

Un altro fattore che deve essere preso in considerazione nel definire un ciclo di lavoro è la potenza disponibile. Dovrà realizzarsi la condizione:

$$\text{Potenza disponibile} \geq \text{Potenza richiesta.}$$

La potenza richiesta (N_t) per il distacco del truciolo vale:

$$N_t = \frac{F_t \cdot V_t}{60.000} \quad [\text{kW}] \quad (4)$$

in cui:

- F_t è la forza di taglio, espressa in N, necessaria a strappare il truciolo;
- V_t è la velocità di taglio espressa in m/min.

Nel calcolo della potenza richiesta per l'esecuzione della lavorazione si dovrà, poi, tenere conto delle maggiorazioni per i moti di alimentazione.

Nei paragrafi successivi saranno forniti i metodi per il calcolo delle condizioni di taglio, delle potenze assorbite e dei tempi di lavorazione, per le più comuni lavorazioni alle macchine utensili.

b) Tornitura

a) Velocità di taglio

La determinazione della velocità di taglio viene effettuata, per le lavorazioni di tornitura esterna, interna e di sfacciatura, con la formula semplificata (5) che tiene conto dei principali parametri che la influenzano.

$$V_t = \frac{V_0}{q^z} \cdot \frac{\left(\frac{p}{5 \cdot a}\right)^e}{\left(\frac{T}{60}\right)^y} \cdot L_r \cdot \chi \quad [\text{m}/\text{min}] \quad (5)$$

in cui:

- V_0 è la velocità di taglio, espressa in m/min, relativa ad una sezione di truciolo $q = 1 \text{ [mm}^2\text{]}$, con fattore di forma $p/a = 5$, per una durata del tagliente $T = 60 \text{ [min]}$, in assenza di lubrificazione e con angolo di registrazione del tagliente $\chi = 45^\circ$. Essa dipende dai materiali dell'utensile e del pezzo in lavorazione (tab. 1.11);
- p è la profondità di passata [mm];
- a l'avanzamento [mm/giro];
- q è la sezione del truciolo ($q = p \cdot a$) [mm²];

Valori raccomandati per la velocità di taglio V_0 [m/min]

Materiale da lavorare	Materiale dell'utensile					*Acciaio s. rapido
	Carburi metallici					
	P01 - P10	P20	P30 - P40	M20 - K10	K20	
Acciaio Rm [N/mm²]						
340 ÷ 500	280	210	115	-	-	65
500 ÷ 700	180	120	75	-	-	35
700 ÷ 900	120	85	45	-	-	25
900 ÷ 1100	90	65	35	-	-	-
1100 ÷ 1250	75	50	30	-	-	-
Ghise durezza HB						
100 ÷ 150	-	-	-	200	-	40
150 ÷ 200	-	-	-	130	-	30
200 ÷ 250	-	-	-	80	-	18
250 ÷ 300	-	-	-	45	-	-
Alluminio durezza HB						
<50	-	-	-	-	650	120
50 ÷ 80	-	-	-	500	-	100
80 ÷ 100	-	-	-	450	-	90
Rame	-	-	-	-	300	45
Ottone	-	-	-	-	400	100
Bronzo	-	-	-	-	400	60

TABELLA

1.11

- z è una costante dipendente dal materiale in lavorazione (tab. 1.12);
- p/a è detto fattore di forma;
- e dipende dai materiali dell'utensile e da quelli da lavorare (tab. 1.13);
- T è la durata di affilatura dell'utensile in [min];
- y dipende dai materiali dell'utensile e da quelli da lavorare (tab. 1.14);
- L_r è un fattore di correzione che dipende dalla lubrificazione (tab. 1.15);
- X è il coefficiente di correzione per angoli di registrazione diversi da 45° (tab. 1.16).

Nella figura 1.24 sono riportate alcune caratteristiche geometriche della lavorazione di tornitura e nella tabella 1.17 i valori consigliati dell'avanzamento "a" [mm/giro].

La velocità di taglio, oltre che dalla formula (5), può essere dedotta, per le lavorazioni meno comuni ottenute con utensili di forma, di troncatura con utensile, di alesatura, di filettatura, ecc., dalla tabella 1.18.

