

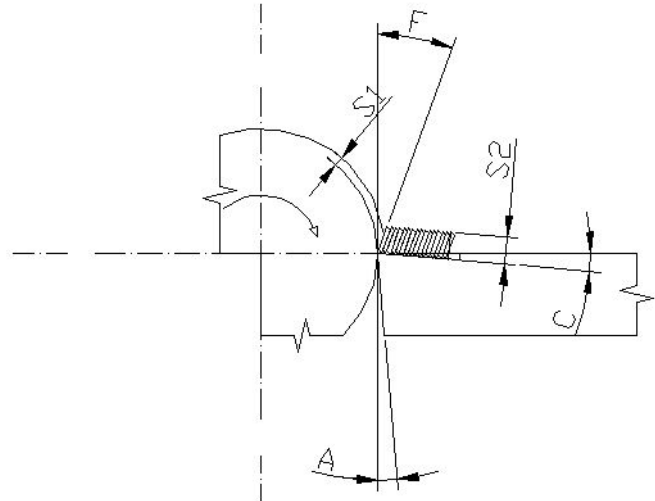
## Tornitura

Le lavorazioni eseguite al tornio sono lavorazioni basate sull'asportazione di truciolo ad opera di un utensile la cui geometria ed il materiale con cui viene realizzato dipendono dal materiale da tornire e dalla lavorazione che deve essere eseguita. Per approfondire il meccanismo di formazione del truciolo vedremo ora un modello basato sul taglio ortogonale ovvero con il tagliente perpendicolare alla velocità di taglio.

Durante la lavorazione l'utensile deforma il materiale del pezzo portandolo a superare il limite di snervamento e trasformandolo in lamine che vengono strappate lungo un piano chiamato piano di scorrimento che costituisce la zona primaria di taglio e che forma con la velocità di taglio un angolo  $F$  detto angolo di scorrimento. Lo snervamento al quale è sottoposto il materiale si nota dalla variazione che subisce lo spessore del materiale prima e dopo la lavorazione ( $S1$  e  $S2$ ). Tale deformazione dipende dall'angolo di scorrimento che a sua volta dipende dalle seguenti variabili:

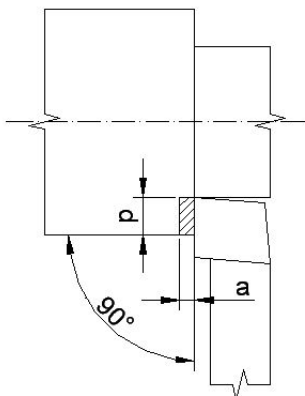
- angolo di spoglia superiore  $C$
- materiale da lavorare
- parametri di lavorazione
- interazione tra truciolo ed utensile

Viene poi detta zona secondaria di taglio la faccia superiore dell'utensile dove avvengono fenomeni come usura, formazione di crateri, ossidazioni e la creazione del cosiddetto "tagliente di riporto" dovuto alla saldatura sull'utensile di parte del materiale asportato al pezzo da tornire. Tale fenomeno modifica la geometria del tagliente peggiorando la finitura del pezzo e causando una rapida usura dell'utensile.

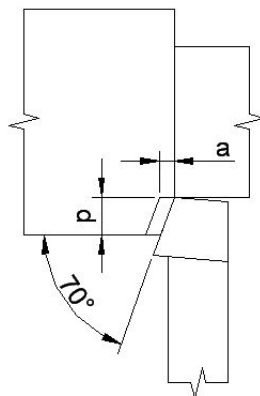


Viene detto angolo di registrazione l'angolo formato dal tagliente principale dell'utensile con la direzione di avanzamento della lavorazione; a seconda di tale angolo possono aversi 2 tipi di taglio:

- taglio ortogonale con angolo di registrazione =  $90^\circ$
- taglio obliquo con angolo di registrazione  $< 90^\circ$



Taglio ortogonale



Taglio obliquo

In particolare con il taglio ortogonale il truciolo tende a rimanere nei pressi della zona di taglio, per questo l'utensile in genere presenta un piccolo gradino sul petto detto rompitrucciolo che evita la formazione di un truciolo ininterrotto.

Un utensile con angolo di spoglia superiore positivo viene in genere utilizzato per materie plastiche e per materiali leggeri; esso garantisce l'aumento dell'angolo di scorrimento, la riduzione della forza di taglio e quindi della potenza assorbita, la riduzione della sezione resistente dell'utensile e la riduzione della formazione del tagliente di riporto.

