



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1175

DATA: 22/10/2014

APPUNTI

STUDENTE: Vargiu

MATERIA: Tecnologia Meccanica + Temi + Eserc.

Prof. Atzeni_Salmi

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

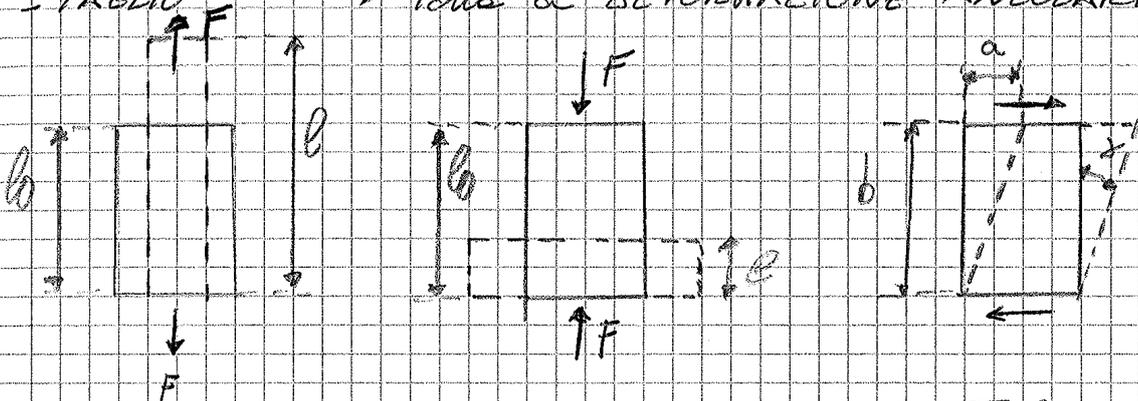
ATZENI

RICHIAMI SULLE PROPRIETA DEI MATERIALI

Proprietà dei materiali:

Ci sono due possibili deformazioni a seconda della sollecitazione che subisce il materiale, queste possono essere:

- TRAZIONE
 - COMPRESSIONE
- } → Portano a DEFORMAZIONE LINEARE
- TAGLIO
- Porta a DEFORMAZIONE ANGOLARE



Trazione

def. lineare $\Rightarrow e = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$

Compressione

Taglio

def. angolare $\Rightarrow \gamma = \frac{a}{b}$

La deformazione lineare può essere di due tipi:

- = deformazione NOMINALE (e), fa riferimento alle dimensioni nominali del pezzo ed tiene conto di una semplificazione molto importante, ovvero che la deformazione sia UNIFORME, cioè che avvenga a volume costante ($A_0 \cdot l_0 = A \cdot l$) e ciò è valido solo e solo in campo ~~elastico~~ elastico;
- = deformazione REALE (o LOGARITMICA), si calcola invece come $E = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right)$ ed è la vera deformazione che si ha.

Esempio: Nel caso si comprime un pezzo da l_0 a $l_f = 0$ si ha, per i due casi:

$$e = \frac{0 - l_0}{l_0} = -\frac{l_0}{l_0} = -1 = -100\%$$

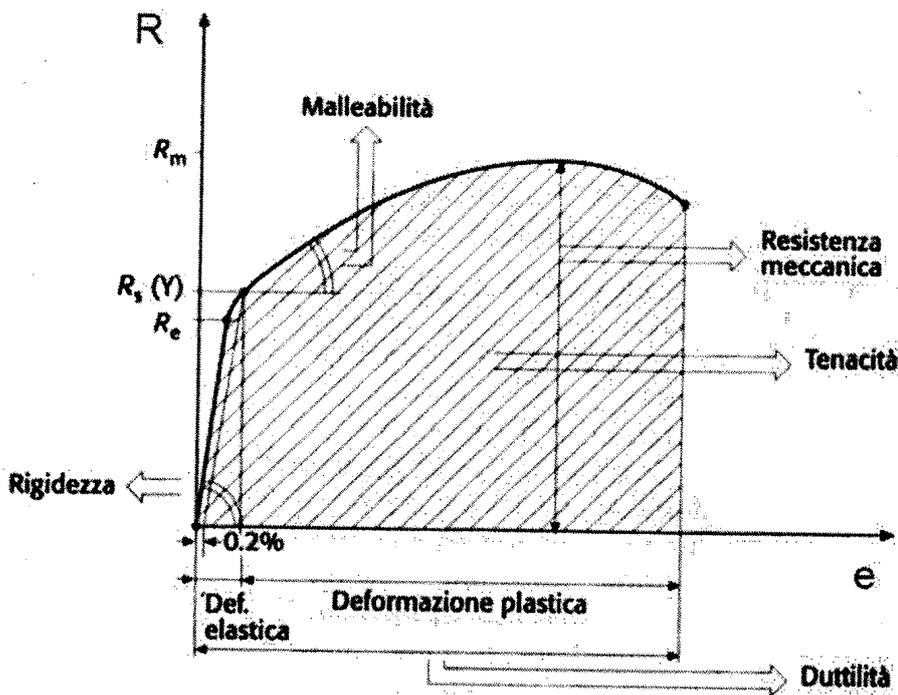
$$E = \ln\left(\frac{0}{l_0}\right) = -\infty$$

Quindi lo sforzo NOMINALE, essendo una semplificazione, non può tener conto del fenomeno della STRICAZIONE che si ha in trazione.

materiali isotropi (ovvero materiali che hanno le stesse caratteristiche in tutte le direzioni):

$$E = 2G(1 + \nu)$$

- Tramite i grafici ottenuti dalle prove di trazione è possibile calcolare le grandezze più importanti per i materiali



NB: La curva sforzo vero (σ) - deformazione vera (ϵ) si può ottenere collegando la curva sforzo-deformazione ($S-e$), dove $\sigma = F/A$ e $\epsilon = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0} = \epsilon$

La curva ottenuta può essere approssimata dall'EQUAZIONE DI HOLLONON: $\sigma = K \cdot \epsilon^n$ dove K è il coefficiente di sforzo ed n l'esponente di incrudimento.

L'equazione può essere scritta come: $\log \sigma = \log K + n \log \epsilon$ ottenendo così, su un grafico doppio logaritmico ($\log \sigma - \log \epsilon$) una retta, dove n ne rappresenta il coefficiente angolare. Per:

- $n=0$, si ha comportamento rigido perfettamente plastico;
- $0 < n < 1$, si ha un comportamento intermedio
- $n=1$, comportamento perfettamente elastico.

PROVE DI DUREZZA:

La durezza è una caratteristica molto importante ed è definita come la resistenza alle deformazioni permanenti.

Questa grandezza è un importante indicatore per l'usura di un materiale, in quanto più un materiale è duro e più sarà resistente all'usura.

Le prove di durezza determinano la resistenza offerta da un materiale a lacerazioni penetrare da un altro.

Esistono diverse scale per misurare la durezza dei materiali e le più usate sono:

- Brinell;
- Vickers;
- Knoop;
- Rockwell.

Prove di durezza

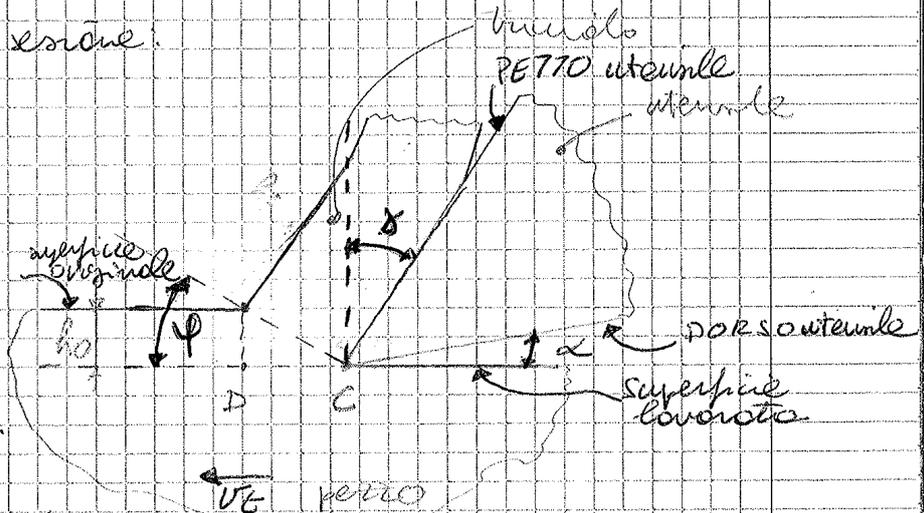
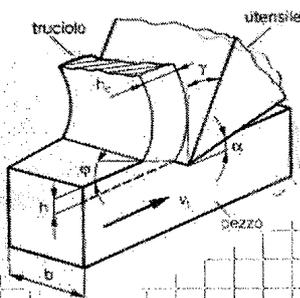
Prova	Indentatore	Forma dell'impronta		Carico, P	Valore di durezza
		Vista laterale	Vista dall'alto		
Brinell	Sfera in carburo di tungsteno del diametro di 10mm			500 kg 1500 kg 3000 kg	$HB = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers	Piramide di diamante			1-120 kg	$HV = \frac{1.854P}{L^2}$
Knoop	Piramide di diamante			25 g-5 kg	$HK = \frac{14.2P}{L^2}$
Rockwell					
A } C } D }	Cono di diamante			60 kg 150 kg 100 kg	HRA } HRC } HRD } = 100 - 500f
B } F } G }	1/16 - in. Diametro della sfera di acciaio			100 kg 60 kg 150 kg	HRB } HRF } HRG } = 130 - 500f
E	1/8 - in. Diametro della sfera di acciaio			100 kg	HRE }

cioè, localmente, il materiale si deforma con valori molto elevati. → I grani, infatti, si deformano a corso delle terminazioni di taglio, quindi si allungano e si dispongono lungo una direzione. Infatti, a microscopio, è proprio nella zona di scorrimento e l'inizio di formazione del truciolo.

• TEORIA DEL TAGLIO ORTOGONALE LIBERO:

È una semplificazione della teoria del taglio e viene detto "ortogonale", in quanto lo spigolo tagliente (cioè lo spigolo che sta apportando materiale) è perpendicolare alla direzione di taglio; mentre "libero" sta per il fatto che la lunghezza dell'utensile è maggiore della lunghezza del pezzo.

