

CONDIZIONI DI LAVORO NELLA TORNITURA

❖ MOTI RELATIVI E PARAMETRI DI TAGLIO

Sulle macchine utensili il taglio del truciolo si ottiene per effetto di moti relativi tra utensile e pezzo. Su alcune macchine si muove solo l'utensile mentre il pezzo rimane fermo, ma di solito si muovono entrambi. Infatti affinché si realizzi un moto relativo, basta che ci sia un movimento di un corpo rispetto ad un altro corpo o il movimento di entrambi i corpi: per il taglio è indifferente che si muova l'utensile e il pezzo stia fermo o viceversa.

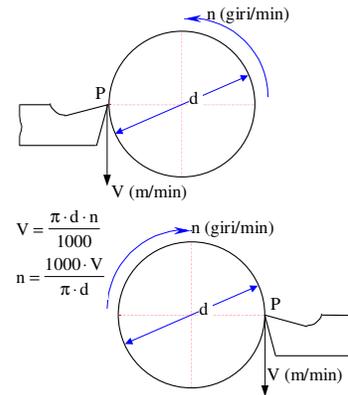
I principali moti relativi sono il **moto di taglio** e il **moto di avanzamento**.

Il MOTO DI TAGLIO è il moto principale della macchina, cioè quello che determina l'asportazione del truciolo. Sul tornio è di tipo rotatorio ed è posseduto dal pezzo. Il moto di taglio può essere espresso sia come velocità di taglio, sia come velocità di rotazione.

La **velocità di taglio**, indicata con V (m/min), rappresenta la velocità relativa fra utensile e pezzo nel punto in cui avviene l'asportazione di truciolo, quindi la velocità con cui questo viene tagliato. Equivale alla velocità periferica del pezzo, cioè alla velocità del punto P mostrato in figura e risulta tangente alla sezione del pezzo con verso concorde al senso di rotazione (ricordare che la velocità è una grandezza vettoriale). La velocità di taglio è il principale *parametro di taglio* e la sua scelta dipende da molti fattori: *materiale in lavorazione, materiale dell'utensile, profondità di passata, avanzamento, sezione del truciolo*.

Per orientare l'operatore nella scelta esistono delle tabelle che indicano il valore da adottare a seconda delle condizioni di lavoro.

La **velocità di rotazione**, indicata con n ($giri/min$), esprime il numero di giri compiuti dal pezzo in un minuto. Il suo valore dipende dalla velocità di taglio impostata e dal diametro d del pezzo: in particolare, fissata la velocità di taglio, la velocità di rotazione (**frequenza**) dovrà essere tanto più alta quanto più piccolo sarà il diametro e viceversa.



$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}$$

La velocità di taglio e la velocità di rotazione sono legate dalla relazione: $V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \left(\frac{m}{min} \right)$

Questa relazione si ricava con il seguente ragionamento:

- la distanza percorsa dal punto P dopo un giro equivale alla lunghezza della circonferenza $\pi \cdot d$;
- moltiplicando tale distanza per il numero di giri n compiuti in un minuto, si ottiene la distanza percorsa dal punto P in un minuto, cioè la sua velocità;
- poiché il diametro viene misurato in millimetri, la velocità risulta espressa in mm/min ;
- per trasformare l'unità di misura da mm/min in m/min occorre dividere per 1000.

Dalla formula della velocità di taglio si ricava l'inversa: $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \left(\frac{giri}{min} \right)$ che permette di

calcolare il numero di giri da selezionare sul variatore di velocità del mandrino, dopo avere stabilito la velocità di taglio più opportuna per la lavorazione. I variatori, chiamati cambi di velocità, possono essere di due tipi: **continui o discontinui**.

