

LAVORAZIONE CON FRESE A CANDELA

SCELTA DEL TIPO DI FRESA

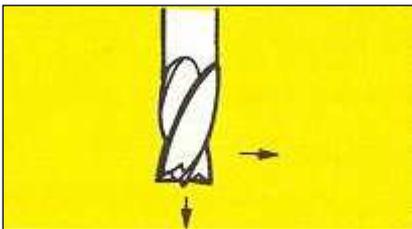
La scelta del tipo di fresa a candela dipende dal grado di tolleranza e finitura superficiale richiesti.



Utilizzare una fresa riaffilabile per applicazioni su pezzi con elevate esigenze dimensionali. Questo vale anche per l'esecuzione di uno spallamento profondo che richiede un'ottima finitura superficiale.

Una fresa a candela integrale di metallo duro o una con taglienti elicoidali brasati aumenta la produzione di circa 4 volte rispetto alle frese a candela di HSS. Ciò consente notevoli economie grazie ad una migliore utilizzazione della macchina utensile

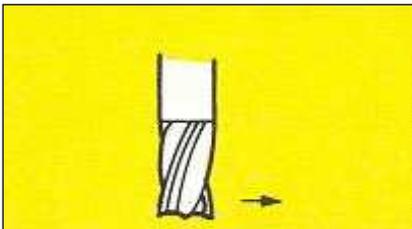
Esempi di frese a candela:



Fresa a candela integrale di metallo duro.

Diametri della fresa: 10, 12, 16, 20, 25 e 32 mm.

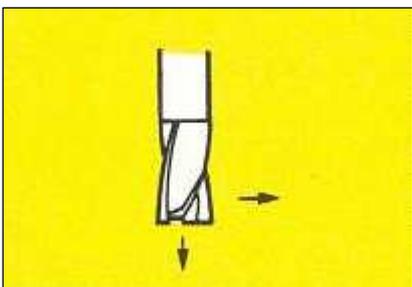
- grande capacità di asportazione del metallo
- ottima rigidità
- lavora con avanzamento assiale e radiale.



Fresa a candela con taglienti elicoidali brasati.

Diametri della fresa: 20, 25, 32, 40 e 50 mm.

- grande capacità di asportazione del metallo
- lavora solo con avanzamento radiale.



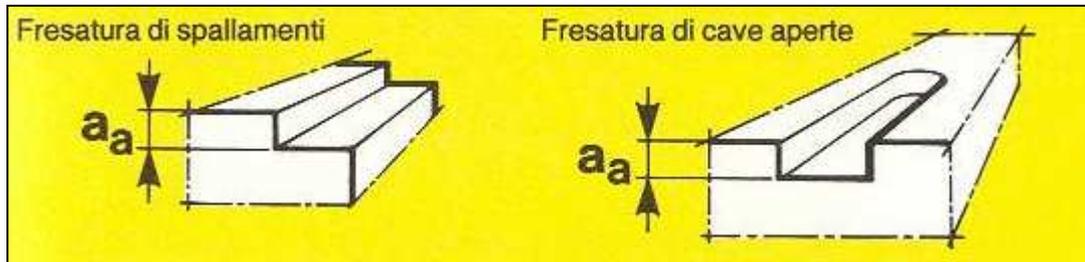
Fresa a candela con taglienti elicoidali brasati per fresatura di Alluminio.

Diametri della fresa: 16, 20, 25, 32, 40 e 50 mm.

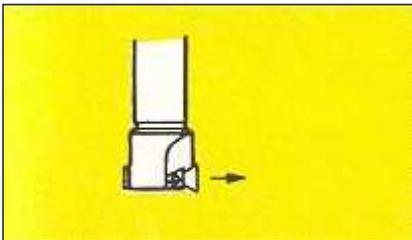
- geometria positiva
- lavora con avanzamento assiale e radiale.

FRESE A CANDELA CON INSERTI MULTITAGLIENTI DI METALLO DURO

In operazioni di sgrossatura e di semifinitura, la migliore economia di produzione si ottiene con frese a candela con inserti multitaglienti di metallo duro.



Esempi di frese disponibili:



Frese per spallamenti

Diametri della frese: 16, 20 e 25 mm.

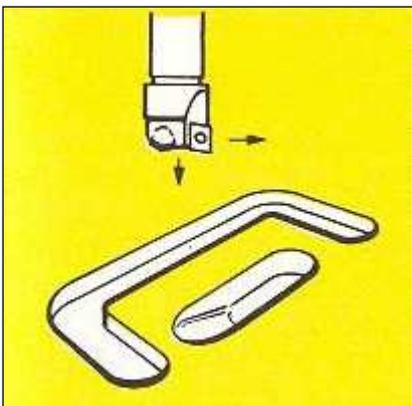
Max $a_a = 9$ mm.

Diametri della frese: 32 e 40 mm

Max $a_a = 13$ mm.

- offre un'ottima economia di lavorazione.

- lavora solo con avanzamento radiale



Frese forante a candela.

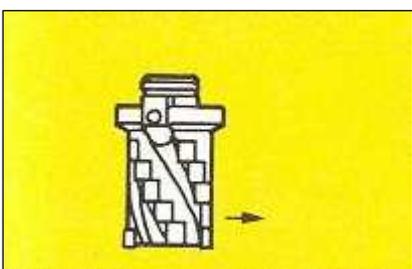
Fresatura di cave chiuse e di copiatura.

Diametri della frese: 20, 25, 32 e 40 mm.

- tagliente di 15 mm

- lavora con avanzamento assiale e radiale

- particolare geometria del tagliente dell'inserto centrale.



Frese per contornatura.

Fresatura in interpolazione circolare e di contornatura. Adatta solo per sgrossatura.