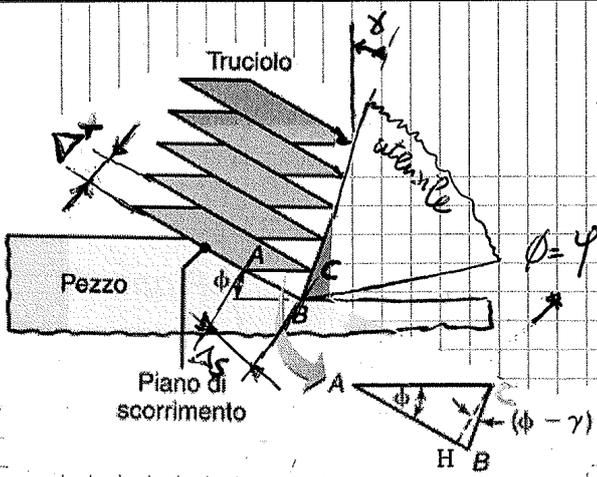
Possiamo ricondurci a un modello bidimensionale dello schema di taglio facendo una sezione:



Si possono definire i vari parametri:

- il "PETTO" dell'utensile (parte su cui scorre il truciolo) è individuato dall'angolo γ ;
- γ è detto "ANGOLO DI SPOGLIA PRINCIPALE";
- il "DORSO" dell'utensile è individuato dall'angolo α ;
- α è detto "ANGOLO DI SPOGLIA DORSALE";
- φ è l'"ANGOLO DI SCORRIMENTO", e individua l'inizio di formazione del truciolo;
- h_0 è lo "SPESSORE DEL TRUCIOLO INDEFORMATO", ed è la distanza tra la superficie lavorata e la superficie originale;
- h_1 è lo "SPESSORE DEL TRUCIOLO", viene misurato sul petto del tagliente;

NB! Per quanto detto prima sulla deformazione plastica, vuol dire che si avrà sempre $h_1 > h_0$; si può quindi definire un



Sarà quindi:

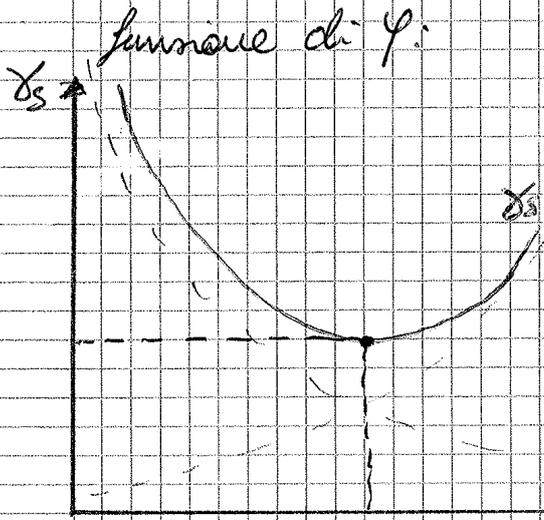
$$\Rightarrow \delta_s = \frac{\Delta s}{\Delta x} = \frac{AB}{CH} = \frac{AH + HB}{CH} =$$

$$= \frac{CH \cdot \cotg \varphi + \cancel{CH} \cdot \tan(\varphi - \xi)}{\cancel{CH}} \Rightarrow$$

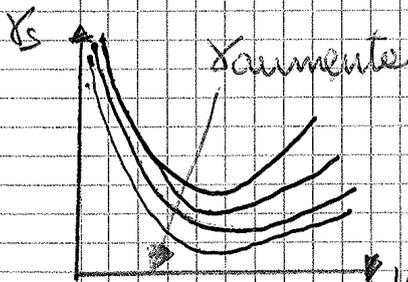
$$\Rightarrow \delta_s = \cotg \varphi + \tan(\varphi - \xi)$$

↓ deformazione di taglio

Ora, per semplicità considero $\xi = 0$, per decomporre δ_s in



$\cotg \varphi$ → come si vede c'è un minimo per un preciso valore di φ fino a questo valore all'aumentare di φ , δ_s si riduce, e quindi anche lo spessore del truciolo si riduce.



Se invece si fa variare ξ e non lo si considera uguale a zero o comunque diverso come al variare di φ , e si nota che aumentando ξ si riduce δ_s .

Ma quanto vale il minimo?

Devo derivare δ_s in funzione di φ :

$$\frac{\partial \delta_s}{\partial \varphi} = 0 \Rightarrow \frac{\partial (\cotg \varphi + \tan(\varphi - \xi))}{\partial \varphi} = -\frac{1}{\sin^2 \varphi} + \frac{1}{\cos^2(\varphi - \xi)} = 0$$

$$\Rightarrow \sin^2 \varphi = \cos^2(\varphi - \xi) \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2} - (\varphi - \xi) \Rightarrow 2\varphi - \xi = \frac{\pi}{2}$$

NB: Questo risultato deriva da un'analisi tecnica del modello ideale di Pijsanen, non è quindi reale.

$$\Rightarrow \text{infatti considerando } \xi = 0 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{4} \Rightarrow \tau_c = \frac{\sin(\frac{\pi}{4})}{\cos(\frac{\pi}{4} - 0)} = 1 \Rightarrow h_0 = h_s$$

→ risultato impossibile in quanto $h_s > h_0$

sempre → ciò vuol dire che questo modello ideale non tiene conto dell'attutito.

Quindi risulta: $\left| \frac{h_0}{h_L} = \frac{VF}{VE} = r_c \right|$

Inoltre prima avevo trovato: $\frac{VF}{\cos(\gamma-\alpha)} = \frac{VF}{\sin\phi} \Rightarrow \frac{VF}{VE} = \frac{\sin\phi}{\cos(\gamma-\alpha)}$

\Rightarrow Ho dimostrato quindi che $r_c = \frac{\sin\phi}{\cos(\gamma-\alpha)}$

• **FORZE DI TAGLIO:**

Queste forze occorrono per poter individuare la potenza richiesta per togliere il pezzo. Ci sono 3 direzioni di scomposizione.

Lungo la direzione \perp e \parallel alla velocità di taglio abbiamo la F_c (FORZA DI TAGLIO), responsabile dell'apertura del truciolo, e la F_n (FORZA NORMALE), che allontana l'utensile dal pezzo riducendo l'altezza del truciolo indeformato h_0 .

Si ha quindi $R = \sqrt{F_n^2 + F_c^2}$

Considerando invece le direzioni \perp e \parallel al pezzo (o al petto del tagliente), R si

può di nuovo scomporre in una F_t (F) e una F_n (N).

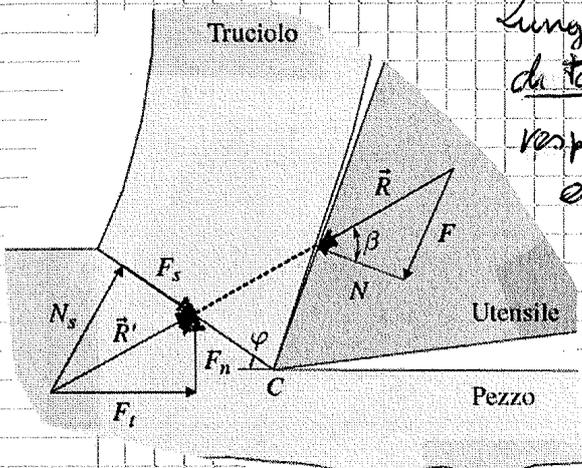
La prima, F_t , si sviluppa a causa dello strisciamento del truciolo sul tagliente (forza di attrito), mentre N è la pressione che esercita il truciolo sul tagliente. [Dal disegno si nota anche che $\tan\beta = F/N$, dove β è l'angolo di attrito]

Lungo, invece, le direzioni \perp e \parallel al piano di scorrimento si ha F_s (\parallel) che causa lo scorrimento del materiale ed è quindi la responsabile della formazione del truciolo, ed N_s (\perp) perpendicolare al piano di scorrimento.

F_s è una forza importante in quanto individua le tensioni tangenziali agenti: $[F_s = \tau_s \cdot A_s]$, dove A_s è la sezione del materiale nel piano di scorrimento.

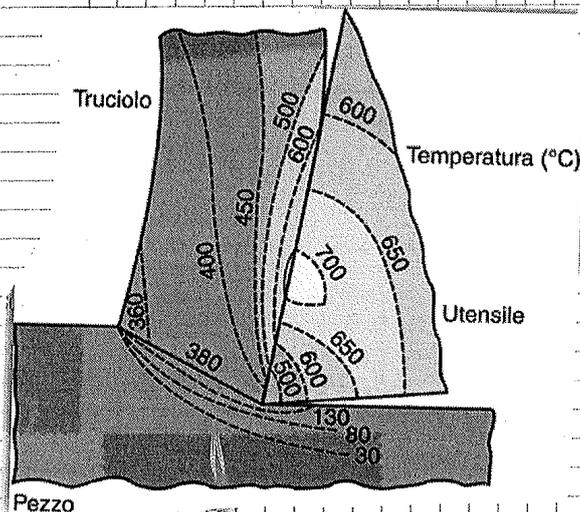
• **CERCHIO DI MERCHAND:**

Il cerchio di Merchant serve per legare tutte le forze infatti considerando la risultante R applicata sulla punta del tagliente, si può creare un cerchio di diametro R in cui si possono trovare tutte le relazioni tra le forze.



• **DISTRIBUZIONE DEL CALORE:**

Il processo di taglio genera calore, generato proprio dalla deformazione e dallo strisciamento del materiale sul petto dell'utensile. In parte questo calore si disperde nell'ambiente, ~~che~~ per la maggiore parte (circa 80%) viene portato via dal truciolo. Invece circa il 10-15% viene portato via dall'utensile, che subisce quindi una parte dell'abrasione termica. Il restante (5-10%) si disperde lungo il pezzo, per cui anche il pezzo subisce una deformazione termica, ma le temperature che agiscono solo sul pezzo non sono elevate e quindi non lo danneggiano.



⇒ Distribuzione delle T che agiscono in truciolo, utensile e pezzo. Mediamente le T nel pezzo lavorato non superano i 130°, mentre l'utensile invece subisce parti T anche di 700°C.

NB: Inoltre il calore varia a seconda della velocità di taglio. Se v_c aumenta il calore avrà meno tempo

per disperdersi e quindi verrà portato via in maggior parte dal truciolo. Viceversa se rallento la v_c il calore si disperderà più sul pezzo e nell'utensile.

La maggior parte del calore è a ridosso dell'utensile, sul pezzo sono invece concentrate sullo spigolo del tagliente, mentre l'utensile è quello che subisce T più alte e più o meno a metà della lunghezza di contatto si ha il picco di T. Questo può quindi portare a una rapida usura dell'utensile.

• **ENERGIA SPECIFICA:**

L'energia specifica, definita come $u = E/V$ [$J/mm^3 = \frac{W/s}{mm^3}$] è l'energia necessaria per asportare un mm^3 di materiale.

• METODO DEL K_s :

Tutte le considerazioni prima si basano su un modello semplificato dove il piano di scorrimento è lungo una precisa direzione. In realtà lo scorrimento non avviene lungo un piano netto, ma in una "zona" dove piano piano il truciolo si deforma. Ci sono infatti 3 zone di deformazione, per cui il problema è molto più complesso.

È stato, però, sviluppato un metodo empirico per la valutazione delle forze detto "metodo del K_s ".

Secondo questo metodo la F_t è proporzionale allo spessore del truciolo indeformato tramite una costante " K_s " detta "pressione specifica di taglio": $F_t = K_s \cdot A_0 \Rightarrow K_s = \frac{F_t}{A_0} \left[\frac{N}{mm^2} = MPa \right]$ e si misura infatti in $[MPa]$.

Inoltre anche K_s risulta funzione di h_0 (spessore truciolo indeformato) secondo la legge: $K_s = K_{s0} \cdot h_0^{-z}$ dove K_{s0} e z sono due costanti ricavate sperimentalmente.

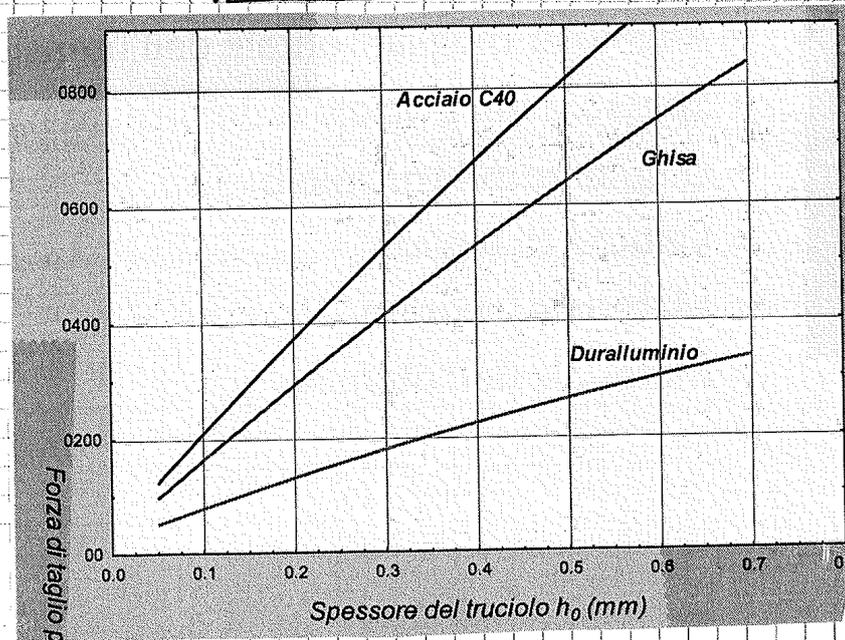
$K_{s0} = f(\text{materiale, angoli di taglio, velocità di taglio, materiali})$

$z = f(\text{materiale})$

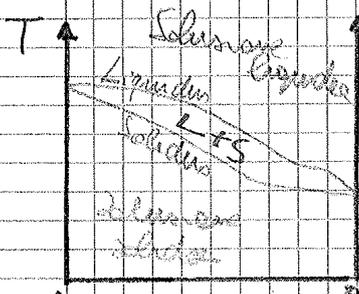
Con questo metodo la forza di taglio è data quindi da:

$$F_t = K_s \cdot A_0 = K_{s0} \cdot h_0^{-z} \cdot h_0 \cdot b = K_{s0} \cdot h_0^{1-z} \cdot b = F_t$$

Conoscendo la F_t posso poi determinare la potenza necessaria all'operazione: $P_t = F_t \cdot v_t$



• SOLIDIFICAZIONE DELLE LEGHE:



Invece dei metalli puri si utilizzano delle leghe. Il problema delle leghe però è che solidificano in un certo intervallo (nell'grafico la zona S+L).