I *variatori discontinui* consentono una variazione a gradini del numero di giri, con salti fra un valore e il successivo (per esempio 150, 210, 300, 420, 590, 830 $giri/min$). I valori sono tali che il rapporto tra un numero di giri e il precedente si mantenga costante (si dice che formano una progressione geometrica), infatti:

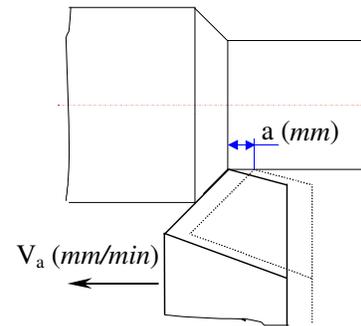
$$\frac{210}{150} = \frac{300}{210} = \frac{420}{300} = \frac{590}{420} = \frac{830}{590} = \varphi \rightarrow \text{ragione della progressione geometrica}$$

In tal caso si dovrà scegliere fra questi il valore che più si avvicina a quello calcolato con la formula precedente, con conseguente variazione della velocità di taglio effettiva.

I *variatori continui* consentono, invece, una variazione graduale del numero di giri, da un minimo a un massimo con continuità (e non a gradini come per i variatori discontinui), con il vantaggio di poter lavorare con la velocità di taglio stabilita (caso dei torni a CNC).

Il MOTO DI AVANZAMENTO ha lo scopo di portare a contatto dell'utensile nuovo materiale da tagliare; è un moto molto più lento rispetto al moto di taglio. Sul tornio è di tipo traslatorio ed è posseduto dall'utensile. Il moto di avanzamento può essere espresso sia come avanzamento per giro, sia come velocità di avanzamento:

- **l'avanzamento per giro**, indicato con a ($mm/giro$), rappresenta lo spostamento dell'utensile per ogni giro compiuto dal pezzo; esso costituisce un altro importante parametro di taglio da cui dipende il grado di finitura della lavorazione. Per la scelta dell'avanzamento esistono delle tabelle che consigliano il valore da adottare a seconda delle condizioni di lavoro.
- **la velocità di avanzamento**, indicata con V_a (mm/min), rappresenta la velocità con cui si muove l'utensile, quindi la velocità con cui procede la lavorazione.



Le due grandezze sono legate dalla seguente relazione: $V_a = a \cdot n \left(\frac{mm}{min} \right)$

Infatti, se a indica lo spostamento dell'utensile per ogni giro del pezzo, moltiplicando il suo valore per il numero di giri n compiuti in un minuto, si ottiene lo spostamento dell'utensile per ogni minuto, cioè la sua velocità di avanzamento.

Valori indicativi della velocità di taglio V (m/min)								
Tipo di lavorazione	TORNITURA ESTERNA (sgrossatura)			TORNITURA ESTERNA (finitura)			TORNITURA INTERNA (sgrossatura / finitura)	
	M a t e r i a l i u t e n s i l e							
Materiale da lavorare	Acciaio rapido	Acciaio superrapido	Metallo duro	Acciaio rapido	Acciaio superrapido	Metallo duro	Acciaio rapido	Metallo duro
Acciai dolci	60	90	100	80	120	150	40 / 70	70 / 100
Acciai duri	35	50	95	45	70	120	25 / 40	50 / 95
Acciai extra duri	30	40	65	40	50	80	20 / 30	40 / 65
Acciai bonificati	20	25	60	30	35	70	15 / 18	35 / 60
Ghisa dolce	40	60	90	50	70	100	30 / 40	65 / 90
Ghisa dura	20	40	60	30	55	70	15 / 20	40 / 60
Rame, bronzo	45	65	165	60	90	260	35 / 45	80 / 160
Ottone	100	200	220	200	300	350	75 / 100	100 / 220
Alluminio	200	300	400	300	500	600	150 / 200	300 / 400

Valori indicativi dell'avanzamento a ($mm/giro$) nella tornitura						
Lavorazione	ACCIAI		GHISA		LEGHE NON FERROSE	
	sgrossatura	finitura	sgrossatura	finitura	sgrossatura	finitura
Tornitura esterna	0,1÷0,4	0,05÷0,2	0,1÷0,6	0,05÷0,2	0,1÷0,8	0,05÷0,25
Tornitura interna	0,05÷0,3	0,05÷0,2	0,05÷0,5	0,05÷0,2	0,05÷0,5	0,05÷0,2
troncatura	0,05÷0,1		0,02÷0,1		0,05÷0,2	