Nella tabella 1.11 sono riportati i valori della velocità V_0 solo per gli utensili ritenuti più adatti alla

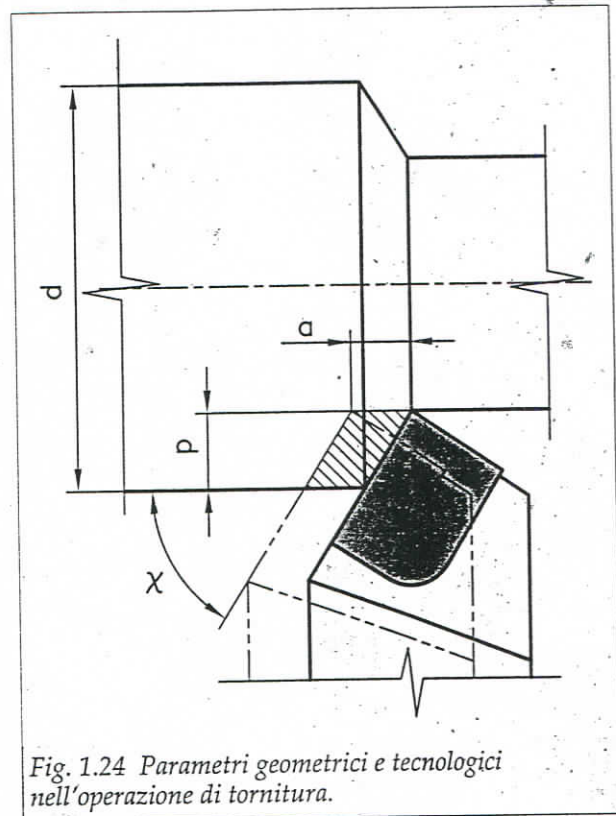


Fig. 1.24 Parametri geometrici e tecnologici nell'operazione di tornitura.

TABELLA
1.12

Valori del coefficiente z			
Materiale da lavorare	Acciaio	Ghisa	Mat. non ferrosi
Coefficiente z	0,28	0,20	0,10

TABELLA
1.13

Materiale dell'utensile	Materiale da lavorare				
	Acciaio	Ghisa	Rame/Bronzo	Ottone	Alluminio
Acciaio s. rapido	0,14	0,10	0,22	0,30	0,31
Carburi	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10

TABELLA
1.14

Materiale dell'utensile	Materiale da lavorare					
	Acciaio	Ghisa	Rame	Alluminio	Bronzo	Ottone
P01 - P10 - P20	0,30	-	-	-	-	-
P30 - P40	0,167	-	-	-	-	-
K10 - K20	-	0,25	-	0,41	0,25	0,25
M10 - M20	-	0,25	-	0,41	0,25	0,25
Acciaio s. rapido	0,15	0,25	0,12	0,41	0,22	0,22

TABELLA
1.15

Materiale dell'utensile	Valori medi del coefficiente L_r		
	Tipo di lubrificazione		
	A secco	Media portata	Massima portata
Acciaio s. rapido	1	1,20	1,50
Carburi	1	1,1	1,3

lavorazione dei materiali corrispondenti e devono servire solamente come orientamento di base. Poiché il settore degli utensili è in continua evoluzione, si consiglia un approfondimento dell'argomento attraverso la consultazione critica dei cataloghi forniti dai produttori.

Il numero di giri teorico del mandrino (n_t) si calcola con la formula:

$$n_t = \frac{1000 \cdot V_t}{\pi \cdot d} \quad [\text{giri/min}] \quad (6)$$

Valori del coefficiente χ in funzione dell'angolo di registrazione

Materiale da lavorare	Acciaio				Ghisa				Mat. non ferrosi			
	30°	45°	60°	90°	30°	45°	60°	90°	30°	45°	60°	90°
Angoli di registrazione	30°	45°	60°	90°	30°	45°	60°	90°	30°	45°	60°	90°
Coefficiente χ	1,25	1	0,80	0,66	1,15	1	0,89	0,72	1,20	1	0,85	0,69