Leghe molto importanti sono le ghise, che hanno max % di C di 6,67% ma di solito la percentuale di C varia tra 4,5 ÷ 6,67%, e gli acciai, che hanno carbonio fino a 2,11% (ghise e acciai sono entrambe leghe Fe-C).

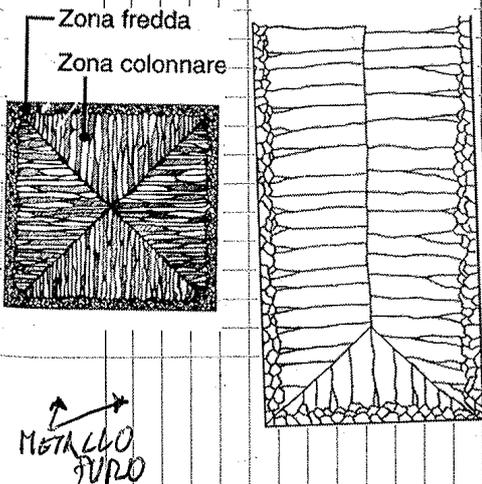
Il problema delle leghe è che, poiché nella pratica di fonderia il raffreddamento, e quindi il passaggio liquido-solido, non avviene lentamente ma avviene molto rapidamente, per cui il risultato è che la composizione finale del materiale ottenuto non è omogenea (infatti solo se la trasformazione avviene molto lentamente la composizione dello stato liquido sarà uguale a quella dello stato solido).

• STRUTTURE ALLA SOLIDIFICAZIONE

La struttura alla solidificazione dipende:

- dalla composizione chimica del metallo,
- dal punto del metallo all'interno della forma (in quanto la distribuzione di T all'interno della forma non è omogenea)
- dallo scambio termico.

→ Per questi motivi si avrà una differenza tra la zona a contatto con le pareti e la zona più interna della forma.



Consideriamo prima il caso di un METALLO PURO: come si vede a sinistra, nella zona a contatto con le pareti si sono formati equiaxiali con dimensione ridotta. Questo accade perché c'è un'elevato ΔT e un elevato scambio termico tra il metallo fuso e la parete (la parete è infatti a T molto inferiore poiché, di solito, la T forma è pari alla T ambiente).

che l'estendersi di queste strutture dendritiche determinino zone in cui non può più fluire il liquido e, quindi, si andranno a generare all'interno del getto delle porosità, cioè dei difetti che comprometteranno le caratteristiche strutturali del getto stesso.

• VELOCITÀ DI RAFFREDDAMENTO:

$\sim 10^2$ K/s: una velocità di raffreddamento BASSA che danno luogo a lunghi tempi di solidificazione. Quindi le strutture dendritiche saranno molto estese e grossolane e ciò influenzerà negativamente le caratteristiche dell'oggetto.

L'oggetto potrà risultare anche non direttamente utilizzabile ma si dovranno effettuare dei trattamenti termici.

$\sim 10^4$ K/s [Kelvin/secondi]: una velocità di raffreddamento elevata, quindi i tempi di solidificazione saranno ridotti e otterrò strutture più fini con piccoli spazi tra le dendriti.

Ha migliori caratteristiche meccaniche.

$\sim 10^6 \div 10^8$ K/s: velocità elevatissime che non permettono il formarsi di strutture cristalline (gli atomi non hanno tempo di "sistemarsi") per cui danno luogo a strutture AMORFE.

NB: La velocità di raffreddamento è influenzata anche dal tipo di materiale usato per la punta.

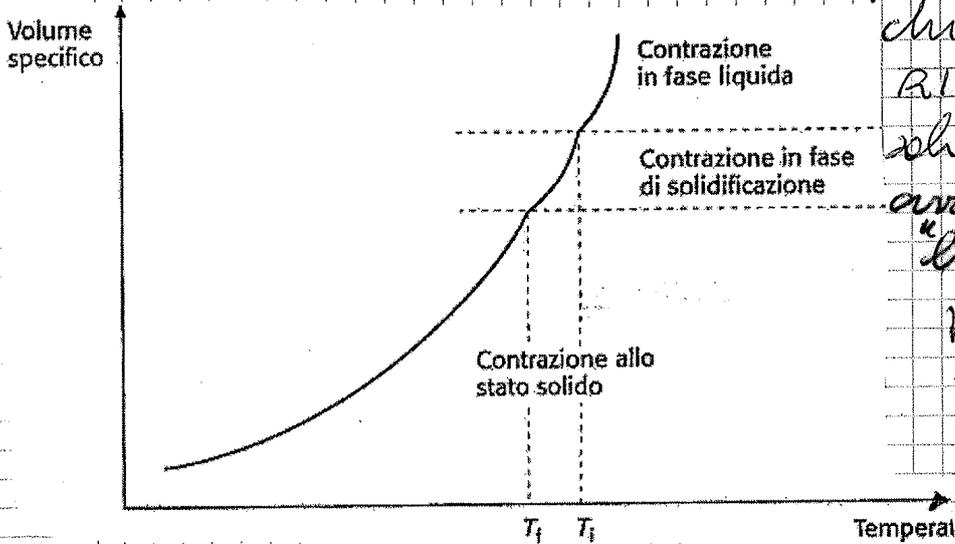
• MICROSEGREGAZIONE e MACROSEGREGAZIONE:

A corso, per esempio, di velocità di raffreddamento elevate la struttura delle dendriti può non essere uniforme, e quindi la composizione chimica sulla "superficie" della dendrite risulterà diversa dalla composizione dell'"cuore" della dendrite.

Questo fenomeno è chiamato MICROSEGREGAZIONE, ed è il fenomeno per cui la composizione all'interno della dendrite non è uniforme (a velocità elevate).
 Un altro fenomeno simile è la MACROSEGREGAZIONE, che porta invece a una differenza di composizione chimica all'interno del getto. Ovvero i costituenti a più basso punto di fusione si concentreranno nel centro del getto (cioè nel centro della punta).

Tutte queste contrazioni, dovute all'abbassamento di T ,

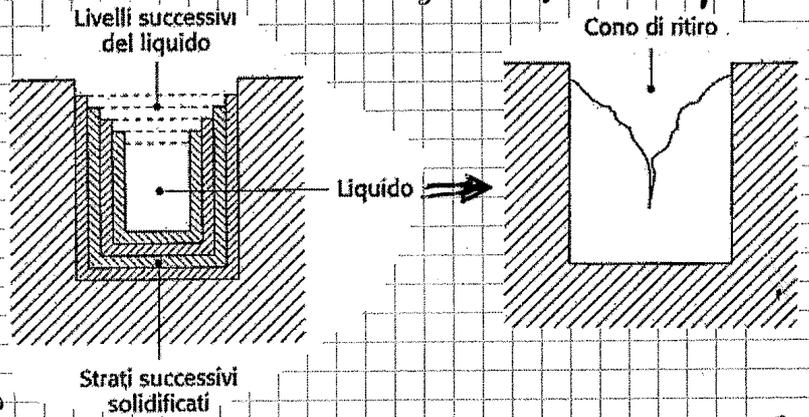
porteranno a un difetto chiamato CONO DI RITIRO, ovvero la riduzione del getto avviene secondo dei "livelli". Un arco un primo livello con struttura equomorfa e via via sempre peggio la compressione.



Questo come di vetro

non deve essere presente all'interno del getto perché porta a dei difetti. Dovrà

utilizzare degli elementi affinché il cono si manifesti al di fuori della parte critica del getto. Ci sono quindi due metodi che permettono di evitarlo:

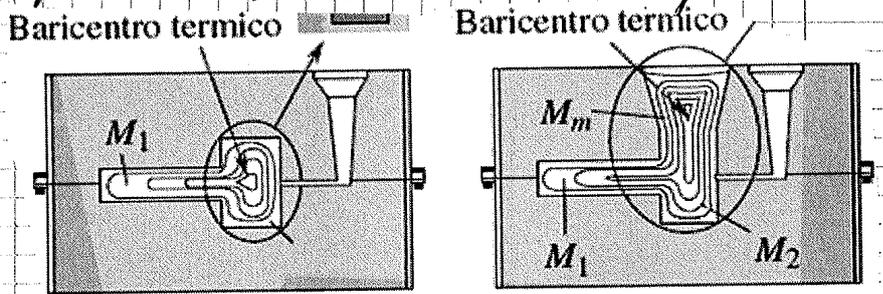


1 - **SOVRADIMENSIONAMENTO DEL MODELLO**, per compensare la contrazione volumetrica che il getto subisce durante il raffreddamento dopo l'avvenuta solidificazione, si utilizza la carta relativa all'oggetto (primo) di dimensioni aumentate di una quantità pari al ritiro previsto;

2 - **utilizzo di MATEROZZE**, per compensare la variazione di volume che avviene prima della completa solidificazione, è necessario provvedere ad un'alimentazione del getto con ulteriore metallo fuso al fine di evitare cavità che si formerebbero all'interno del getto in corrispondenza di quelle parti che solidificano per ultime. Quindi le materozze sono dei "serbatoi", delle "appendici" che servono a fornire il liquido in più al getto per contrastare la contrazione, e sono quegli elementi in cui si deve formare il cono di ritiro, in quanto vengono eliminate a fine colata.

Per essere sicuri che la solidificazione avvenga lungo la direzione scelta, occorre che $\pi_2 = \pi_1 + 10\% \pi_1 = 1,1 \pi_1$.
 Di conseguenza $\pi_3 = 1,1 \pi_2$ e $\pi_4 = 1,1 \pi_3$.

Nel caso della materozza, invece, per essere sicuri, il modulo della materozza deve essere almeno il 20% superiore al modulo dell'elemento a cui è attaccato. Quindi $\pi_m \geq 1,2 \pi_4$.
 → senso la materozza il baricentro termico starebbe (per convenzione) al centro del peso e ciò causerebbe delle cavità di ritiro che determinerebbero un elevato porosità del peso. Inserendo una materozza il baricentro termico si sposta (poiché abbiamo inserito un grande volume aggiuntivo di materiale caldo) e così il peso non presenterà cavità, in quanto il cono di ritiro si manifesterà all'interno della materozza. La materozza verrà poi rimossa mediante un'operazione di taglio.



(a) Senza materozza

(b) Con materozza

• RAGGIO D'INFLUENZA:

Ogni materozza ha un certo raggio d'influenza, non è in grado di

proteggere un peso di qualsiasi ~~dimensione~~

dimensione. Per cui nei pesi di grandi dimensioni si inseriscono anche più di una materozza.