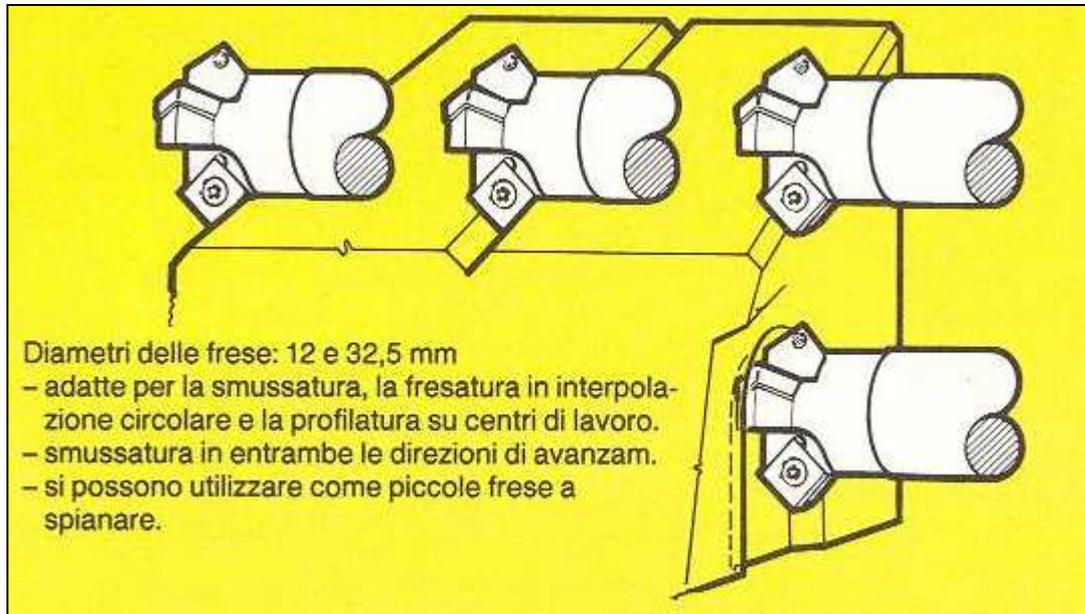
Diametro della frese: 50, 63 e 80 mm.

- ideale per la fresatura su centri di lavoro

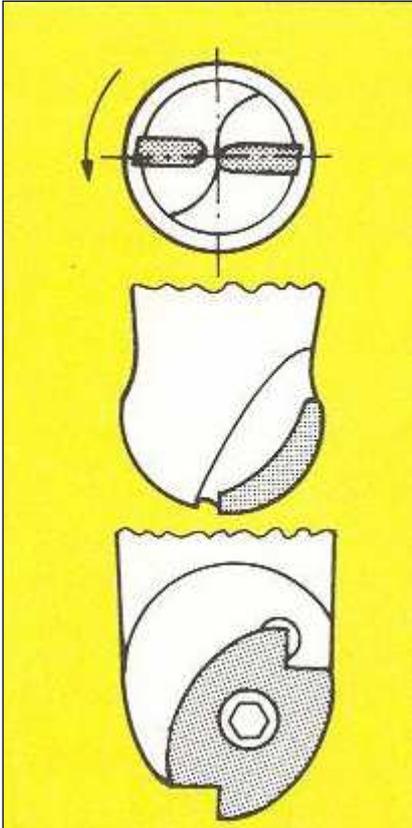
- gli inserti disposti ad elica consentono un taglio regolare

- gli inserti hanno i taglienti scanalati per ridurre al minimo le vibrazioni e la formazione di scheggiature.

FRESE A 45 GRADI PER SMUSSI



FRESE A 45 GRADI PER SMUSSI



Fresa a candela a testa sferica con taglienti brasati.

La forma a spirale della parte centrale del tagliente consente la fresatura di copiatura su materiali durissimi. La particolare geometria fa scorrere il truciolo lungo il tagliente, il che prolunga la durata dell'inserto riducendo il rischio di formazione di tagliente di riporto al centro dove la velocità di taglio è bassa..

Diametri della fresa: 3 – 25 mm.

Fresa a candela a testa sferica con inserti multitaglienti.

Diametri della fresa: 15, 20, 25 e 30 mm.

SCELTA DEL GAMBO DELLA FRESA A CANDELA

Per le frese a candela di grande diametro, il gambo ISO offre la massima stabilità.

L'accoppiamento **Varilock** garantisce alle frese per contornatura un'ottima rigidità e, in questo caso, si consiglia di utilizzare la versione corta dell'attacco base Varilock.

I gambi **Morse** o **Bridgeport** sono realizzati in funzione delle macchine utensili che montano mandrini corrispondenti.

Il sistema più comunemente adottato per bloccare una fresa a candela, consiste nell'impiego di adattatori, disponibili in tre versioni diverse.



1. Cilindrico

Il gambo cilindrico, generalmente adottato per le piccole frese a candela, viene bloccato in una pinza elastica. La forza di bloccaggio, e quindi la capacità di lavorazione della fresa, dipende dal serraggio della ghiera filettata.

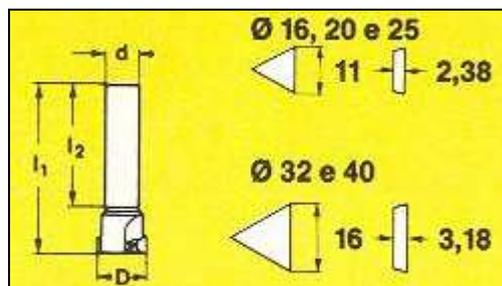
2. Filettato

Il gambo filettato si blocca in un attacco, ad esempio Clarkson. La filettatura blocca la fresa assialmente, per cui questo tipo di gambo si dovrebbe utilizzare in lavorazioni con forze assiali elevate.

3. Weldon, Whistle Notch o Weldon/Whistle Notch

In questo caso, la fresa a candela si blocca per mezzo di una vite che agisce sul lato piano del gambo. L'attacco Whistle Notch consente la regolazione della lunghezza dell'utensile.

FRESA A CANDELA CON INSERTI MULTITAGLIANTI

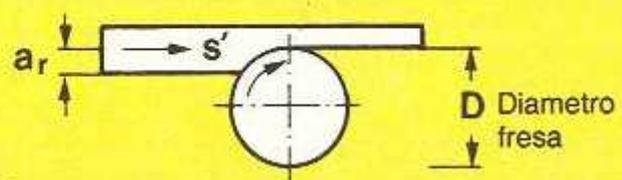


DATI DI TAGLIO

MATERIALE			METALLO DURO VEL. TAGLIO M/MIN.		
CMC	TIPO	DUREZZA BRINELL HB	SMA	S6	H13A
01	Acciaio al carbonio non legato	120-300	130-190	80-120	
02	Acciaio basso legato	130-400	80-170	45-105	
03	Acciaio alto legato	150-500	70-155	40-100	
04	Acciaio bonificato	HRC 50-65			8-18
05	Acciaio inossidabile	150-220		55-90*	
06	Getti di acciaio	150-200	55-130	35-80	
07	Ghisa malleabile	110-230	80-120		60-90
08	Ghisa grigia	180-260	50-115		50-90
09	Ghisa nodulare	160-250	40-80		30-60
10	Ghisa fusa in conchiglia	HRC 40-60			8-25
30	Leghe di alluminio	30-100			300-500
33	Leghe di bronzo e di ottone	60-150			80-120