TABELLA
1.16

Valori consigliati dell'avanzamento a [mm/giro] per tornitura

Materiale da lavorare	Tornitura esterna		Tornitura interna		Utensile di forma	Troncatura
	Sgrossat.	Finitura	Sgrossat.	Finitura		
Acciaio Rm < 600 N/mm ²	0,1÷0,4	0,05÷0,2	0,05÷0,3	0,05÷0,2	0,02÷0,05	0,05÷0,1
Acciaio Rm 600÷1000 N/mm ²	0,1÷0,4	0,05÷0,15	0,05÷0,3	0,05÷0,1	0,02÷0,05	0,05÷0,1
Acc. Rm 1000÷1200 N/mm ²	0,1÷0,4	0,05÷0,15	0,05÷0,3	0,05÷0,1	0,02÷0,05	0,05
Ghisa HB ≤ 180	0,1÷0,8	0,05÷0,2	0,05÷0,6	0,05÷0,2	0,02÷0,05	0,05÷0,1
Ghisa HB > 180	-0,1÷0,6	0,05÷0,25	0,05÷0,5	0,05÷0,2	0,02÷0,05	0,02÷0,05
Ottone/Bronzo	0,1÷0,8	0,05÷0,25	0,05÷0,6	0,05÷0,2	0,02÷0,1	0,05÷0,2
Rame	0,1÷0,6	0,05÷0,25	0,05÷0,5	0,05÷0,25	0,02÷0,05	0,05÷0,1
Alluminio	0,1÷0,8	0,05÷0,25	0,05÷0,4	0,05÷0,2	0,05÷0,2	0,05÷0,3

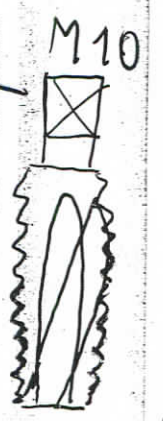
TABELLA
1.17

Velocità di taglio V_t [m/min] consigliate per lavorazioni al tornio

Materiale da lavorare	Utensile di forma		Troncatura con utensile		Filettatura con utensile	
	Acciaio s. rapido	Carburi	Acciaio s. rapido	Carburi	Acciaio s. rapido	Carburi
Acciaio Rm < 600 N/mm ²	40	80	50	85	15	25
Acciaio Rm 600÷1000 N/mm ²	30	70	30	55	12	18
Acciaio Rm 1000÷1200 N/mm ²	18	50	25	45	10	15
Ghisa HB ≤ 180	25	70	30	50	10	15
Ghisa HB > 180	15	45	18	40	8	12
Ottone/Bronzo	50	100	60	95	15	25
Rame	25	80	40	70	20	25
Alluminio	80	150	80	150	25	35

Materiale da lavorare	Alesatura con alesatore in acciaio s. rapido	Filettatura con filiera in acciaio s. rapido	Filettatura con maschio in acciaio s. rapido
Acciaio Rm < 600 N/mm ²	15	2	6
Acciaio Rm 600÷1000 N/mm ²	8	1,5	3
Acciaio Rm 1000÷1200 N/mm ²	6	1,5	3
Ghisa HB ≤ 180	14	4	8
Ghisa HB > 180	8	3	4
Ottone/Bronzo	14	6	10
Rame	20	8	12
Alluminio	30	8	12

TABELLA
1.18



in cui:

- n_t è il numero di giri teorico;
- d è il diametro del pezzo in lavorazione (per la sfaccatura $d = d_{max}$).

Si assume quindi, consultando la scheda macchina del tornio, un numero di giri (n) disponibile (in genere $n < n_t$). La *velocità di taglio effettiva* (V_t) vale:

$$V_t = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}] \quad (7)$$

b) Potenza di tornitura

Nelle lavorazioni di tornitura la *forza* (F_t), necessaria per asportare il truciolo, vale:

$$F_t = K_1 \cdot q^r \cdot \left(\frac{p}{5 \cdot a}\right)^h \quad [\text{N}] \quad (8)$$

in cui:

- K_1 rappresenta il carico di strappamento unitario, cioè la forza necessaria a strappare un truciolo di sezione pari a 1 [mm²], con fattore forma $p/a = 5$ (tab. 1.19);
- r è un coefficiente di correzione dovuto al fatto che la forza non aumenta proporzionalmente alla sezione (tab. 1.20);
- h è un fattore di correzione che dipende dal materiale lavorato (tab. 1.21).