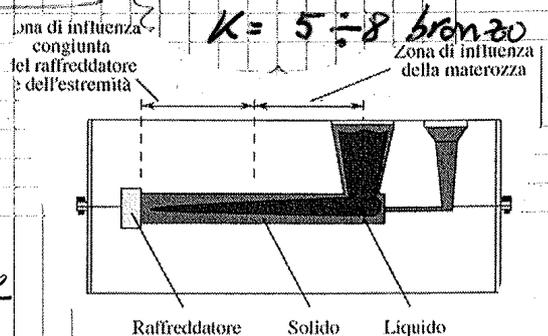
→ Il raggio d'influenza si identifica tramite una formula ricavata sperimentalmente: $R = K \cdot S$, dove R è il raggio d'influenza, S è lo spessore e K è un parametro che dipende dal materiale del peso (≠ dal K ricavato da Chvorinov).

Si può calcolare l'effetto d'estremità, che risulta pari a: $\text{effetto estremità} = 2,5 \cdot S$

- Volentieri di K:
- K = 3,5 ÷ 5 acciaio
- K = 5 ghisa
- K = 5 ÷ 8 bronzo

Inoltre è possibile aumentare la zona protetta dalla materozza utilizzando dei RAFFREDDATORI

ESTERNI che raffreddano la zona. Infatti, senza raffreddatori, al centro si verrebbero dei difetti, in quanto nelle zone centrali il liquido solidifica dopo.



• **DIMENSIONAMENTO MATEROZZA**

Il volume del cono di ritiro si può scrivere tramite due espressioni. V_r = volume cono di ritiro; V_p = volume praso
 V_m = Volume materozza; b = coefficiente di ritiro volumetrico

K = costante \rightarrow 0,14 in materozza cielo aperto
 0,20 in materozza uccia.

(1) $V_r = \frac{b}{100} \cdot (V_p + V_m)$ (2) $V_r = K \cdot V_m$

\Rightarrow Uguagliando (1) e (2) si ottiene il volume della materozza.

$$\left(\frac{b}{100}\right) \cdot V_p + \left(\frac{b}{100}\right) \cdot V_m = K V_m \Rightarrow V_m = V_p \cdot \frac{b/100}{K - b/100}$$

Trovato V_m bisogna verificare che

$V_m \geq 20\%$ del componente a cui sto aggiungendo la materozza.
 Se con il volume ottenuto ciò non è verificato, allora devo aumentare il volume della materozza \rightarrow quindi V_m è il volume minimo.

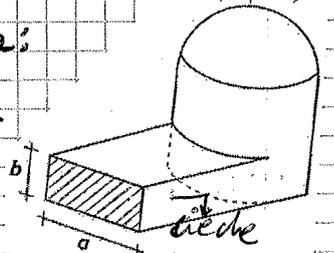
\Rightarrow Infine bisogna collegare la materozza al getto. Viene collegata tramite un collare (per poi poterla rimuovere facilmente).

Il collare non deve rappresentare una "strozzatura" in che se le dimensioni del collare non sono adeguate si rischia che il collare si sdipichi, quindi bisogna dimensionare il collare, e ciò si fa in base alla tipologia di materozza:

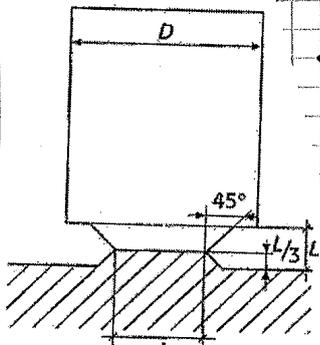
- per materozze uccie x la:
- per materozze a uccia aperto:

$$M_{\text{collare}} = \frac{a \cdot b}{2(a + b)}$$

Materiale	d	L
Acciaio	0.40 D	0.14-0.18 D
Chisa	0.66 D	0.14-0.18 D
Leghe di rame	0.66 D	0.25 D
Leghe leggere	0.75 D	0.18 D



uccia aperto \leftarrow



Bisogna quindi dimensionare il collare in modo che abbia una dimensione minima, utile per ridurre i costi e in modo che

impatti in modo minore sul peso una volta finito il processo. \Rightarrow NB. Infatti le materozze, spesso, si pongono nelle zone che più stanno successivamente lavorate, con quella zona non influire sul peso finito. Come per le materozze esistono strumenti per calcolare i collari e ridurre le dimensioni.

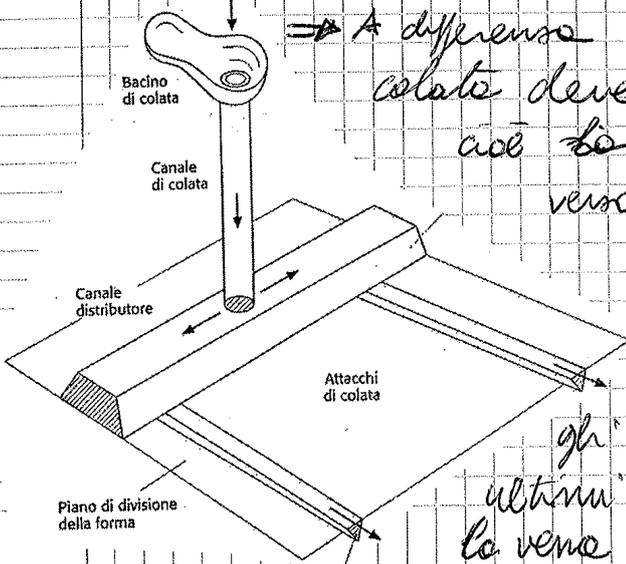
• SISTEMA DI COLATA

È quell'insieme di condizioni che permettono alla colata di riempire la forma.

Si vuole molta esperienza per progettare sistemi di colata ma si utilizzano anche strumenti di simulazione.

Requisiti di un sistema di colata:

- ① la prima deve essere riempita rapidamente prima che inizi la solidificazione di una parte del getto all'interno della forma; così si ottiene una solidificazione omogenea;
- ② evitare parti rebata e turbolenze della corrente fluida all'interno del canale stesso → se si utilizzano velocità eccessive il metallo fluido erode le pareti del canale creando problemi, in quanto si modifica la forma del canale e si riduce la capacità del filtro di porosità motenole e quindi di eliminare le scorie; le turbolenze invece possono causare degli intrappolamenti d'aria nella vena fluida creando il rischio d'ossidazione;
- ③ è necessario che le scorie non penetrino all'interno del getto. Le scorie derivano dal processo a monte e per questo si sono i filtri. Di solito sono filtri ceramici e si posizionano nel bacino di colata e alla fine della colata, e servono per eliminare scorie via via inferiori;
- ④ il gradiente termico presente nella forma deve essere il più adatto possibile alla corretta solidificazione desiderata;
- ⑤ deve riempire tutto il getto e in modo che questo solidifichi ad altezza costante nella forma.



→ A differenza delle figure, il canale di colata deve avere una forma rastremata cioè la sezione si deve ridurre progressivamente verso il basso. Questa forma permette di evitare che ci siano risucchi d'aria e turbolenze.

È poi il canale distributore e gli attacchi di colata che sono gli ultimi elementi del sistema che portano la vena fluida nel getto.

Possiamo applicare alcune semplificazioni:

- se il bacino di colata è sufficientemente ampio allora non si ha alcun movimento del fluido nella sezione S_1 , quindi $v_1 = 0$
- ipotizzò $p_1 = p_2$ poiché l'altezza h_2 è di solito molto ridotta e non influisce sulle pressioni (di solito anche nella veduta $p_1 = p_2$)
- la densità del fluido è costante.

Si ottiene allora che la velocità del fluido in uscita da S_2 è:

$$v_2 = \sqrt{2gh_2}$$

Applicando sempre le stesse semplificazioni e applicando Bernoulli tra S_1 e S_3 si ottiene analogamente: $v_3 = \sqrt{2gh_3}$

(in realtà $p_3 > p_1 = p_2$ ma fanno considerare come caso limite $p_3 = p_1 = p_2$)

Facendo un rapporto tra le velocità ottengo:

$$\frac{v_2}{v_3} = \sqrt{\frac{h_2}{h_3}}$$

Applicando l'equazione di continuità si ha:

$$A_2 v_2 = A_3 v_3 \Rightarrow \frac{v_2}{v_3} = \frac{A_3}{A_2}$$

Si ottiene quindi: $\frac{A_2}{A_3} = \sqrt{\frac{h_3}{h_2}}$ Equazione che dimostra che il canale di colata ~~non~~ non è a sezione costante ma è

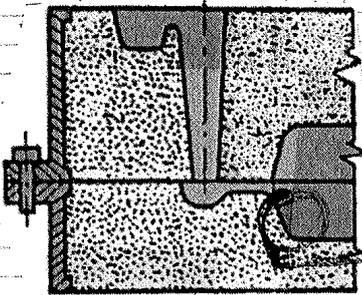
raffrenato per non avere un rimbombio d'aria, cioè per non avere aria all'interno delle vene fluide.

NB: la velocità attraverso le sezioni è stata calcolata ipotizzando l'assenza di attrito. In caso di attrito la formula si modifica tramite un coefficiente correttivo C ($C=1$ se non c'è attrito): $v = C \sqrt{2gh}$ $\Rightarrow C$ varia tra $0 \div 1$

• TIPOLOGIE DI SISTEMI DI COLATA

① COLATA IN PIANO

Il canale di colata si apre sul piano di divisione delle stoffe. Il riempimento dell'oggetto è graduale per cui c'è una buona eronione della forma.



Potrebbero esserci dei difetti nella zona colorata in quanto se il fluido va troppo veloce andrà direttamente all'interno mandando la zona in depressione, e verrà poi riempita successivamente.

② COLATA DIRETTA

Il canale di colata si apre direttamente nella parte più alta della forma, per questo è presente un filtro.

Il "pозzetto di colata" è presente alla fine del canale di colata, e serve a trattenere eventuali ossidi o impurità che non sono state filtrate dal filtro e deviate quindi che siano trasportate all'interno della cavità della forma.

Una "materozza cieca" permette di mantenere colato il canale in quella zona permettendo così un corretto riempimento della cavità.

Gli "spinti" sono invece necessari per far uscire i gas che si sviluppano durante la colata. Le "ornine" sono, invece, elementi che vengono posti all'interno della forma e servono per creare una geometria interna al pezzo e, soprattutto, per creare dei fori.

La "cavità della forma" si riempie con il metallo fuso ed è il luogo in cui si forma il pezzo che, se necessario (quasi sempre), verrà successivamente lavorato. Una "materozza a uolo aperto" permette, infine, di controllare se il gettoni è completamente riempito, per questo si usa per lo più alla fine del getto.

• **ESTRAIBILITÀ DEL MODELLO:**

Per poter realizzare un pezzo abbiamo bisogno di una forma, e quindi di un modello.

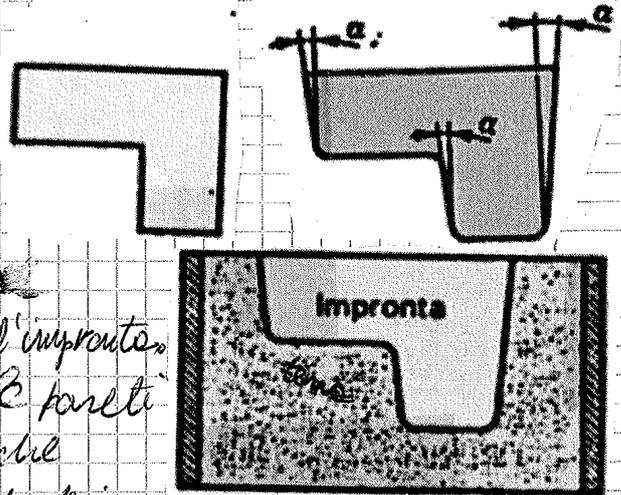
L'estrazione del modello dalla terra però, può essere effettuata senza distruggere la forma solo se sono presenti adeguati cuspidi di spoglia

(α) che dipendono dal materiale

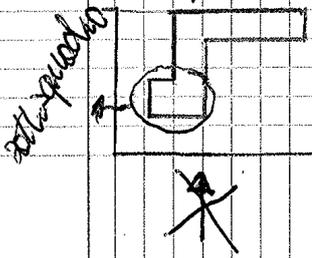
del modello e dalla profondità dell'impronta. NB: Non è importante "spogliare" solo le pareti ma è necessario eliminare anche gli spigoli vivi, utilizzando quindi dei raccordi.