Un utensile con angolo di spoglia superiore negativo viene invece utilizzato per materiali duri e fragili con fenomeni opposti a quelli appena visti: riduzione dell'angolo di scorrimento, aumento della forza di taglio e della potenza richiesta, aumento della sezione resistente dell'utensile e aumento della formazione del tagliente di riporto.

Durante la lavorazione si ha una notevole formazione di calore che viene in gran parte (70-80%) smaltito con il truciolo; una parte comunque non indifferente (10-20%) causa il riscaldamento dell' utensile e, se la temperatura raggiunge livelli troppo alti, provoca una rapida usura del tagliente. Per questo motivo la velocità di taglio in una particolare lavorazione dipende da quale temperatura viene raggiunta e dalla capacità del materiale di resistere a tale temperatura.

Grazie allo sviluppo dei materiali da taglio è possibile oggi raggiungere velocità di taglio una volta impensabili; le caratteristiche richieste ad un materiale da taglio sono:

- resistenza al logoramento ovvero capacità del tagliente e del fianco della testa dell' utensile di resistere all' usura
- tenacità ovvero resistenza alla rottura
- durezza a caldo ovvero resistenza alle elevate temperature raggiunte durante le lavorazioni; occorre notare che la durezza dei materiali diminuisce al crescere della temperatura quindi il valore della durezza misurato a temperatura ambiente si riduce notevolmente alle temperature raggiunte durante le lavorazioni

Nella tabella seguente possiamo vedere le caratteristiche di durezza, resistenza a flessione e massima temperatura raggiungibile di alcuni materiali con i quali vengono realizzati gli utensili.

<b>Tabella 1:caratteristiche meccaniche dei materiali per utensili</b>			
Materiale	Durezza (HV)	Resistenza a flessione (N/mm <sup>2</sup> )	Temperatura massima raggiungibile (°C)
Acciaio superrapido (HSS)	1000	400	550
Metallo duro (Widia)	1500	150	1300
Ceramica	2500	50	1400
Nitruro cubico di boro (CBN)	4000	50	1500
Diamante policristallino (PCD)	7500	30-40	750

Abbiamo già trattato gli acciai rapidi e e superrapidi in occasione dello studio delle proprietà degli acciai; ripetiamo comunque la classificazione per comodità del lettore:

- acciai rapidi: contenenti C, W, Mo, V (es. X78WV18-1 KU equivalente a HS 18-0-1)
- acciai superrapidi: contenenti C, W, Mo, V, Co (es. X80WCo18-10 KU equivalente a HS 18-0-1-10)

La presenza del cobalto negli acciai superrapidi li rende meno sensibili al rinvenimento e quindi migliora la resistenza alle temperature elevate proprie delle lavorazioni per asportazione di truciolo.

Gli acciai superrapidi sono materiali adatti a lavorazioni a basse velocità di taglio (in confronto ai materiali più moderni) e in lavorazioni nelle quali viene richiesta elevata tenacità; gli utensili sono generalmente realizzati completamente in HSS e sono disponibili sul mercato già sagomati per le differenti lavorazioni (tornitura esterna, tornitura interna, creazione di gole, troncatura, filettatura, ecc.); una volta che gli utensili in HSS hanno perso l'affilatura l'operatore può riaffilarli alla mola. In modo analogo è possibile creare degli utensili sagomati per una particolare lavorazione a partire dalle barrette grezze in HSS disponibili sul mercato.

Con il termine metallo duro o Widia si indica un materiale costituito da particelle dure di carburo di tungsteno (WC) inglobate in una matrice metallica costituita generalmente da cobalto. Il materiale viene prodotto per sinterizzazione, procedimento nella quale le polveri costituenti il materiale vengono mescolate, pressate e riscaldate ad alta temperatura. Il materiale ottenuto non è un vero e proprio metallo ma è formato da carburi legati da un metallo. Oltre al carburo di tungsteno vengono utilizzati il carburo di titanio (TiC), il carburo di niobio (NbC) e il carburo di tantalio (TaC).

Gli utensili per tornitura in metallo duro sono generalmente costituiti da un postautensile in acciaio al quale viene fissato meccanicamente l'inserto in metallo duro; occorre notare che per un particolare inserto standardizzato esistono uno o più portautensili di diversa forma che permettono di effettuare le varie lavorazioni possibili.