= Consigliati

Avanzamento mm/inserto					
s_z nella fresatura di cave			h_m ¹⁾ nella fresat. della sola superf. laterale		
D = 16-20	D = 25	D = 32-40	D = 16-20	D = 25	D = 32-40
0.07-0.12	0.10-0.18	0.15-0.3	0.04-0.07	0.06-0.1	0.1-0.15

$$^1)s_z = h_m \times \sqrt{\frac{D}{a_r}}$$


s_z = avanzamento per dente
 h_m = spessore medio del truciolo

FRESA FORANTE A CANDELA CON INSERTI MULTITAGLIENTI CON TAGLIANTE LUNGO 15 mm



DATI DI TAGLIO

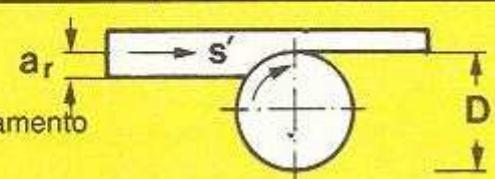
MATERIALE			METALLO DURO VEL. DI TAGLIO M/MIN.		
CMC	TIPO	DUREZZA BRINELL HB	SM30	S6	HM
01	Acciaio al carbonio non legato	120-300	100-140	80-120	
02	Acciaio basso legato	130-400	60-125	45-105	
03	Acciaio alto legato	150-500	55-120	40-100	
05	Acciaio inossidabile	150-220	65-110	55-90*	
06	Getti di acciaio	150-200	40-100	35-80	
07	Ghisa malleabile	110-230			80-120
08	Ghisa grigia	180-260			70-110
09	Ghisa nodulare	160-250			40-80
10	Ghisa fusa in conchiglia	HRC 40-60			10-35
33	Leghe di bronzo e di ottone	60-150			100-160

□ = Consigliati

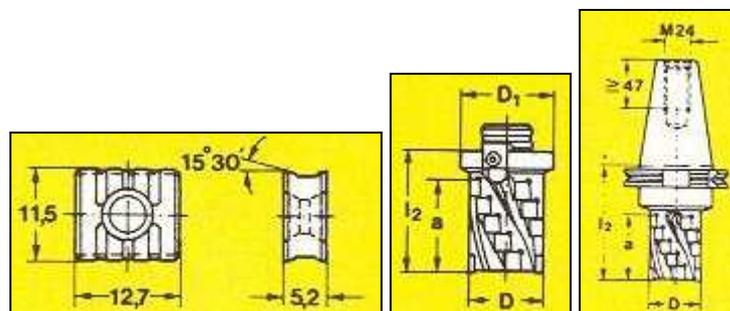
Avanzamento mm/inserto					
s_z nella fresatura di cave			h_m ¹⁾ nella fresat. della sola superf. laterale		
D = 20	D = 25	D = 32-40	D = 20	D = 25	D = 32-40
0.10-0.12	0.10-0.18	0.15-0.30	0.05-0.07	0.06-0.1	0.1-0.15

$$^1)s_z = h_m \times \sqrt{\frac{D}{a_r}}$$

s_z = avanzamento per dente s' = avanzamento
 h_m = spessore medio del truciolo



FRESA PER CONTORNATURA CON INSERTI MULTITAGLIENTI

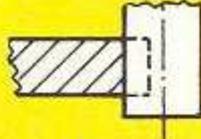


FRESA PER CONTORNATURA CON INSERTI MULTITAGLIENTI

MATERIALE			METALLO DURO VEL. TAGLIO M/MIN.		
CMC	TIPO	DUREZZA BRINELL HB	SM 30	S6	H13A
01	Acciaio al carbonio non legato	120-300	100-180	80-130	
02	Acciaio basso legato	130-400	70-130	50-110	
03	Acciaio alto legato	150-500	55-120	40-100	
06	Getti di acciaio	150-200	55-110	40-90	
07	Ghisa malleabile	110-230			65-90
08	Ghisa grigia	180-260			70-95
09	Ghisa nodulare	160-250			45-75
20	Leghe a base di Ni-, Co-, Fe-*	200-300			10-30
23.4	Leghe di titanio*	300-400			20-40

AVANZAMENTO PER DENTE/SPESSORE MEDIO DEL TRUCIOLO

Fresatura periferica



$a_r \geq 0.25 \times D$
Avanzamento per dente $s_{z\text{eff}} = 0.3 \text{ mm}^1$
 $a_r < 0.25 \times D$
Spessore medio del truciolo $h_m = 0.15 \text{ mm}$

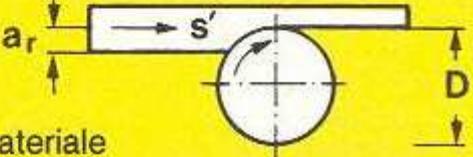
$$s_{z\text{eff}} = h_m \cdot \sqrt{\frac{D}{a_r}}$$

Suggerimento:
 $h_m = \text{minimo } 0,08 \text{ mm per qualsiasi materiale}$

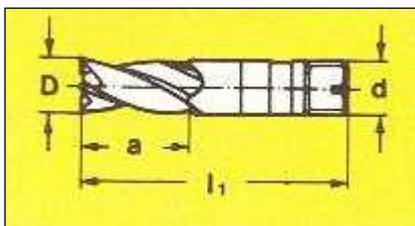
Fresatura di spallamenti



$a_r \geq 0.25 \times D$
 $s_{z\text{eff}} = 0.2 \text{ mm}^1$
 $a_r < 0.25 \times D$
 $h_m = 0.1 \text{ mm}$



FRESA INTEGRALE A CANDELA DI METALLO DURO



Queste frese a candela lavorano con avanzamenti sia assiali che radiali.

Dati di taglio delle frese a candela di metallo duro

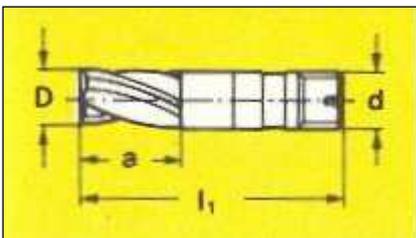
MATERIALE			METALLO DURO VEL. DI TAGLIO M/MIN.	
CMC	TIPO	DUREZZA BRINELL HB	S6/P40	H13A/K20
01	Acciaio al carbonio non legato	120-300	65-95	8-18
02	Acciaio basso legato	130-400	35-85	
03	Acciaio alto legato	150-500	30-80	
04	Acciaio bonificato	HRC 50-65		
05	Acciaio inossidabile	150-220	45-70	
06	Getti di acciaio	150-200	30-65	
07	Ghisa malleabile	110-230		
08	Ghisa grigia	180-260		
09	Ghisa nodulare	160-250		
10	Ghisa fusa in conchiglia	HRC 40-60		
33	Leghe di bronzo e di ottone	60-150		80-120

Avanzamento mm/dente							
s_z nella fresatura di cave				h_m nella fresat. della sola superf. laterale			
D = 10-12	D = 16-20	D = 25	D = 32-50	D = 10-12	D = 16-20	D = 25	D = 32-50
0,03-0,05	0,05-0,08	0,06-0,12	0,08-0,20	0,015-0,025	0,03-0,05	0,04-0,07	0,05-0,12

$s_z = h_m \cdot \sqrt{\frac{D}{a_r}}$

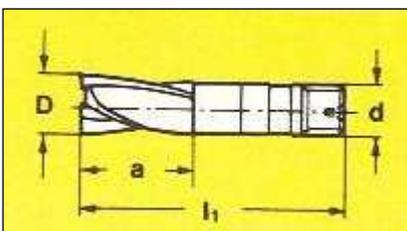
s_z = avanzamento per dente s' = avanzamento
 h_m = spessore medio del truciolo
 Foratura: s_n (avanz. per giro) = 0,1 mm.
 Max profondità foratura = 6-7 mm.