Pezzo

Modello



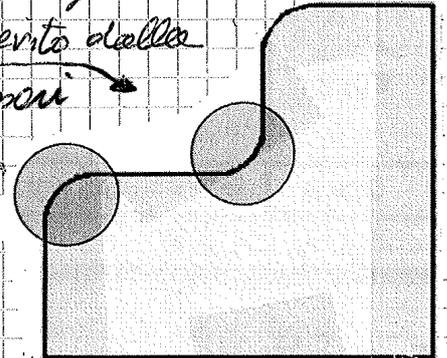
→ Per quanto riguarda l'estraibilità, bisogna tener conto della presenza dei **OTTOSQUADRI**, perché per estrarre pezzi con dei sottosquadri bisogna estrarli in determinate direzioni, quindi bisogna fare molta attenzione all'orientamento del particolare, poiché l'estrazione potrà avvenire solo lungo alcune direzioni.



• **RACCORDI:**

È necessario sostituire agli spigoli ed agli angoli, adeguate rozze di raccordo, che permettano un contenimento delle tensioni locali, un miglior andamento delle isoterme di raffreddamento ed una migliore tenuta della terra costituente la forma. Inoltre riducono l'erosione della forma ed evitano bruschi cambi di direzione che possano innescare delle cricche nel getto stesso a causa di un accumulo locale di tensione.

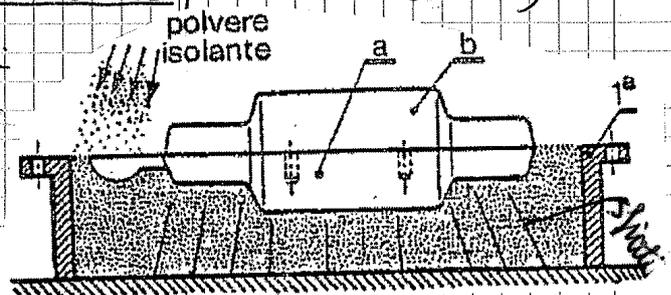
Valgono sia per forma permanente che per forma troncatura. Per gli angoli il valore di tali rozze è suggerito dalla pratica industriale come fusione degli spessori delle parti da collegare. Per gli spigoli si suggerisce un valore pari al sovraincasso.



NB: Bisogna tener conto che a sia abbastanza materiale per poter effettuare la successiva lavorazione perché lo spigolo sereno deve poi essere realizzato successivamente.

• **FASE DI FORMATURA:**

Per eseguire il getto occorre la presenza di una floccia modello (a-b) che verrà disposta nel modo adeguato. Segue una fase di riempimento con della terra da fondere, una fase di compattazione per avere l'omogeneità della terra. Si livella, in modo da eliminare la terra in eccesso e si incano gli spigoli qualora la permeabilità della terra non sia sufficiente per la fuoriuscita dei gas che si generano durante la colata. Si ribatte, poi il tutto, per creare sopra l'altra metà della forma, e si applica una polvere distaccante (di solito talco) al di sopra della terra presente. Si posa quindi l'altra metà del modello sopra (b) e



seguendo le stesse operazioni di (a) si ottiene la forma.

↓ fase di ribaltamento e deposizione del distaccante

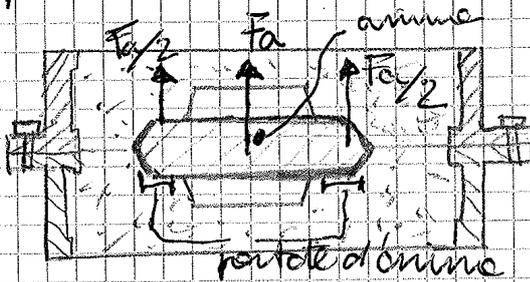
• **SPINTA METALLO-STATICA:**

È la risultante delle pressioni che il metallo allo stato liquido esercita sulle pareti della forma. Tali pressioni possono deformare le pareti della forma e sollevare la staffa superiore. L'apertura della staffa può determinare la fuoriuscita di metallo qualora non riuscisse a solidificare, oppure la fuoriuscita di bava, che dovrà essere rimossa e quindi richiede operazioni meccaniche aggiuntive (→ costi). Conoscendo l'entità di queste sollecitazioni è possibile scegliere in modo corretto il sistema di primario ed eseguire un dimensionamento ottimale.

→ Inoltre è possibile contrastare l'azione di sollevamento della staffa superiore con collegamenti rigidi tra le staffe o con opportuni pesi posti sulla staffa superiore.

Invece, in presenza di anime, la spinta metallostatica è data dal peso del liquido spostato dall'anima sottratto del peso dell'anima stessa.

→ Spinta metallostatica dell'anima:



NB: Anche le due portate d'anima andranno a scaricare la spinta sulla staffa superiore.

$V =$ volume anima circondata dal metallo liquido;

$V_c =$ volume totale dell'anima con le portate d'anima

$\gamma_a =$ peso specifico dell'anima

$$F_a = V \cdot \gamma - V_c \cdot \gamma_a$$

NB: Questa spinta F_a dell'anima andrà poi sommato all'altre spinte F del getto.

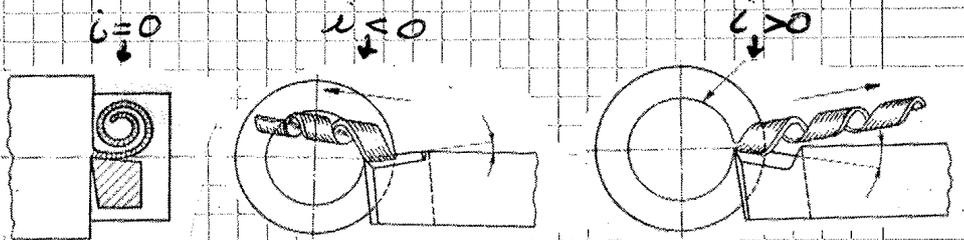
UTENSILI

UTENSILI DA TAGLIO

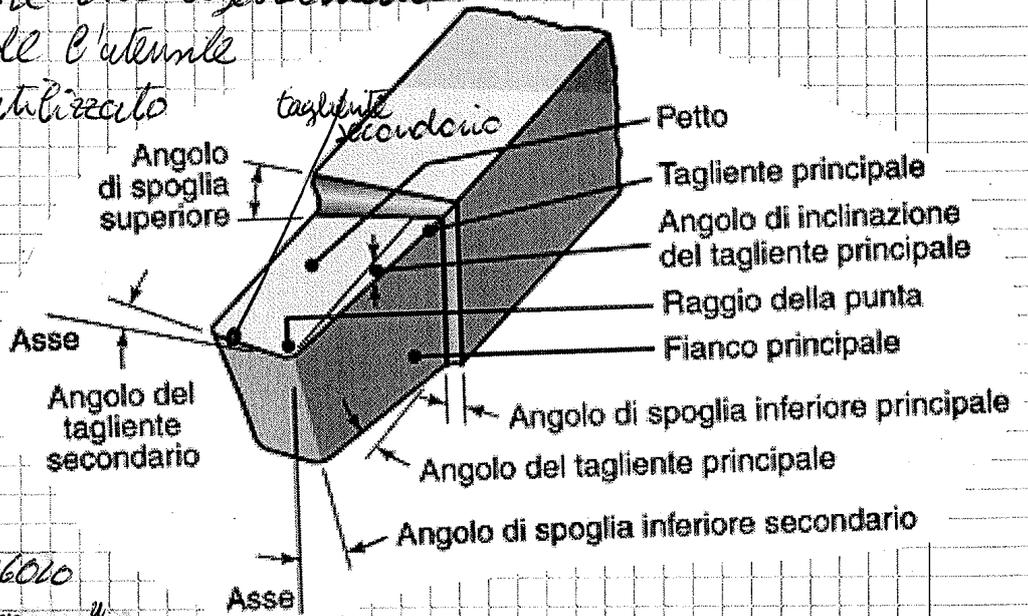
TAGLIO OBLIQUO:

Nel taglio obliquo, a differenza del taglio ortogonale in cui il tagliente è perpendicolare alla direzione di taglio ($i=0$), il tagliente presenta, invece, un angolo di inclinazione rispetto alla direzione di taglio. Questo inclinazione è indicata con "i" ed i è detto **angolo d'inclinazione**.

NB: Questo angolo fa sì che il truciolo non si curvi avvolgendosi su se stesso, ma che si arrotoli e si allontani dal materiale in lavorazione, in modo da fluire via agevolmente.

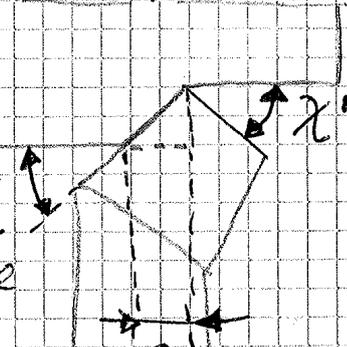


→ In figura si vede l'utensile monotagliente utilizzato in tornitura. Prodotto su superfici e angoli spigoli. Un angolo molto importante è "l'angolo di registrazione dell'utensile" o "angolo di attacco principale" (χ).



In fatti, quest'angolo determina la forma del pezzo ($\chi < 90^\circ \rightarrow$ munito; $\chi > 90^\circ \rightarrow$ spallamento retto) ed è responsabile dello spessore del truciolo asportato ($h_o = a \cdot \sin \chi$) ed è quindi molto importante perché influenza anche la Forza ($F_t = K_s \cdot h_o \cdot b$).

L'angolo χ' è invece "l'angolo di registrazione secondario ed è tale che il fianco secondario stia sulla superficie lavorata."



- CARATTERISTICHE DEI MATERIALI PER UTENSILI:
 - DUREZZA, fondamentale che la durezza dell'utensile sia maggiore della durezza del materiale da lavorare. È richiesto anche un'elevata durezza ad alte temperature;
 - RESISTENZA ALL'USURA → è legata in parte alla durezza;
 - BUONA CONDUCIBILITÀ TERMICA → serve per "smaltire" il calore;
 - COEFFICIENTE D'ATTRITO BASSO → per evitare che il truciolo si attolga;
 - BASSA AFFINITÀ CHIMICA;
 - BASSO COSTO.

I materiali utilizzati sono:

• ACCIAI:

- ACCIAI AL CARBONIO
- ACCIAI RAPIDI
- ACCIAI SUPER RAPIDI (→ Td di rinvenimento di 600°C).
Sono tendenzialmente usati per lavorazioni con basse velocità poiché non hanno un buon comportamento ad alta T.