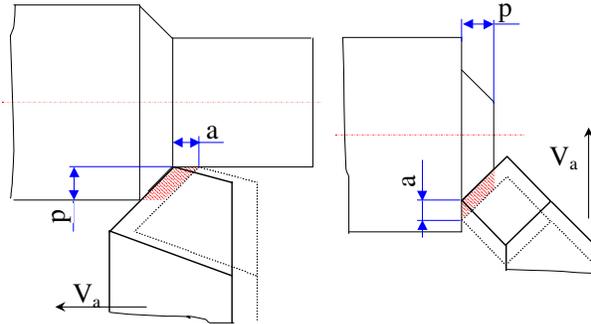
Scegliere valori più elevati all'aumentare del diametro da tornire

❖ SEZIONE DEL TRUCIOLO

La sezione del truciolo, indicata con q , rappresenta la sezione ottenuta immaginando di tagliare il truciolo secondo un piano perpendicolare alla velocità di taglio. La sua forma dipende dal tipo di lavorazione e dal tipo di utensile usato.

Nella tornitura cilindrica o in quella piana, la sezione del truciolo assume la forma di un rettangolo che ha per base l'avanzamento a e per altezza la profondità di passata p .

La *velocità di taglio* ha la direzione perpendicolare al piano del foglio, con verso entrante nel foglio.



In tal caso l'area della sezione del truciolo vale

$$q = a \cdot p \text{ (mm}^2\text{)} \quad \text{con } p = (2 \div 10) \cdot a \quad \text{Il rapporto } G = \frac{p}{a} \text{ si chiama } \mathbf{\text{fattore di forma}}$$

La profondità di passata assume valori variabili: $p = 0,5 \div 10 \text{ mm}$ per passate di sgrossatura
 orientativamente $p = 0,2 \div 2 \text{ mm}$ per passate di finitura

❖ TEMPO DI LAVORAZIONE

Il tempo di lavoro t_1 viene calcolato con relazioni cinematiche quando gli spostamenti dell'utensile avvengono automaticamente.

Dalla relazione $\boxed{\text{velocità} = \frac{\text{spazio}}{\text{tempo}}}$ è possibile calcolare il tempo con la relazione $\boxed{\text{tempo} = \frac{\text{spazio}}{\text{velocità}}}$

Traslando questo concetto nel caso delle lavorazioni alle macchine utensili è possibile calcolare il tempo di lavoro, infatti:

- lo spazio rappresenta la lunghezza che deve percorrere l'utensile pari alla lunghezza da tornire L più l'extracorsa e ($e = 1 \div 2 \text{ mm}$), cioè il tratto per l'avvicinamento dell'utensile al pezzo;
- la velocità rappresenta la velocità di avanzamento dell'utensile.

Quindi per una singola passata:

$$\text{tempo di lavoro} = \frac{\text{lunghezza da tornire} + \text{extracorsa}}{\text{velocità di avanzamento}} = \frac{\text{corsa}}{V_a} = \frac{L + e}{a \cdot n}$$

$$t_1 = \frac{L + e}{a \cdot n} \quad (\text{min})$$

TORNITURA CILINDRICA: per una passata $t_1 = \frac{L + e}{a \cdot n} \quad (\text{min})$

TORNITURA PIANA: per una passata $t_1 = \frac{L + e}{a \cdot n} = \frac{\frac{d}{2} + e}{a \cdot n} \quad (\text{min})$

TORNITURA PIANA SU PEZZO FORATO: per una passata $t_1 = \frac{L + e}{a \cdot n} = \frac{\frac{D - d}{2} + e}{a \cdot n} \quad (\text{min})$