FRESE A CANDELA CON TAGLIANTI ELICOIDALI BRASATI



Queste frese a candela lavorano solamente con avanzamenti radiali.

FRESE A CANDELA CON TAGLIANTI ELICOIDALI BRASATI



Queste frese a candela lavorano con avanzamenti sia assiali che radiali.

Qualità disponibili: K20.

Dati di taglio

Leghe di alluminio: velocità di taglio $v = 400-900$ m/min. La velocità di taglio dovrebbe essere abbastanza elevata per evitare la formazione del tagliente di riporto, che pregiudicherebbe la finitura superficiale. Utilizzare liquido refrigerante (sintetico) per migliorare il risultato.

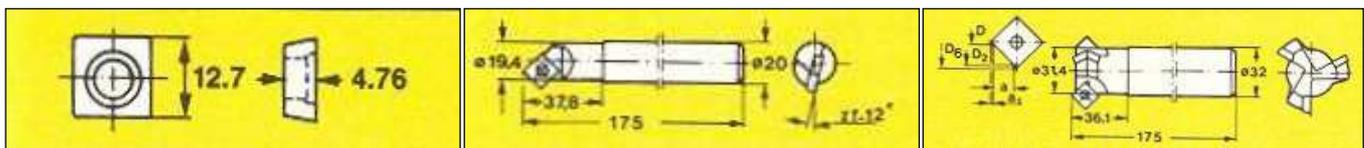
Avanzamento mm/dente					
s_z nella fresatura di cave			h_m nella fresat. della sola superf. laterale		
D = 16-20	D = 25	D = 32-50	D = 16-20	D = 25	D = 32-50
0.05-0.08	0.06-0.10	0.08-0.15	0.03-0.05	0.04-0.06	0.05-0.10

1) $s_z = h_m \sqrt{\frac{D}{a_r}}$

s_z = avanzamento per dente
 h_m = spessore medio del truciolo

Foratura: s_n (avanzamento per giro) = 0,08-0,1 mm
 Una profondità di foratura di oltre 8 mm rischia di creare problemi di intasamento dei trucioli.

FRESA A 45 GRADI PER SMUSSI SU CENTRI DI LAVORO



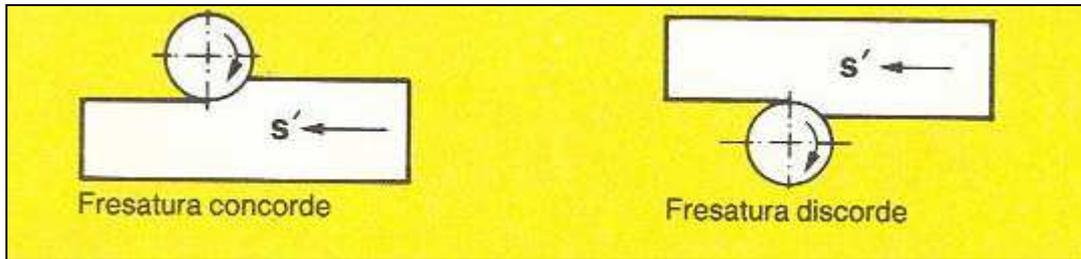
Dimensione massima dello smusso



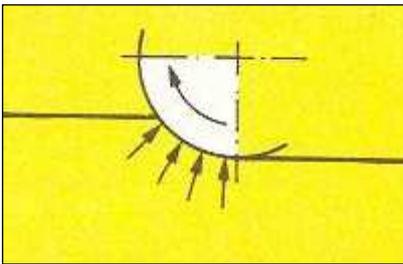
Dati di taglio

MATERIALE			QUALITA' METALLO DURO VELOCITA' DI TAGLIO M/MIN.	
CMC	TIPO	DUREZZA BRINELL HB	SM 30	H20
01	Acciaio al carbonio non legato	120-300	210	
02	Acciaio basso legato	130-400	190	
03	Acciaio alto legato	150-500	180	
04	Acciaio bonificato	HRC 50-65		20
05	Acciaio inossidabile	150-220	180	
06	Getti di acciaio	150-200	150	
07	Ghisa malleabile	110-230		120
08	Ghisa grigia	180-260		100
09	Ghisa nodulare	160-250		90
10	Ghisa fusa in conchiglia	HRC 40-60		30
30	Leghe di alluminio	30-100		400
33	Leghe di bronzo e di ottone	60-150		180

FRESATURA CONCORDE O DISCORDE

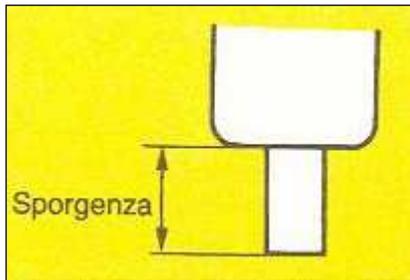


Normalmente la fresatura concorde aumenta la durata del tagliente, in particolare quando si lavora su materiali abrasivi.



Nelle lavorazioni con frese a candelina, lo spessore dei trucioli è generalmente piccolo e le vibrazioni che si generano possono costituire un importante problema se la loro ampiezza supera lo spessore dei trucioli. Nella fresatura discorde, la forza di taglio radiale aumenta gradualmente il che, in alcuni casi, riduce l'ampiezza delle vibrazioni e aumenta quindi la capacità di asportazione del metallo.

Se insorgono vibrazioni provare la fresatura discorde



Un inadeguato bloccaggio della fresa a candelina è una frequente causa di vibrazioni. La sporgenza deve essere la più corta possibile ed il gambo deve essere infilato quanto più possibile nella pinza. Utilizzare di preferenza una pinza a pareti sottili. Gli attacchi per gambi filettati si devono utilizzare in modo appropriato per garantire un corretto bloccaggio della fresa a candelina.

