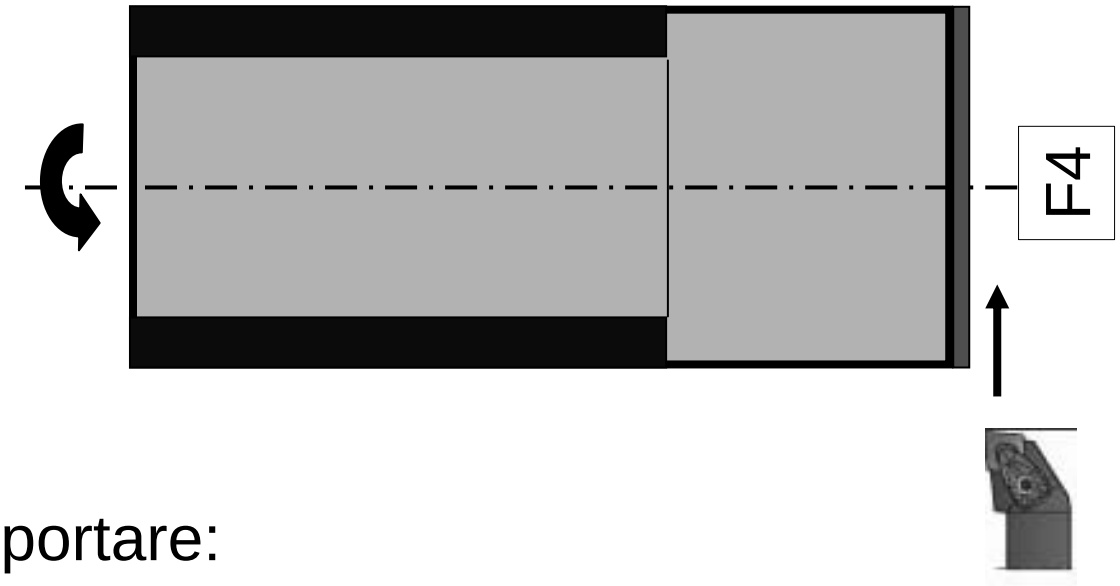
Stesura del ciclo di lavorazione

Sfacciatura

$$L_{iniziale} = 95.5 \ \ mm$$

$$L_{finale} = 95 \ \ mm$$

$$Corsa = 18.5 \, mm$$



Volume di truciolo da asportare:

$$V = 0{,}5 \cdot \frac{\pi \cdot 37^2}{4} = 538 \, mm^3$$

PCLNR 20 20 K 12
CNMG 12 04 08 -PF

Stesura del ciclo di lavorazione

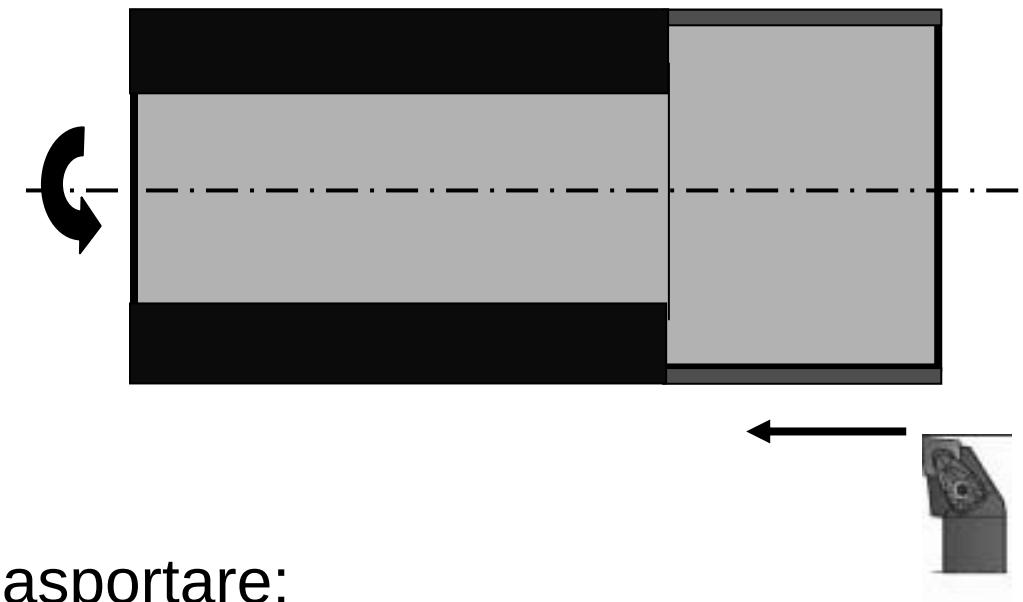
Tornitura longitudinale esterna

F1

$$D_{iniziale} = 37 \;\; mm$$

$$D_{finale} = 36 \;\; mm$$

$$Corsa = 34\, mm + e$$



Volume di truciolo da asportare:

$$V = 34 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 37^2{}_{iniziale}}{4} - \frac{\pi \cdot 36^2{}_{finale}}{4} \right) = 1949\, mm^3$$