• LEGHE FUSE:

Sono componenti ottenuti per fusione costituiti da Cobalto, Cromo (Cr) e Tungsteno (W). Sono quindi materiali non ferrosi ma presentano un'inerzia chimica maggiore (tendono a reagire chimicamente).
Td di rinvenimento ~ 800°C

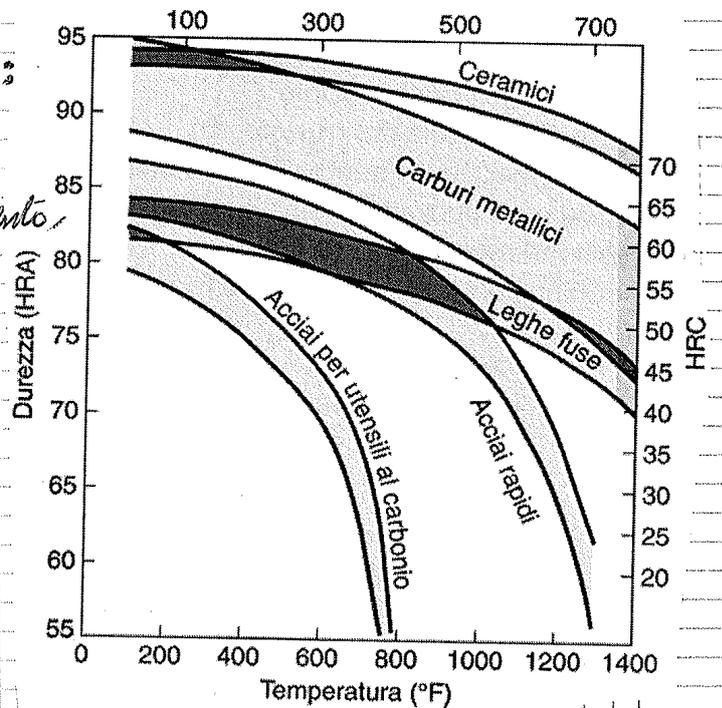
• CARBURI METALLICI:

Sono ottenuti per sinterizzazione di polvere. In carburi metallici si ottengono per lo più inserti in quanto costerebbe troppo un corpo unico di taglio. Hanno durezza a caldo e a freddo elevate, e anche la resistenza all'usura è elevata ma hanno una tenacità un po' inferiore. Si utilizzano molto TiC (carburo di Titanio), che aumenta notevolmente la durezza, TaC (carburo di Tantalio) che migliora l'azione allo sinterizzazione dell'utensile (creando però dei precipitati che indeboliscono l'utensile). Per questo assieme al TaC si utilizza anche il NbC (carburo di Niobio) che elimina questo problema e aumenta ancora le caratteristiche meccaniche.

• CERAMICI:

Sono ottenuti per fusione, per questo queste placchette non presentano porosità. L'allumina (Al_2O_3) è sempre presente assieme ad un altro componente, utilizzato molto il SiAlON, formato da Al_2O_3 e Si_3N_4 . I ceramici sono usati per velocità di lavoro molto elevate, ma sono materiali fragili di base per cui non vanno bene per tutte le applicazioni di taglio. Sono, per lo più, utilizzati per le operazioni di finitura o se si ha bisogno di velocità elevate.
Hanno temperature di rinvenimento di circa 1100-1200°C.

NB: Molte spere gli utensili vengono rivestiti. I rivestimenti più utilizzati sono i CARBURI METALLICI, però questi non vanno bene se devo lavorare un metallo perché c'è affinità chimica e si rischia quindi che si formino dei carburi nel truciolo (il carbonio dell'utensile "passa" sul pezzo) facendo diventare il truciolo più resistente e con diminuisce la vita dell'utensile.



Queste variazioni inevitabili, cambiano la geometria dell'utensile e ne definiscono quindi la vite \rightarrow L'usura definisce la vite dell'utensile.

Si manifesta nell'utensile tramite un "labbro" di usura. Fino a una usura di 2 decimi di mm il labbro di usura è accettabile, oltre non più.

NB: In ogni caso, dopo 15 minuti di taglio effettivo non è più utilizzabile l'utensile.

\rightarrow L'usura è dovuta a fenomeni meccanici di ABRASIONE ① e ADESIONE ② del truciolo nel petto dell'utensile e alla DIFFUSIONE CHIMICA ③ (per esempio il diamante non può essere usato per lavorare gli acciai).

\rightarrow Quindi i fenomeni principali di usura sono:

- "labbro" di usura, si verifica nel punto dell'utensile, parte del raggio di punta e ha un'estensione che è pari alla lunghezza del truciolo;
- "cratere" di usura, si verifica sul petto dell'utensile.
- shock termici, provocano temerature termiche, dovute a una variazione improvvisa della T nella zona di lavoro (es. uso improprio del sistema di lubrorefrigerazione);
- ~~l'angolo~~ tagliente di ripeto, il materiale del pezzo aderisce sul petto dell'inserto variandone la geometria di taglio. Ciò capita quando le velocità di taglio sono ridotte perché creano una T locale nella zona di taglio che provoca l'adesione del materiale.
- deformazione plastica nella punta del tagliente, avviene quando le T sono molto elevate ($800^{\circ}C < T < 2000^{\circ}C$) perché le alte T modificano le proprietà meccaniche del materiale dell'utensile e questo si deforma poiché non riesce più a resistere alla deformazione.
- mitching, capita o ~~si~~ femora due si verifica al fondo del labbro di usura. Il fondo del labbro può presentarsi, infatti, delle proprietà meccaniche diverse a causa del truciolo, oppure può essere stato esposto ad un ambiente esterno e quindi ossidato.

Allora diminuiranno le proprietà meccaniche dell'utensile, in particolare la durezza, mentre nel truciolo si formeranno dei carburi che hanno durezza superiore e possono poi generare fenomeni di abrasione → quindi i fenomeni sono collegati tra loro.

• QUANTIFICAZIONE DELL'USURA DELL'UTENSILE:

Man mano che gli utensili si usano perdono le loro caratteristiche originarie, sia in termini di prestazioni meccaniche, sia di geometria. Per questo, l'usura fino a una certa quantità è tollerabile, oltre no perché cambiando geometria cambiano tutte le caratteristiche di taglio e quindi tutto ciò può creare danni.

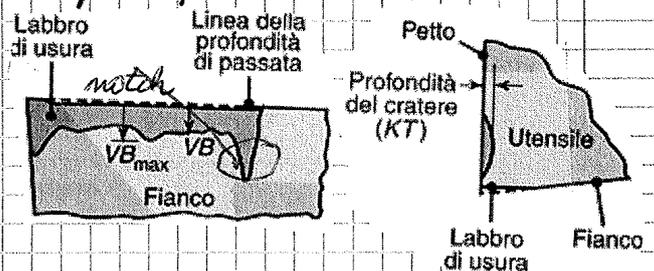
L'usura dell'utensile determina quindi la vita dell'utensile.

→ La vita media dell'utensile varia tra i 15 e i 40 minuti.

Per gli utensili in carburo la durata è di 35 minuti di taglio effettivo.

Di quelli già elencati, i fenomeni principali che determinano l'usura sono: - crateri;
- lobbio.

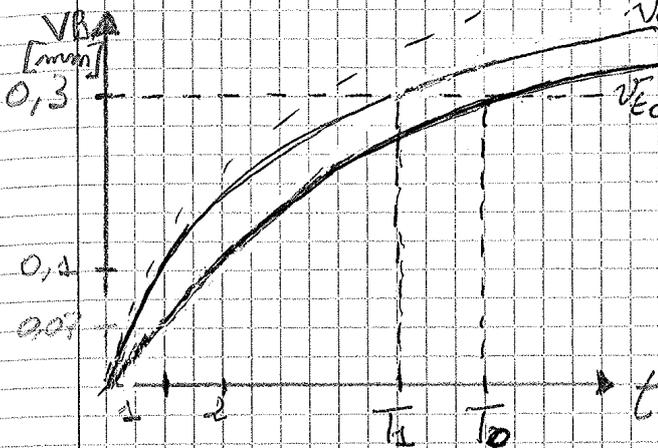
→ Tra i due, il prevalente è il lobbio perché si forma più velocemente rispetto al crateri.



Per definire la vita utile si prende allora la misura del lobbio. L'entità ammissibile dell'usura del lobbio è di unico, 3 decimi di millimetro (0,3 mm), se si supera questo valore occorre sostituire l'utensile.

→ Il crateri, invece, non si trova a ridosso dello spigolo tagliente ma leggermente oltre. Ciò è dovuto alle condizioni di T_{ep} che si verificano, infatti la massima temperatura è a una certa distanza dallo spigolo del tagliente e non proprio sulla punta dello spigolo. → Il crateri, quindi, è fortemente influenzato dalla temperatura. La temperatura, infatti, influenza la diffusione, quindi la diffusione è molto importante nella formazione del crateri. Inoltre la zona termicamente alterata ha anche una

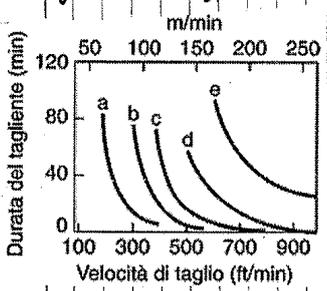
→ *elezione, infatti, il materiale dell'utensile e la geometria; il materiale del pezzo; fissi ho e b e definisce le condizioni di lubrificazione. Così questi parametri sono tutti fissi in modo da mantenere una costante. Viene fatto variare la v_f , e sulla base di diverse v_f si misura l'usura dell'utensile.*



Ottengo con delle curve sperimentali misurando il labbro di usura (VB) per diverse velocità dopo un certo tempo.

Ho ripetuto l'esperimento con diverse velocità di taglio ($v_{f1} > v_{f0}$). Quindi il

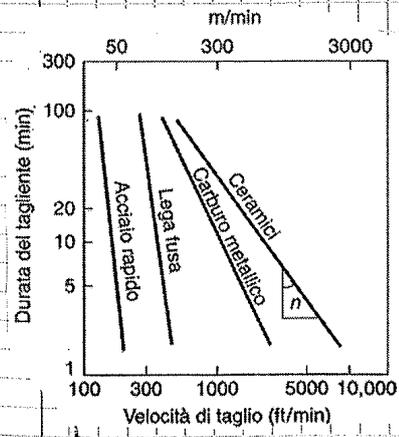
variare delle v_f ricavo le curve dell'usura in funzione del tempo. Fisso, poi, il limite di usura del labbro (0,3 mm) e trovo con la durata (T_0, T_1, \dots) dell'utensile. A questo punto posso diagrammare la v_f con la durata dell'utensile (inserto) T .



Si ottiene un diagramma $T-v_f$ (durata-velocità di taglio) dove le curve a, b, c, ... rappresentano un diverso materiale. Si nota che al variare delle velocità di taglio, rapidamente la durata dell'utensile diminuisce, perché rapidamente aumentano

le temperature e queste influenzano i fenomeni di usura e quindi l'usura progredisce velocemente.

NB: lo stesso diagramma $T-v_f$ può essere riportato su scala



doppio logaritmica ottenendo al posto delle curve, delle rette. Ciò vuol dire che la relazione che sussiste tra T e v_f è di tipo potenza, cioè la relazione tra le due grandezze è esprimibile in forma di potenza, ottenendo la **LEGGE DI TAYLOR**

$$v_f \cdot T^n = C$$

diagramma doppio log $T-v_f$

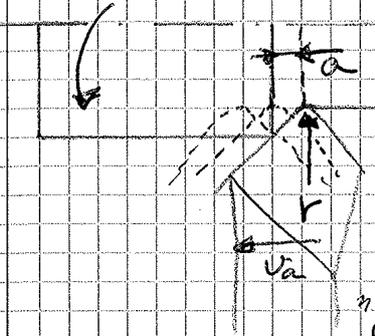
NB: n e C sono delle costanti derivate sperimentalmente e dipendono dai materiali. Questi valori sono, comunque, tabellati.

NB: La legge di Taylor ha una validità del 70-75% dei casi, ma in prima approssimazione possiamo considerarla sempre valida.

C'è un ultimo parametro che influenza la qualità finale del pezzo:

RUGOSITÀ

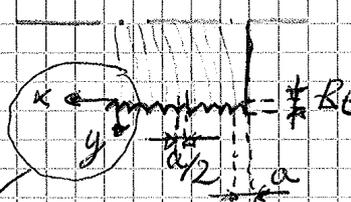
Consideriamo il caso della tornitura longitudinale in cui il pezzo ruota attorno all'asse mentre l'utensile tocca.



r è il raggio di punta dell'utensile, cioè il raggio di raccordo tra tangente principale e secondario.

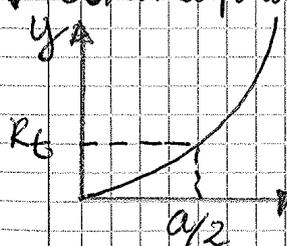
a è l'avanzamento dell'utensile in una rotazione di 360° del pezzo (cioè è la distanza radiale dell'utensile dopo un giro del pezzo).

E andiamo a vedere la superficie lavorata si può vedere la presenza di piccoli solchi dovuti alla geometria (r) dell'utensile.