Esecuzione di cave dal pieno.

Una profondità di taglio assiale (a_a) troppo grande provoca vibrazioni e rischia di provocare la rottura della fresa a candelina. La profondità di taglio assiale dovrebbe non superare:

- ↪ Acciaio: $a_a = 0,7 \times D$
- ↪ Ghisa: $a_a = 1 \times D$
- ↪ Alluminio: $a_a = 1 \times D$

L'intasamento dei trucioli è un'altra causa di rottura della fresa a candelina. Utilizzare aria compressa per rimediare a questo problema, in particolare sulle macchine con mandrino verticale. Per le frese con taglienti brasati, utilizzare liquido refrigerante sotto pressione.

FORATURA CON FRESE A CANDELA

La profondità di foratura deve essere limitata quando si utilizza una fresa forante per iniziare una cava.

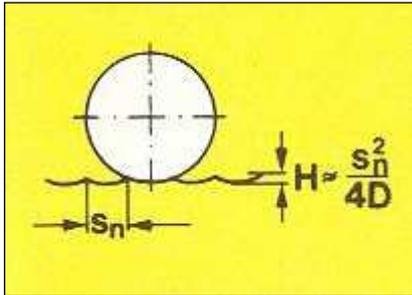
Il passaggio all'avanzamento radiale dopo la foratura è una fase molto critica della lavorazione.

La profondità di foratura non dovrebbe superare $1/3 \times D$ ed un massimo di 7 mm.

Le frese a candela producono normalmente lunghi trucioli che si avvolgono intorno alla fresa e vengono espulsi ad alta velocità. Per questo motivo è necessario equipaggiare la macchina con una protezione adeguata.

Nelle macchine a controllo numerico, si può utilizzare la fresa a candela con “avanzamento intermittente” per rompere i trucioli.

FINITURA SUPERFICIALE



La finitura superficiale dipende dall'eccentricità radiale della fresa a candela, e si devono considerare sia la fresa che il suo bloccaggio. La situazione peggiore si ha quando un solo dente genera la finitura superficiale.

La finitura superficiale di alcuni materiali si può migliorare con una fresatura discorde invece che concorde, e ricorrendo all'uso di liquidi refrigeranti, in particolare quando si esegue la finitura di materiali teneri.

Per le operazioni di finitura, la profondità di taglio radiale dovrebbe rimanere bassa, $a_a = 0,3-0,5$ mm, poiché essa influisce notevolmente sulla flessione della fresa. La massima rigidità si ottiene con una fresa integrale di metallo duro.

Con una fresa a candela con inserti multitaglienti, le tolleranze e la flessione della fresa non consentono di ottenere uno spallamento effettivo di 90° . Per una tolleranza angolare inferiore a $0^\circ \pm 20'$, si consiglia di utilizzare una fresa a candela riaffilabile.

POTENZA RICHIESTA PER LA FRESATURA

La potenza richiesta dipende dal materiale del pezzo da lavorare, dal volume di asportazione del truciolo, dalla geometria dell'inserto e dallo spessore dei trucioli. Un truciolo di elevato spessore è più vantaggioso di uno di piccolo spessore.

Esempio: riduzione della velocità di taglio.

L'avanzamento (volume di truciolo asportato) rimane lo stesso mentre la velocità di taglio viene ridotta da $v = 180$ m/min a $v = 120$ m/min.

Risultato: Quando si aumenta l'avanzamento per dente da $s_z = 0,1$ mm a $s_z = 0,15$ mm, il consumo di potenza diminuisce del 12%.

E' importante evitare un avanzamento per dente troppo basso quando la potenza disponibile è limitata.

In realtà, è lo spessore medio del truciolo (h_m) che influisce sul consumo di potenza. Nella tabella sotto, $h_m = 0,2$ è considerato come valore di riferimento, e ad ogni variabile di h_m è attribuito un fattore di correzione. Utilizzare questo fattore per determinare la potenza.

h_m (mm)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Fattore corr. P	1,50	1,23	1,10	1,00	0,94	0,89	0,85	0,81

Per la fresatura di spianatura, è normalmente abbastanza preciso stabilire $h_m = s_z$ (avanzamento per dente). Eccezione: un piccolo angolo di registrazione riduce lo spessore dei trucioli.

Il fattore di correzione per tre angoli di registrazione è:

Angolo di registrazione K_r	90°	75°	45°
Fattore corr. h_m	1,00	0,97	0,71

Il calcolo riportato in seguito è valido per un angolo di spoglia superiore di 0°. Il consumo di potenza cambia dell' 1,3% per grado di variazione dell'angolo di spoglia superiore. Un angolo di spoglia superiore positivo riduce il consumo di potenza mentre un angolo di spoglia superiore negativo lo aumenta.

$$1 \text{ kW} = 1.34 \text{ hp}$$

CALCOLO DELLA POTENZA RICHIESTA

Potenza netta in kW: P_{netta}

$$P_{netta} = \frac{a_a \text{ (mm)} \times a_r \text{ (mm)} \times s' \text{ (mm/min)}}{1000 \times V_p \text{ (cm}^3\text{/min. kW)}} \text{ (kW)}$$

- V_p = volume di truciolo asportato (cm³/min) per kW
- a_a = profondità di taglio assiale
- a_r = profondità di taglio radiale
- s' = avanzamento

Nota. P_{netta} è la potenza alla fresa. Per determinare la potenza richiesta, dividere P_{netta} per il rendimento della macchina (0,8 è un valore approssimativo per η).

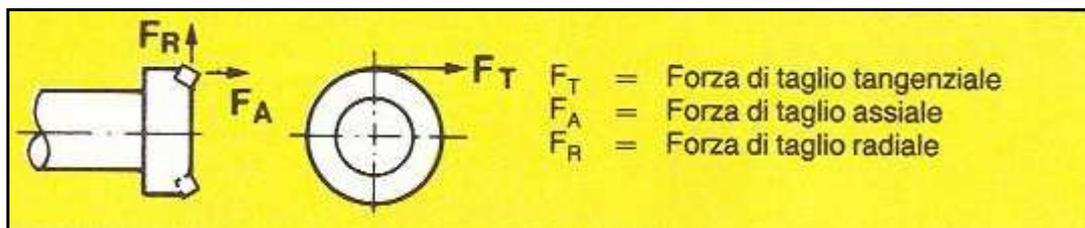
Per una regolare formazione di usura dell'inserto, la potenza utilizzata non dovrebbe superare il 70% della potenza disponibile.

Tabella valida per $h_m = 0,2 \text{ mm}$ e frese con angolo di spoglia superiore di 0° .