La *potenza di taglio* (N_t) vale quindi:

$$N_t = \frac{F_t \cdot V_t}{60.000} \quad [\text{kW}] \quad (9)$$

La *potenza necessaria per l'avanzamento* risulta trascurabile rispetto a quella occorrente per il taglio.

TABELLA

1.19

Valori del carico di strappamento unitario K_1 [N/mm²]

Angolo di soglia sup. γ	Acciaio Rm [N/mm ²]									
	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
0°	2400	2500	2650	2850	3100	3250	3450	3650	3800	3970
+ 5°	2280	2400	2520	2750	2950	3150	3300	3460	3630	3770
+10°	2180	2280	2420	2615	2820	3000	3160	3320	3500	3620
+15°	2080	2200	2300	2500	2690	2850	3000	3180	3340	3470
+20°	1980	2080	2200	2380	2550	2730	2870	3050	3200	3340
	Ghisa durezza HB									
	100	120	140	160	200	240	280	320	360	400
0°	1050	1140	1200	1280	1390	1500	1600	1680	1760	1840
+ 5°	1000	1080	1150	1210	1340	1420	1520	1600	1680	1750
+10°	960	1035	1100	1170	1260	1360	1450	1530	1590	1670
+15°	910	1000	1050	1110	1210	1300	1390	1470	1530	1585
+20°	880	940	990	1050	1150	1230	1320	1400	1460	1510
	Alluminio durezza HB			Bronzo e Ottone durezza HB						
	<50	50÷80	80÷100	<80	80÷100	>100				
+10°	-	-	-	640	750	1000				
+15°	-	700	800	600	700	-				
+20°	-	650	700	-	-	-				
+25	560	600	-	-	-	-				
+30	530	-	-	-	-	-				

TABELLA

1.20

Valori del coefficiente r

Acciaio	Ghisa	Ottone	Bronzo	Alluminio
0,803	0,865	0,840	0,760	0,760

TABELLA

1.21

Valori del coefficiente h

Acciaio	Ghisa	Bronzo	Ottone	Alluminio
0,16	0,12	0,22	0,30	0,31

to unita-
n truccio-
re forma

o al fatto
ente alla

nde dal

(9)

a trasclu-
li taglio:

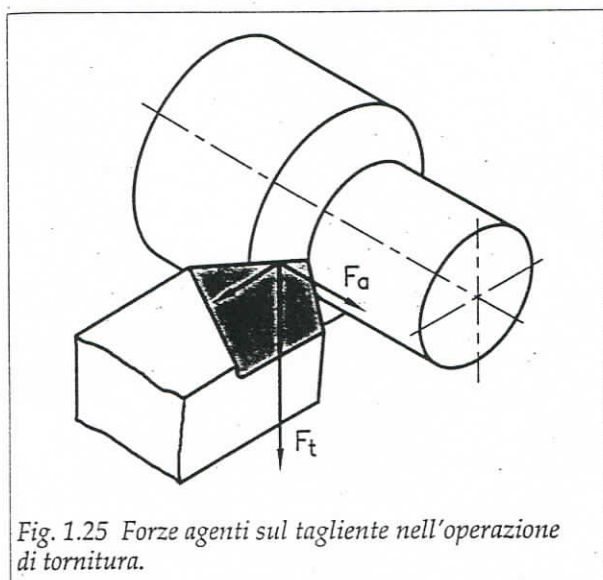


Fig. 1.25 Forze agenti sul tagliente nell'operazione di tornitura.

Infatti la forza che si oppone all'avanzamento (fig. 1.25) vale circa il 20% della forza di taglio, ma la velocità di avanzamento è molto piccola, $V_a = (0,001 \div 0,002)V_t$ quindi la potenza di alimentazione sarebbe al massimo $N_a = 0,0004 N_t$.