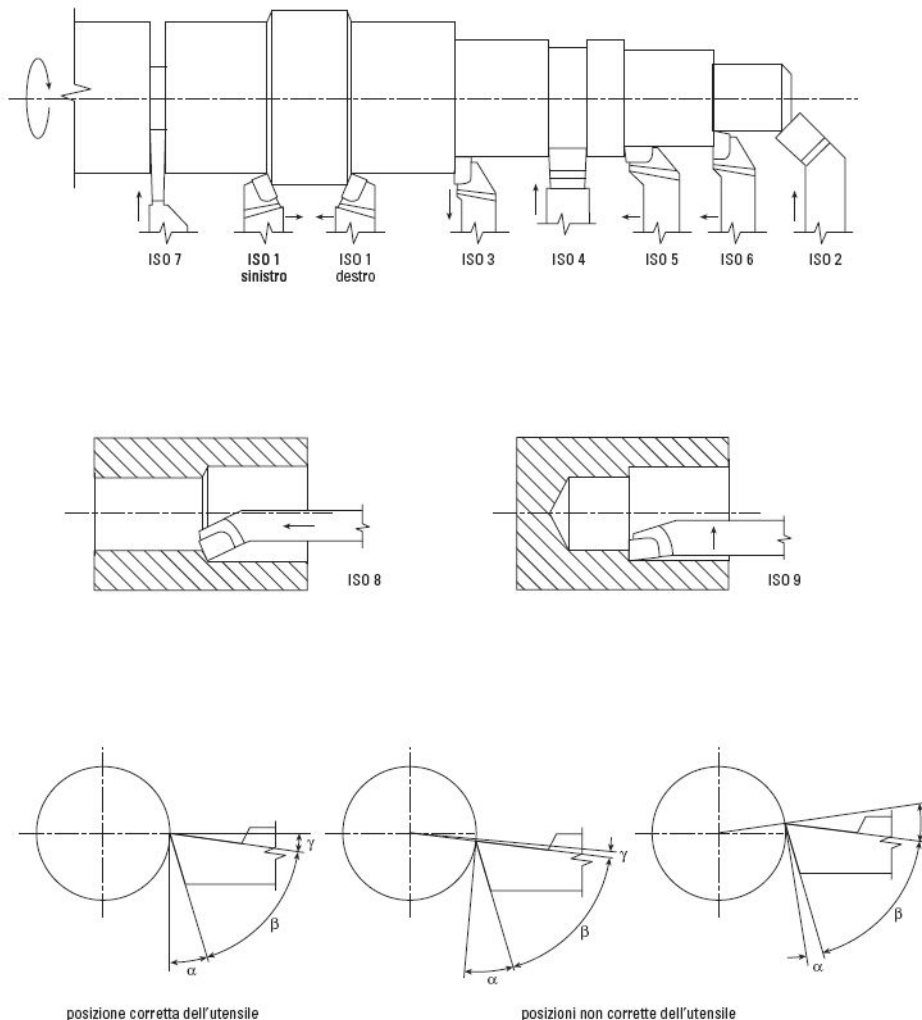
La geometria degli inserti è particolarmente sofisticata e presenta raggi di raccordo molto precisi, rompitruciolo a più gradini, ecc.; tale geometria complessa rende praticamente impossibile riaffilare gli inserti una volta che questi hanno perso il taglio.

Un'alternativa sono in commercio degli utensili che hanno la placchetta in metallo duro saldobrasata allo stelo in acciaio; tali utensili sono più economici rispetto ai precedenti e riaffilabili alla mola che comunque deve essere di tipo specifico in carburo di silicio (le mole adatte per l'HSS non sono adatte per il metallo duro e viceversa).

A seconda dell'utilizzo al quale sono destinati i metalli duri sono definiti da una sigla composta da una lettera e da due numeri; ad esempio K01 indica un metallo duro destinato ad essere utilizzato su materiali che provocano grande logoramento (K) per operazioni di finitura (01). Per approfondire la classificazione dei metalli duri fare riferimento alla normativa UNI ISO 513.

Altri materiali per la realizzazione degli inserti sono il Cermet (carburo di titanio in matrice di nickel), il nitruro cubico di boro (CBN) ed il diamante policristallino (PCD); la messa a punto di tali materiali ha permesso sia di aumentare notevolmente la velocità di lavorazione sia di poter lavorare per asportazione di truciolo materiali che in passato non era possibile lavorare in questo modo.

Nella figura seguente sono indicati gli utensili da utilizzare nelle diverse lavorazioni al tornio ed il posizionamento corretto dell'utensile rispetto al pezzo in lavorazione



Nella tabella a pagina seguente sono riportate i vari utensili da tornio in funzione della lavorazione da effettuare; come si può vedere oltre alla specifiche UNI sono indicate anche le specifiche ISO e DIN.