CMC	Materiale		Durezza Brinell HB	V_p cm ³ /min kW	$K_s 0.2$ kp/mm ²
01.1	Acciaio al carbonio non legato	C < 0.25%	125	25	245
01.3		C < 0.8%	150	23	270
01.5		C < 1.4%	250	21	295
02.1	Acciaio basso legato	Ricotto	125-200	21	285
02.2		Bonificato	200-450	17	350
03.11	Acciaio alto legato	Ricotto	150-250	19	315
03.22		Bonificato	250-500	17	365
05.1	Acciaio inossidabile	Ferr.Mart.	175-225	19	325
05.2		Austenitico	150-200	17	350
06.1	Getti di acciaio	Non legato	225	27	230
06.2		Basso legato	150-250	24	250
06.3		Alto legato	150-300	21	285
	Acc. temperato		> 50 HRC	10	600
07.1	Ghisa malleabile	A truciolo corto	110-145	31	195
07.2		A truciolo lungo	200-250	34	180
08.1	Ghisa grigia	A bassa resist.	150-225	49	125
08.2		Ad alta resist.	200-300	38	160
09.1	Ghisa nodulare	Ferritica	125-200	45	135
09.2		Perlitica	200-300	31	200
	Ghisa in con.		40-60 HRC	14	425
30.	Leghe di allum.		100	82	75

$K_s 0,2$ = Forza di taglio specifica. Da notare l'angolo di spoglia superiore di 0° .

FORZE DI TAGLIO IN FRESATURA

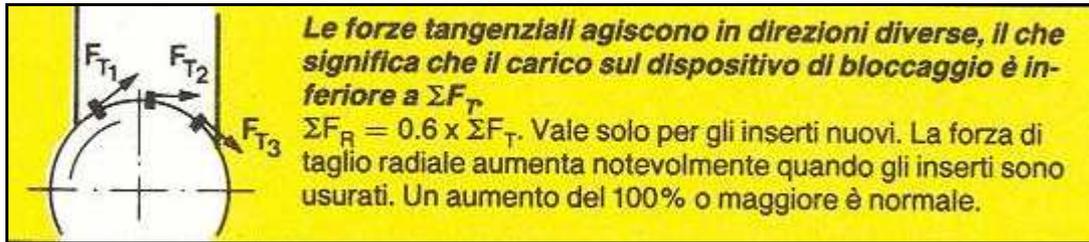


Il rapporto fra le forze di taglio può variare fino al 100% dal valore dato, a seconda del numero di denti in presa, del trattamento del tagliente dell'inserto, ecc.

La forza di taglio tangenziale totale, cioè tutti gli inserti in presa, è legata alla potenza assorbita.

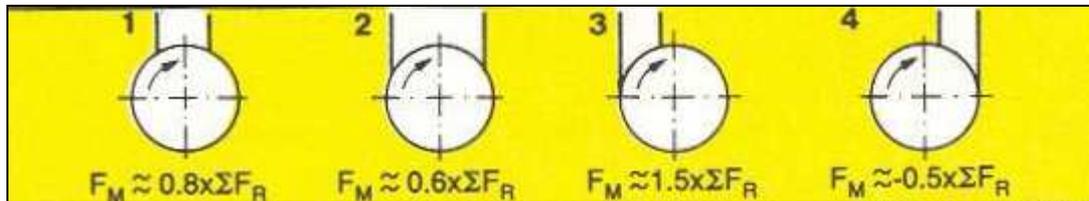
$$\Sigma F_T = \frac{P_{netta} (kW) \times 60 \times 1000}{v (m/min)}, \quad v = \text{velocità di taglio in m/min}$$

Esempio: $\Sigma F_T = F_{T1} + F_{T2} + F_{T3}$



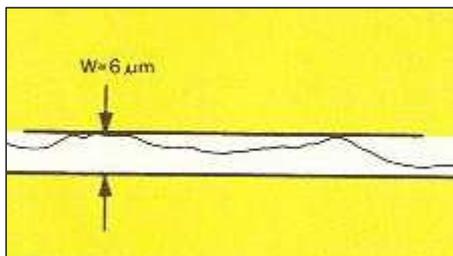
Ang. di registraz. K	90°	75°	45°
$\Sigma F_A \approx$	0	0,2 x ΣF_T	0,5 x ΣF_T

La forza di avanzamento F_M è la combinazione delle forze di taglio tangenziali e radiali, e varia nel modo sotto indicato.



METODI DI VALUTAZIONE DELLA FINITURA SUPERFICIALE

Ondulazione

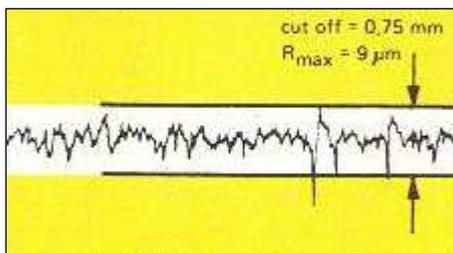


La variazione della forma o ondulazione (W) costituisce la macrostruttura della superficie. Un'ondulazione inaccettabile è dovuta a:

- ↳ fresa o mandrino inadatti.
- ↳ spostamento assiale degli inserti.

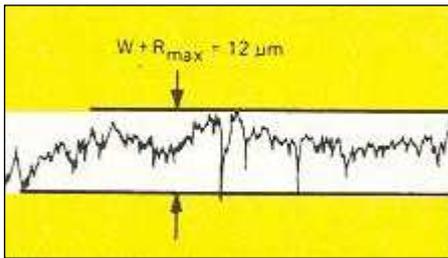
La distanza fra le creste delle onde coincide spesso con l'avanzamento per giro.

Rugosità



L'irregolarità (rugosità) della superficie dipende dalla qualità del tagliente, come ad esempio il tagliente di riporto, o dalla qualità del materiale del pezzo da lavorare. La rugosità è la microstruttura della superficie, e si misura con uno strumento dotato di un filtro per limitare la lunghezza d'onda delle irregolarità. La massima lunghezza d'onda viene chiamata "valore di filtro" (cut off) e dovrebbe essere sempre indicata.

R_t è la distanza fra il picco più alto e la valle più profonda nella lunghezza di misurazione, ad esempio 5 lunghezze campioni. R_{max} rappresenta l'altezza entro la lunghezza campione L.



Le irregolarità della superficie sono sovrapposte come rugosità sull'ondulazione, e il grafico $W + R_{max}$ mostra la reale finitura superficiale.