La potenza disponibile al mandrino (N_d) si calcola conoscendo la potenza del motore (N_m) e il rendimento della macchina (η). Il valore del rendimento dipende dallo stato d'uso della macchina utensile e si assume pari a $0,70 \div 0,75$:

$$N_d = N_m \cdot \eta \quad (10)$$

e la lavorazione è possibile se $N_d \geq N_t$. La scelta delle condizioni di taglio deve permettere la durata voluta per l'utensile e deve prevedere un

razionale sfruttamento delle risorse. Nell'ipotesi del massimo sfruttamento della potenza della macchina si pone $N_d = N_t$ e la (9) diventa:

$$N_d = \frac{F_t \cdot V_t}{60.000} \quad [\text{kW}] \quad (9')$$

assumendo, in prima approssimazione, $p/a = 5$, $\chi = 1$ e sostituendo nella (9') le equazioni della velocità di taglio (5) e della forza necessaria per asportare il truciolo (8) si ottiene la sezione del truciolo in funzione della durata dell'utensile e della potenza disponibile:

$$q^{r-z} = 60.000 \cdot \frac{\left(\frac{T}{60}\right)^y \cdot N_d}{K_1 \cdot V_o \cdot L_r} \quad [\text{mm}^2] \quad (11)$$

Determinata con la (11) la sezione del truciolo, si possono fissare i valori della profondità di passata (p), dell'avanzamento (a) (tab. 1.17) e procedere alla verifica dei risultati con le formule (8), (9) e (10).

c) Tempi di lavorazione

Dedotto dalla tabella 1.17 un opportuno valore dell'avanzamento (a) [mm/giro] e scelto, consultando la scheda macchina, un valore disponibile, il tempo macchina (T_m) per eseguire una passata di tornitura di lunghezza "l" si calcola nel seguente modo (fig. 1.26):

$$T_m = \frac{l + e}{n \cdot a} \quad [\text{min}] \quad (12)$$

in cui "e" rappresenta l'extracorsa di sicurezza. Nel caso di esecuzione di filettatura al tornio l'avanzamento "a" è uguale al passo.

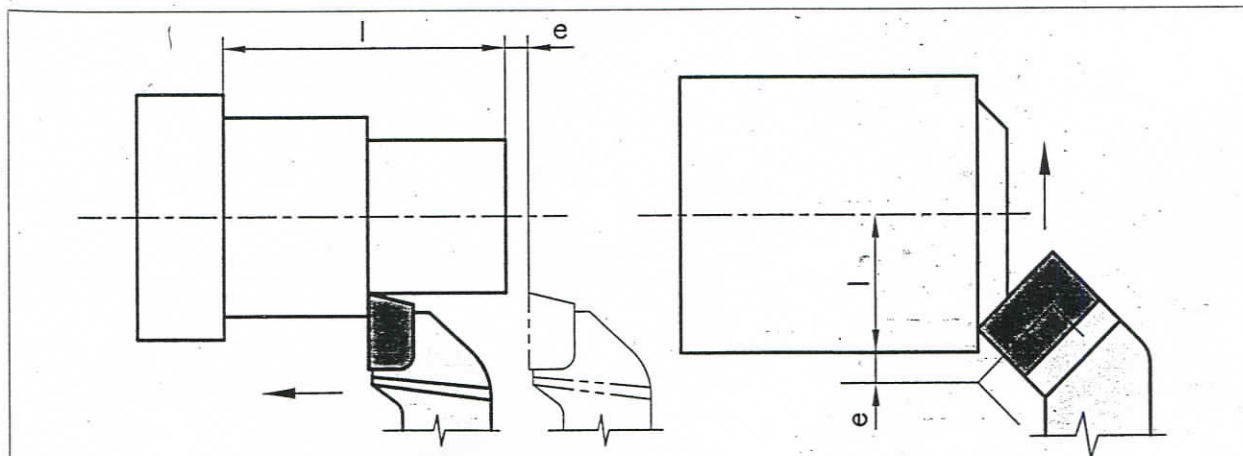


Fig. 1.26 Corsa di lavoro nella tornitura per il calcolo del tempo macchina.

1200

3970

3770

3620

3470

3340

400

1840

1750

1670

1585

1510

HB

100

000

io

io