<b>Tabella 2: utensili per tornitura</b>			
ISO	UNI	DIN	Utilizzo
1	4102	4971	Utensili diritti (con senso di taglio destro e sinistro) per passata
2	4103	4972	Utensili piegati (a destra e a sinistra) per passata
3	4106	4978	Utensili piegati (a destra e a sinistra) per finitura
4	4107	4976	Utensili frontali a testa larga
5	4108	4977	Utensili piegati (a destra e a sinistra) per sfacciatura
6	4104	4980	Utensili piegati (a destra e a sinistra) per spallamenti retti
7	4109	4981	Utensili piegati (destri e sinistri) per troncatura
8	4110	4973	Utensili piegati per passata fori passanti
9	4111	4974	Utensili piegati per sfacciatura interna e fori ciechi
10	4105	4975	Utensili diritti per finitura
11		263	Utensili per scanalature interne
12		282	Utensili per filettature esterne
13		283	Utensili per filettature interne

Vediamo ora alcuni accorgimenti per calcolare i valori da impostare per calcolare gli avanzamenti, la velocità di taglio e il numero di giri da impostare sulla macchina.

La tabella seguente viene utilizzata per calcolare il valore degli avanzamenti in funzione della lavorazione, della profondità di passata e del diametro del pezzo in lavorazione

<b>Tabella 3: Valori indicativi da adottare per gli avanzamenti (mm/giro)</b>					
Lavorazione	Profondità di passata (mm)	Diametri			
		<30	30-100	100-300	>300
Tornitura esterna	>4	0,25	0,35	0,5	0,7
	0,5-4	0,2	0,3	0,4	0,6
	<0,5	0,1	0,15	0,2	0,25
Tornitura interna	>3	0,2	0,25	0,35	0,5
	0,5-3	0,15	0,25	0,35	0,4
	<0,5	0,05	0,1	0,2	0,2
Attestatura	>0,5	0,1	0,2	0,4	0,5
	<0,5	0,05	0,1	0,2	0,3
Taglio		0,03	0,05	0,08	0,1
Gole		0,03	0,05	0,08	0,1

Una volta calcolato il valore dell'avanzamento è possibile ricavare il valore della velocità di taglio dalla tabella seguente; come si può vedere è necessario conoscere il tipo di materiale e la sezione del truciolo (q) che è data dal prodotto della profondità di passata per l'avanzamento

$$q=p \cdot a$$

<b>Tabella 4: velocità di taglio (<math>v_t</math>) indicativa per utensili in carburo sinterizzato (m/min)</b>				
Materiale	Sezione del truciolo (mm <sup>2</sup> )			
	<0,2	0,2-1	1-3	3-6
Acciaio $R_m < 500$	200	180	140	120
Acciaio $500 < R_m < 800$	150	130	110	90
Acciaio $R_m > 800$	120	110	100	80
Ghisa HB < 150	160	130	100	80
Ghisa HB > 150	120	100	75	65
Bronzo e ottone	400	300	220	150
Leghe leggere	600	400	300	200

Nota: per utensili in HSS ridurre tali valori del 60%, per utensili in materiale ceramico assumere valori tripli

Una volta ricavato il valore della velocità di taglio è possibile calcolare il numero di giri da impostare sulla macchina con la formula

$$n = \frac{v_t \cdot 1000}{\pi D} \text{ [giri/min]}$$

dove D è il valore medio compreso tra il diametro iniziale ( $D_i$ ) e il diametro finale di lavorazione ( $D_f$ ).

Esercizio n°1: si richiede di ridurre il diametro di un tondo di acciaio C30 ( $R_m = 600 \text{ N/mm}^2$ ) dal diametro  $\varnothing 50$  al diametro  $\varnothing 40$ . Calcolare avanzamento, velocità di taglio e numero di giri ipotizzando di utilizzare un utensile in carburo sinterizzato.

Calcoliamo il diametro medio del pezzo durante la lavorazione

$$D = \frac{D_i + D_f}{2} = \frac{50 + 40}{2} = 45 \text{ mm}$$

impostando una profondità di passata  $p = 2 \text{ mm}$  dalla tabella 3 ottengo un avanzamento  $a = 0,3 \text{ mm/giro}$

Dal prodotto profondità di passata per avanzamento ottengo la sezione del truciolo

$$q = p \cdot a = (2 \cdot 0,3) \text{ mm}^2 = 0,6 \text{ mm}^2$$

Poichè l'acciaio utilizzato ha un valore del carico unitario di rottura  $R_m$  compreso tra 500 e 800  $\text{N/mm}^2$  dalla tabella 4 ottengo  $v_t = 130 \text{ m/min}$  che inserito nella formula seguente mi permette di calcolare il numero di giri da impostare durante la tornitura

$$n = \frac{v_t \cdot 1000}{\pi D} = \frac{130 \cdot 1000}{\pi \cdot 45} = 915,5 \text{ giri /min}$$