PLANARITA'

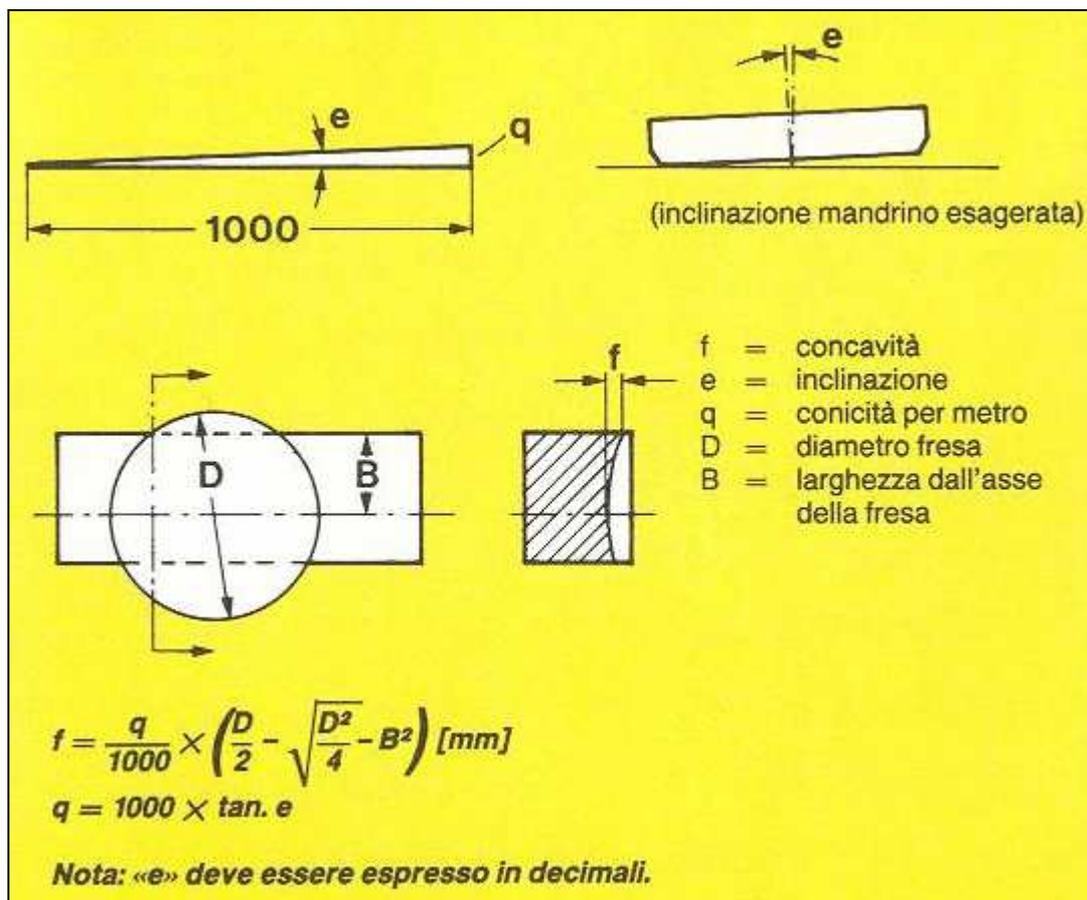
La planarità di una superficie fresata è la differenza fra i punti più alti e quelli più bassi. Per ottenere una buona planarità, bisogna bloccare il pezzo da lavorare, senza deformarlo.

Le sezioni sottili del pezzo possono flettersi in seguito alla spinta assiale della fresa. Per evitare questo inconveniente, è necessario utilizzare un apposito supporto o una fresa che eserciti una bassa spinta assiale.

Inclinazione del mandrino

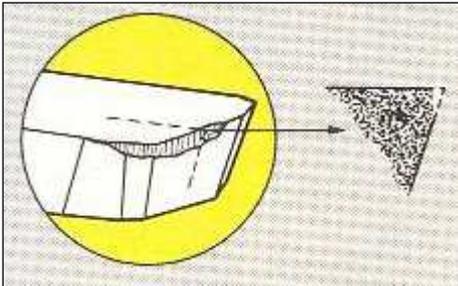
La maggior parte delle fresatrici per uso specifico hanno un mandrino leggermente inclinato per evitare il tallonamento. L'inclinazione è normalmente di $0,3' - 1'$.

Un'inclinazione troppo accentuata avrà un effetto negativo sulla planarità.



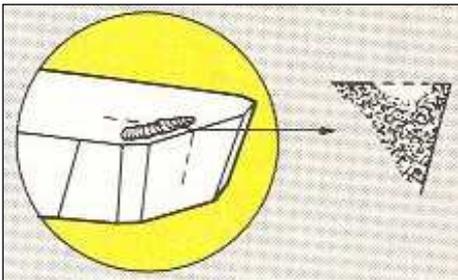
TIPI DI USURA DEGLI INSERTI

Usura sul fianco



Un'usura uniforme sul fianco è il tipo ottimale di usura dell'inserto. Quando il tagliente arriva al suo limite massimo di utilizzazione, inizia a scheggiarsi. Se l'usura sul fianco si sviluppa troppo rapidamente, si dovrebbe ridurre la velocità di taglio senza modificare l'avanzamento, oppure scegliere una qualità più resistente all'usura.

Craterizzazione

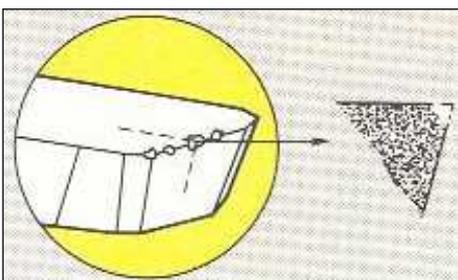


La craterizzazione può apparire nella fresatura dell'acciaio, ma finché esiste un equilibrio fra l'usura sul fianco e la craterizzazione, non è necessario sostituire l'inserto.

Se la craterizzazione diventa troppo grande, il tagliente rischia di rompersi.

- ↪ ridurre la velocità di taglio
- ↪ scegliere una qualità più resistente all'usura.

Scheggiature

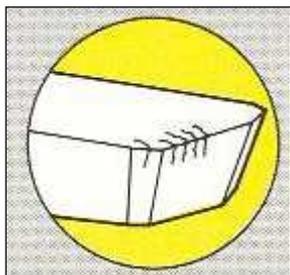


Alcune scheggiature (distacco di piccoli pezzi di metallo duro) sono accettabili finché non pregiudicano la durata del tagliente.

Se le scheggiature costituiscono un problema:

- ↪ aumentare la velocità di taglio
- ↪ ridurre l'avanzamento per dente
- ↪ scegliere una qualità di metallo duro più tenace o un inserto rinforzato con una bisellatura o con una fascia primaria negativa.
- ↪ ottimizzare la stabilità delle condizioni di lavorazione.