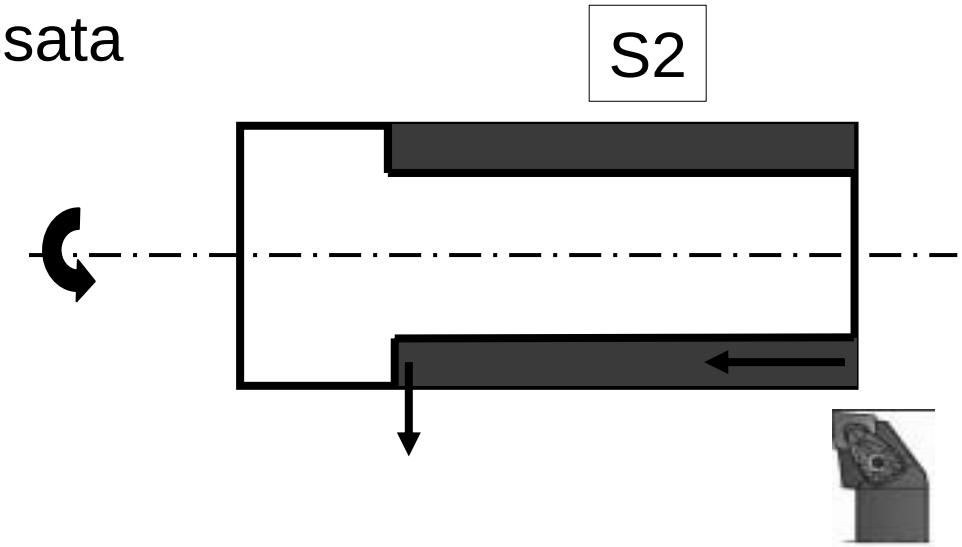
PCLNR 20 20 K 12
CNMG 12 04 08 -PF

Posizionamento e bloccaggio

$D_{iniziale} = 31.32 \text{ mm}$ Ultima passata

$D_{finale} = 27 \text{ mm}$

$Corsa = 61\,\text{mm} + e$



$$f = \frac{1}{k} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot J} [\text{mm}]$$

A sbalzo (k = 3)

$$f = \frac{1}{3} \cdot \frac{2864 \cdot 70^3}{206000 \cdot 47210} = 0.034 [\text{mm}]$$

Punta -contropunta (k= 48)

$$f = \frac{1}{48} \cdot \frac{2864 \cdot 95^3}{206000 \cdot 47210} = 0.005 [\text{mm}]$$

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{64}$$

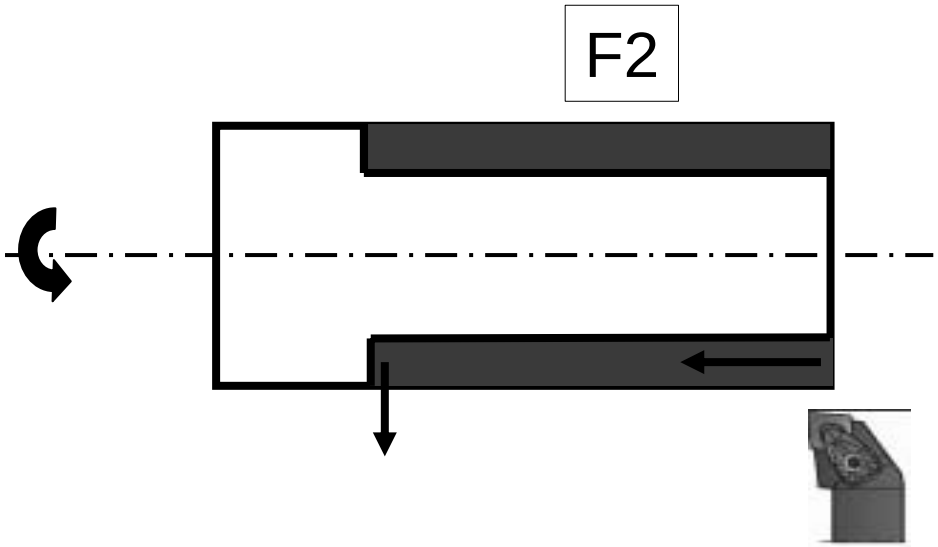
Posizionamento e bloccaggio

$$D_{iniziale} = 27 \;\; mm$$

$$D_{finale} = 26 \;\; mm$$

$$Corsa = 61\, mm + e$$

$$f = \frac{1}{k} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot J} [mm]$$