Se prendo la minima dell'altezza dei solchi si ottiene la RUGOSITÀ TEORICA ($Rt = f(a, r)$) che è funzione di a e di r .

Assumendo un profilo parabolico, cioè considerando che la parte superiore del raccordo si approssima ad una parabola, allora questa avrà equazione $y = Kx^2$ e rappresenta l'impronta dell'utensile sul pezzo.



La curvatura della parabola (cioè la derivata seconda di $y = Kx^2$) sarà pari all'inverso del raggio di punta dell'utensile; quindi:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 2K = \frac{1}{r} \Rightarrow K = \frac{1}{2r}$$

Sostituendo K nell'equazione abbiamo: $y = \frac{1}{2r} x^2$

Sappiamo inoltre che per $x = a/2$, $y = Rt$, con l'eq. la rugosità teorica ad a ed r :

$$Rt = \frac{1}{2r} \cdot \frac{a^2}{4} = \frac{a^2}{8r}$$

Di solito, però, si fa riferimento alla RUGOSITÀ MEDIA Ra che vale circa: $Ra \approx Rt/4$

Indefinitiva si ottiene: $Ra = \frac{a^2}{32r}$

- Relazione che indica che all'aumentare di a la rugosità superficiale aumenta, mentre all'aumentare di r la Ra diminuisce.
- ⇒ Conviene, quindi, avere utensili con raggio di punta (r) alto.

- acqua 3% ;

gli ADDITIVI più utilizzati sono :

- AMIDO, aumenta la scorrevolezza della terra stessa ;

- FARINA DI CEREALI, ha la funzione di contrastare la dilatazione della forma durante la colata (perché la forma avrà una certa dilatazione termica all'impatto con il metallo fuso, e questo deve essere minimo per evitare di avere dei getti fuori tolleranza) ;

- NERO FUMO, è l'elemento che conferisce il colore scuro (nero) alla terra. serve ad aumentare la refrattarietà e contrasta l'ossidazione del getto

NB: Il fatto di non utilizzare la silice naturale (si utilizza infatti la silice granulare), permette, anche, di controllare i grani della silice, sia per forma sia per dimensione, e ciò serve per correggere e garantire le caratteristiche meccaniche alla terra, e per, eventualmente, andare a correggere con l'opportuna aggiunta di additivi.

⇒ La forma può essere utilizzata tale quale (per formatura al verde o per formatura tradizionale) oppure può essere essiccata ; ciò permette di rimuovere l'acqua presente all'interno permettendo di migliorare la qualità del getto. Per esempio nel caso dell'Alluminio (Al) bisogna evitare la presenza di idrogeno (H_2) affinché non si presentino delle porosità al suo interno. Infatti è opportuno ridurre al minimo l'umidità della forma per evitare che, all'impatto col getto fuso, si abbia uno sviluppo di vapore che, a cause delle alte temperature, si scenderà creando delle porosità all'interno del getto dovute alla presenza di H_2 .

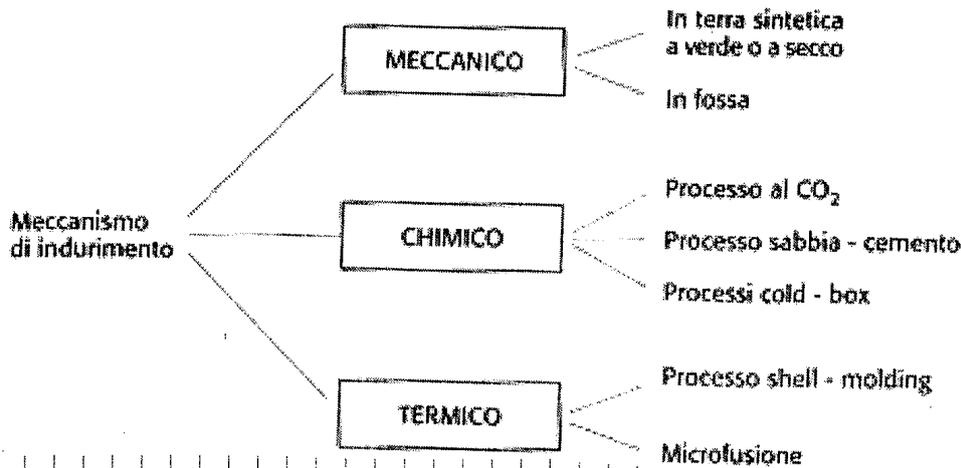
• MATERIALE DI FORMATURA:

Silice granulare + legante + additivi + acqua

Caratteristiche che deve avere il materiale di formatura:

- REFRAATTARIETÀ, è la resistenza alle alte temperature. È richiesto perché abbiamo all'interno un metallo fuso ad alte T ;
È influenzata dalla silice, dalla forma e dal tipo di grov.

- **CHIMICO**, tramite reazioni chimiche;
- **TERMICO**, interviene l'effetto del calore nel processo d'indurimento.



NB: L'essiccazione non fa parte dei processi termici perché serve solo a eliminare l'acqua e non ha nulla a che vedere con i leganti. Non influenza il meccanismo d'indurimento.

• FORMATURA CON TERRA SINTETICA:

È il meccanismo maggiormente automatizzato. Esistono diverse modalità per ottenere l'indurimento, tra cui il "metodo a scosse", che utilizza le vibrazioni; la modalità "a lancio", in cui la terra viene posta, tramite un sistema, in modo progressivo all'interno della staffa in modo da creare l'indurimento della terra e quindi una corretta formatura meccanica. È utilizzato anche il metodo per "aria compressa".

La produttività, tramite questa formatura, è relativamente bassa; si fanno circa 20 pezzi all'ora, perciò si utilizza questo processo quando si hanno pochi pezzi da produrre.

Bisogna tenere in conto anche se il materiale può essere riutilizzato e quindi si può recuperare parte dei costi (non recupero, però, troppo, perché il materiale utilizzato deve subire dei trattamenti prima di poter essere riutilizzato).

• FORMATURA IN NOTTA:

È un tipo di formatura che avviene senza l'utilizzo di staffe. La colata avviene solo con la forma in terra e questo permette di velocizzare le successive lavorazioni anche perché l'operazione di sterratura è molto più semplice.

- processo SO_2 ; (2)
- processo CO_2 ; (3)

Si differenziano per la resina e il catalizzatore.

(1) PROCESSO ASHLAND: è uno dei processi più diffusi. L'indurimento avviene in pochissimi secondi e la finitura superficiale che si ottiene è buona. Anche le caratteristiche meccaniche che si ottengono sono buone, per questo il processo è utilizzato anche per produrre le anime. Si possono ottenere, con questi processi, dei getti con ordini di grandezza tra 1-100 Kg.

Ma, però, 3 problemi: - gli elementi utilizzati sono idroscopici, devo, quindi, tener conto delle leghe che reagiscono con l' H_2O .

- il materiale utilizzato non è recuperabile, per cui il costo è abbastanza alto;

- i gas utilizzati sono tossici, quindi bisogna evitare l'inquinamento di questo gas.

(2) PROCESSO SO_2 :

Utilizza una resina fenolica o furanica e come catalizzatore l'anidride solforosa. Anche questo è un gas tossico ed ha un odore sgradevole (faule identificazione e ci sono fuoriuscite di questo gas).

La qualità di finitura è poco superiore rispetto al processo ASHLAND e si possono ottenere dei getti di dimensioni molto grandi (fino a 40 tonnellate). Inoltre il materiale può essere "rigenerato", solo in parte, anche se deve essere opportunamente trattato.

Inoltre le resine fenoliche sono resine termosettabili, quindi, facendo scaldare la terra la resina si scioglie e si può recuperare parte del materiale ma non la resina. Il processo di recupero richiede, comunque, un costo elevato.

(3) PROCESSO CO_2 :

Si può utilizzare questo processo per getti fino a 100 tonnellate. La qualità superficiale è inferiore ai precedenti ed è, generalmente, paragonabile a un processo in formatura in terra sintetica.

Anche in questo processo si può recuperare parte del materiale fino al 40%.

Questo processo utilizza come legante (il legante è una resina con catalizzatore gassoso) il silicato di sodio e come catalizzatore l'anidride carbonica.

Si chiama shell molding perché shell = guscio. All'interno del guscio si possono poi inserire le anime ed effettuare le colate.

Il distacco del guscio dalla piastra modello avviene grazie all'uso di chiodocanti e/o tramite l'uso di estrattori (per gusci complessi).

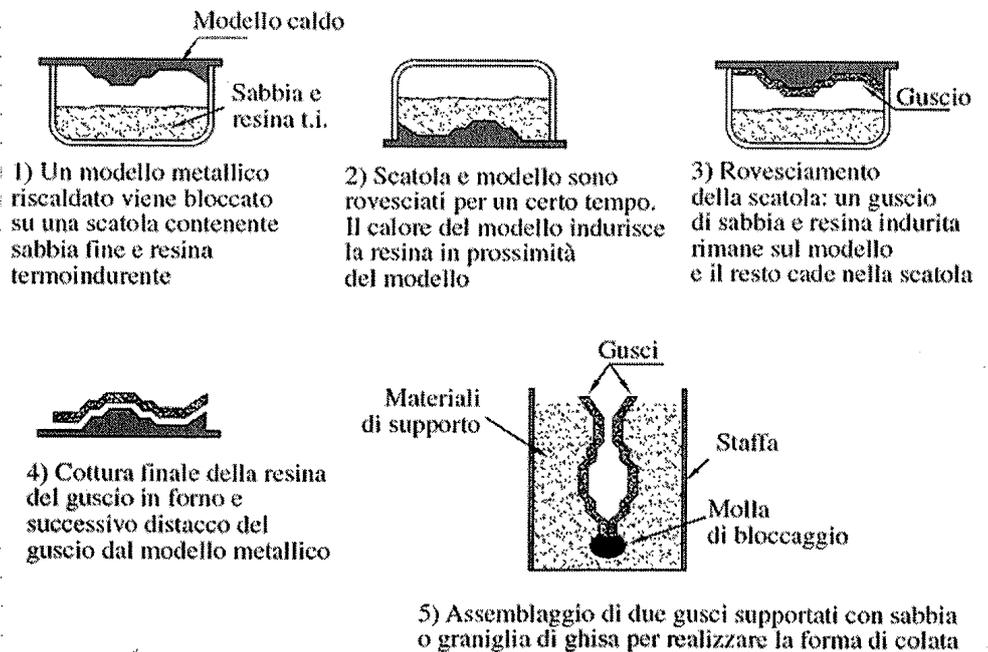
Questa tecnica può essere utilizzata per produrre getti fino a 30 kg. Ha una buona finitura superficiale ($Ra = 2,5 \pm 3 \mu m$) e il processo può essere facilmente automatizzato.

NB: Il guscio però, non può essere riutilizzato a causa del tipo di polimeri termoindurenti utilizzati, che non possono essere riciclati.

Inoltre, il sistema ad aria compressa è quello più comune e automatizzato (più produttivo). Oltre a questo sistema, si utilizza anche un contenitore e un modello caldo per ottenere, sempre, una colata in guscio.

Colata in guscio (shell molding)

⇒ Per contrastare la spinta metallo statica, il guscio può essere inserito all'interno di un contenitore contenente materiale di supporto in modo da contenere il guscio.