Microfessurazioni



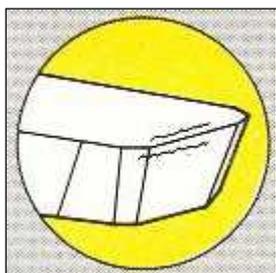
Le variazioni di temperatura durante la fresatura possono provocare microfessurazioni perpendicolari al tagliente.

Se le microfessurazioni si sviluppano fin dall'inizio delle lavorazioni, la durata del tagliente viene compromessa, poiché si staccano anche piccole schegge di metallo duro. Se questo tipo di usura crea problemi:

- ↪ scegliere una fresa di diametro più piccolo
- ↪ diminuire la temperatura del tagliente riducendo la velocità di taglio e, se necessario, l'avanzamento per dente
- ↪ scegliere una qualità più tenace

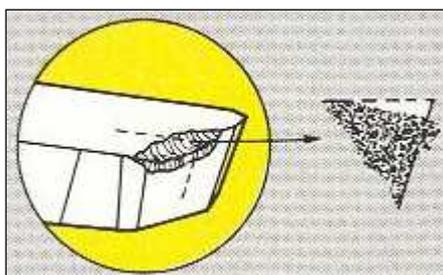
Nota: non utilizzare liquido refrigerante.

Sollecitazioni meccaniche



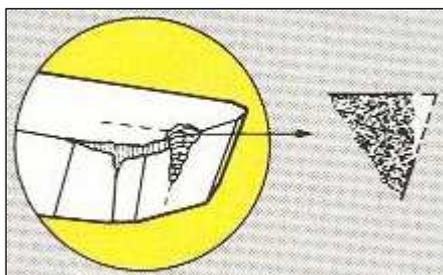
A causa della variazione delle forze di taglio durante la lavorazione, gli inserti per fresatura sono particolarmente soggetti a sollecitazione meccanica che, in alcuni casi danno luogo a fessurazioni parallele al tagliente principale. Le sollecitazioni meccaniche, sommate all'elevato spessore del truciolo, spesso provocano la rottura del tagliente.

Deformazioni



Le temperature troppo alte associate alle elevate forze di taglio possono originare il fenomeno di deformazione plastica del tagliente. In tal caso, bisogna utilizzare dati di taglio più bassi o adottare una qualità di metallo duro più resistente all'usura.

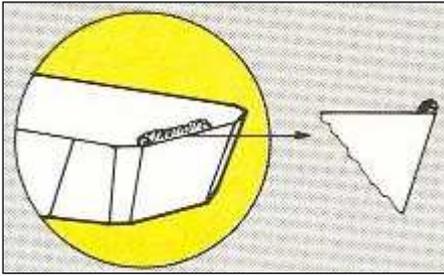
Usura ad intaglio



Un pezzo da lavorare con una crosta abrasiva può causare un'usura eccessiva sul tagliente.

Questo problema è risolvibile, utilizzando una qualità più resistente all'usura, ma se l'usura ad intaglio è dovuta ad inclusioni di sabbia, bisogna scegliere una qualità rivestita.

Tagliente di riporto



La fresatura di materiali teneri, quali alcuni acciai inossidabili, può dar luogo al tagliente di riporto. Il materiale del pezzo da lavorare "s'incolla" al tagliente staccandosi può portare via pezzetti di metallo duro. Questo tipo di usura riduce notevolmente la durata del tagliente.

Il tagliente di riporto è dovuto ad una bassa velocità di taglio, e normalmente si verifica con una gamma di velocità da 80 a 160

m/min.

Per evitare il tagliente di riporto, aumentare la velocità di taglio.

Per i materiali che provocano un'eccessiva riduzione della durata del tagliente ad elevate velocità, impiegare una velocità di taglio molto bassa.

Nella fresatura di alluminio, il tagliente di riporto influisce solamente sulla finitura superficiale, ma non sul metallo duro.

ECONOMIA DI LAVORAZIONE

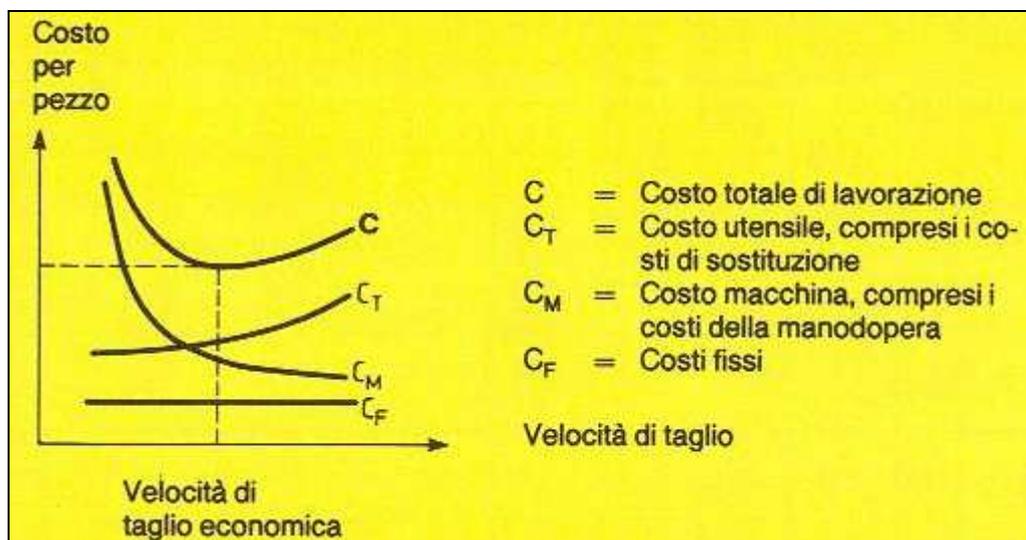
L'economia di produzione è l'utilizzazione delle risorse.

Utilizzando gli utensili adatti si migliora l'economia della produzione. Un volume di produzione più elevato riduce il costo macchina per pezzo prodotto.

Importante è anche la rapidità della lavorazione, perché accorcia i tempi di consegna e rende quindi il prodotto più competitivo. Questo vantaggio, associato alla capacità produttiva disponibile in seguito all'utilizzazione più razionale delle risorse, permette di rispondere a nuove domande di produzione.

Relazione fra velocità di taglio costo macchina

VELOCITA' DI TAGLIO ECONOMICA



Un aumento della velocità di taglio diminuisce il costo macchina per pezzo prodotto, ma il costo utensile aumenta in conseguenza di una più rapida usura e di una riduzione della durata del tagliente. La velocità di taglio economica definisce il costo minimo di lavorazione. Il diagramma precedente mostra la variazione dei diversi costi quando cambiano i dati di taglio, Il rapporto fra i costi dipende dal tipo di macchina, dal materiale, ecc.