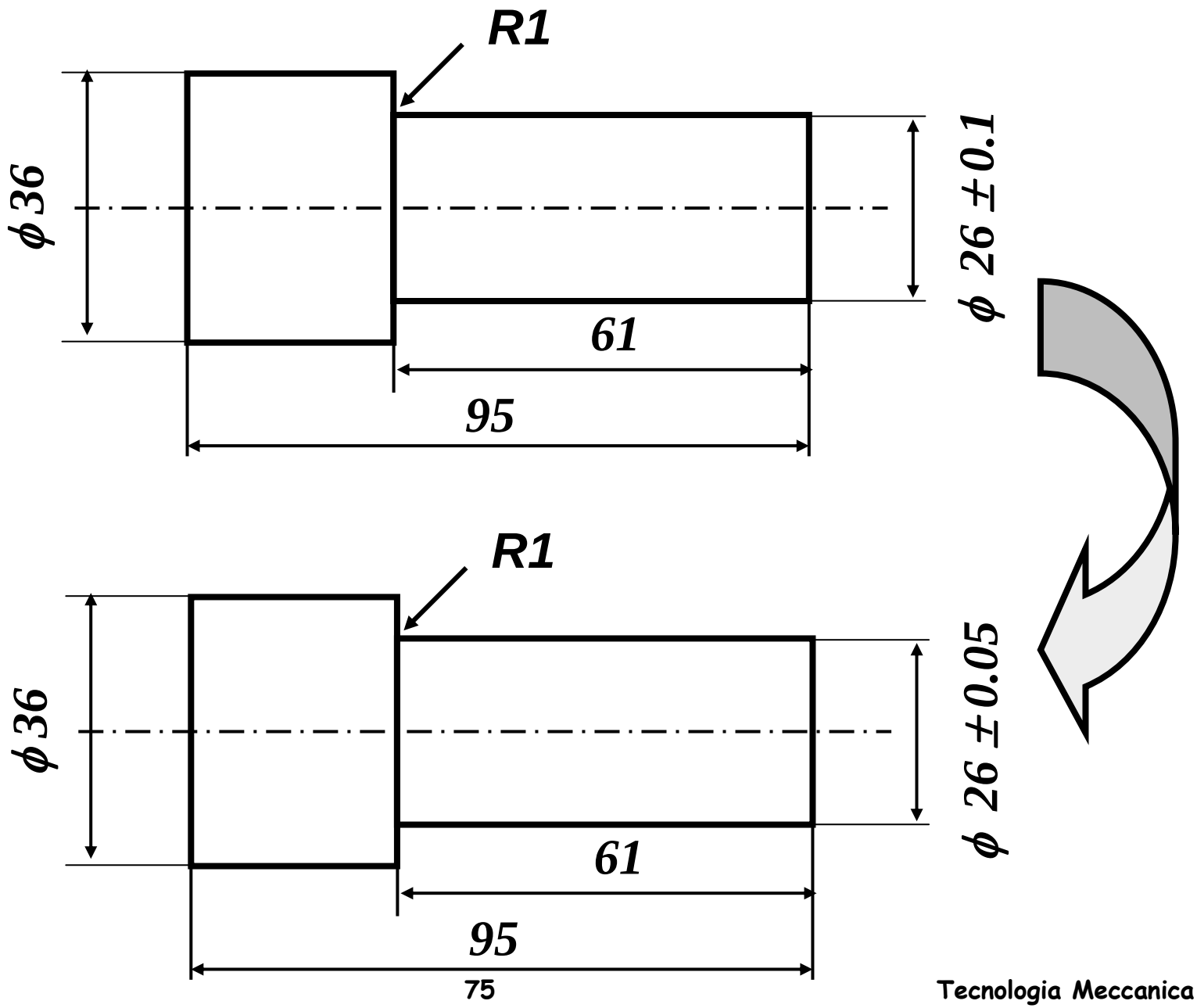


A sbalzo (k = 3)

$$f = \frac{1}{3} \cdot \frac{446 \cdot 61^3}{206000 \cdot 26074} = 0.006\,[\mathrm{mm}]$$

Punta -contropunta (k= 48)

$$f = \frac{1}{48} \cdot \frac{446 \cdot 95^3}{206000 \cdot 26074} = 0.0015\,[\mathrm{mm}]$$


R1
ϕ36
ϕ 26 ±0.1
61
95
R1
ϕ36
ϕ 26 ±0.05
61
95
75