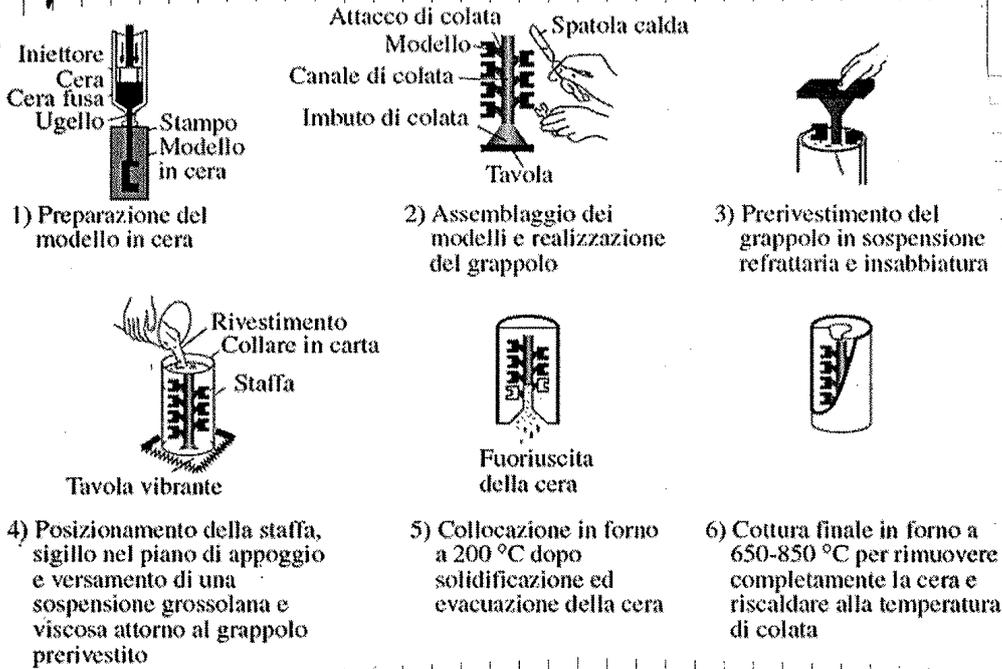


• MODELLO A PERDERE:

• MICROFUSIONE:

Nella tecnica con "modello a perdere", il modello viene perduto, nel senso che viene eliminato o mentre si effettua la colata o prima della colata.

NB: Si fa questo per evitare che lo shock termico rompa la forma prima che il materiale all'interno sia solidificato.

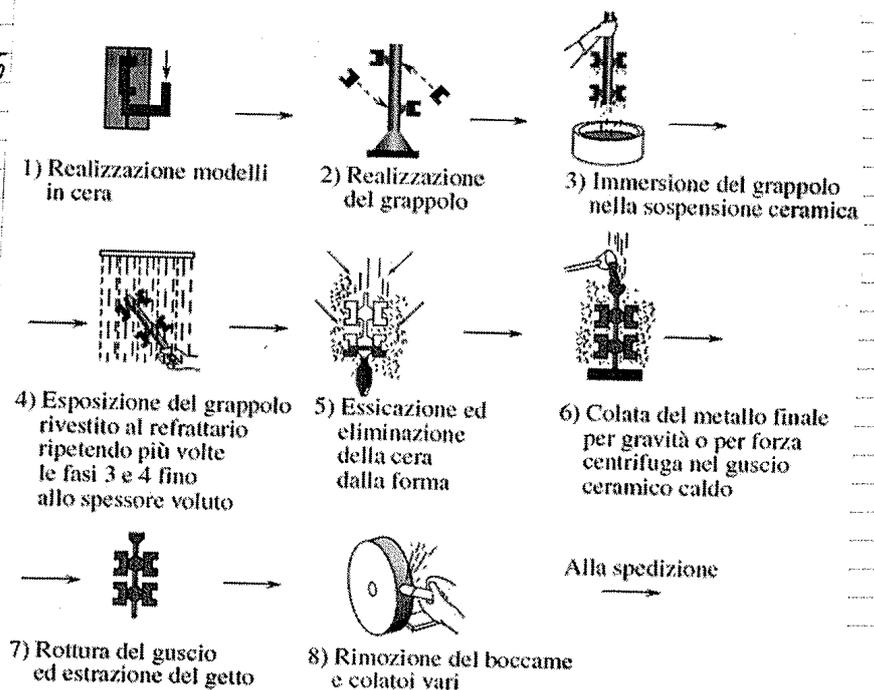


(3.2) l'altro procedimento, più utilizzato, è chiamato "investment casting".

⇒ Fino alla realizzazione del grappolo è uguale. Eseguito il grappolo, si immerge in una sospensione di polveri ceramiche e, in seguito, in un flusso di polvere refrattaria per ricoprirlo, fino a creare un guscio che sia resistente. A opera, poi, un'essiccazione portandolo ad alta T con si ha anche l'eliminazione della cera, che si fonde. A può effettuare la colata, si rompe per il guscio e si estrae il getto.

⇒ Questo secondo procedimento è utilizzato per la produzione di gioielli.

⇒ Le polveri refrattarie utilizzate sono di Zirconio (ZrO_2), Silice (SiO_2) e Allumina (Al_2O_3).

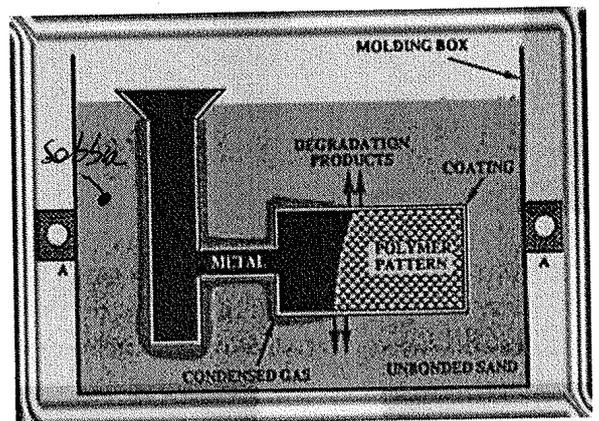


se polistirolo si espande e va a riempire completamente la
cavità formando il modello di polistirolo.
Lo stampo, poi, si apre ed è possibile estrarre il modello.
Una volta aperto lo stampo si fuma il modello sotto acqua
fredda per velocizzare il raffreddamento.

⇒ Un passaggio importante nel processo è la verniciatura del
modello; è importante perché evita che ci sia un collamento
della sabbia. Si usa una vernice repellente che è in
grado di sostenere opportunamente, cioè trattenere, la sabbia
ed evitare che il metallo cada ed erodere la sabbia,
creando quindi dei problemi o dei difetti nel getto.

Si mette quindi il modello verniciato in un recipiente
con sabbia e si effettua la colata e con il polistirolo
espanso verrà sostituito dal metallo. Si lascia solidificare
il getto e poi si va a rimuovere la sabbia.

NB: Bisogna anche tenere conto
della permeabilità dei gas nella
sabbia, perché si sviluppano grandi
quantità di gas legate al fatto
che viene bruciato (vaporizzato)
il polistirolo durante la colata.
La sabbia è completamente
riciclabile e non si hanno
bave sul getto perché non
abbiamo una forma superiore e una inferiore.



⇒ Eventualmente possono essere presenti dei segni, ma che
sono sicuramente meno evidenti di quelli tra la separazione
delle stoffe che si hanno nel procedimento interno.

⇒ Questo processo viene utilizzato per la produzione di
una medio-grande serie (di solito per vallette di
scambio, alberi di componenti di trasmissione o valvole).

NB: Oltre al polistirolo espanso si può anche
utilizzare il POLIMETILMETACRILATO, che ha costi
maggiori ma una maggiore qualità.

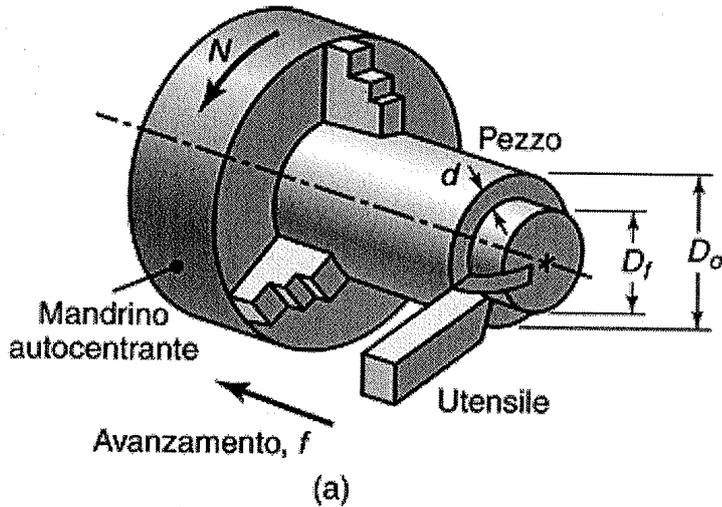
ATTENZI

TORNITURA

È un tipo di lavorazione che permette di ottenere diverse superfici, ma tutte ASSIALSIMMETRICHE. Si possono ottenere diverse tolleranze, in dipendenza dai vari parametri di taglio.

SCHEMA DI LAVORAZIONE:

Schema di una lavorazione di tornitura



I Parametri fondamentali:

- a, avanzamento (mm/giro)
- p, profondità di passata (mm)
- v_t velocità di taglio (m/min)

$$p = \frac{D_0 - D_1}{2}$$

$$v_t = \omega \cdot r = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{1000}$$

Si pone in rotazione il pezzo attorno all'asse del mandrino, mentre l'utensile ha un moto rettilineo di avanzamento.

→ la rotazione del pezzo dà il ~~modo~~ **ROTO DI TAGLIO**, mentre l'avanzamento dell'utensile dà il **ROTO DI AVANZAMENTO**.

PARAMETRI DI TAGLIO:

v_t = velocità periferica del pezzo = VELOCITÀ DI TAGLIO

$$v_t = \omega \cdot r = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{1000} \quad [m/min] \rightarrow \text{NB: È espresso in metri al minuto}$$

Spesso si mantiene fisso il numero di giri (n).
 Poiché v_t varia con il diametro. Per cui più mi avvicino all'asse, meno velocità di taglio ho. Sull'asse vero infatti $v_t = 0$.

NB: Divido per 1000 perché il diametro è dato, di solito, in mm.

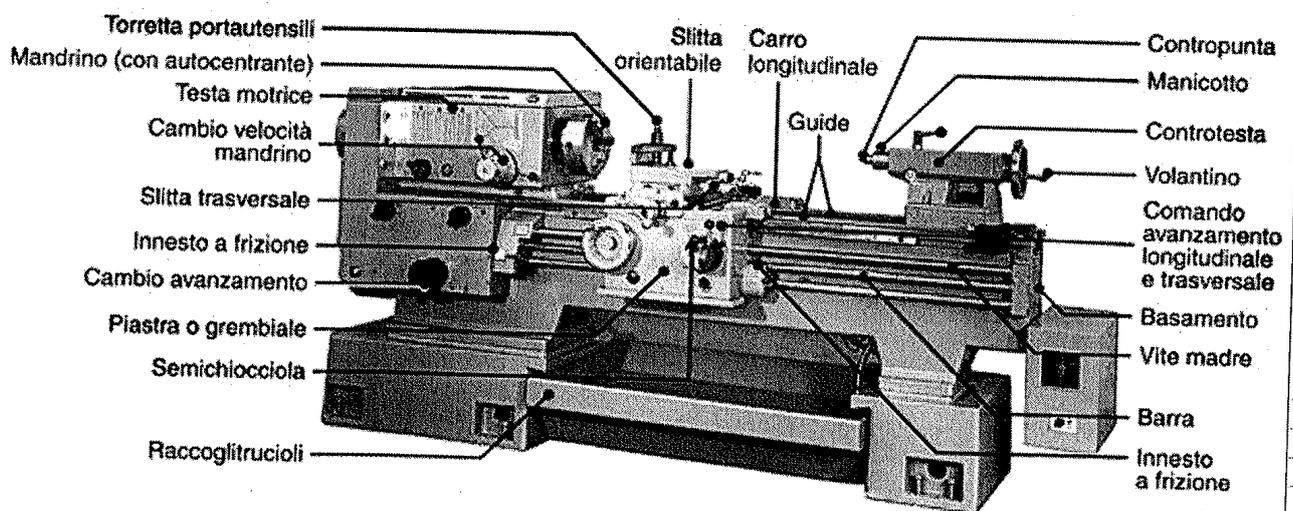
Ma le velocità di taglio (v_c) dipendono dal materiale dell'utensile e del materiale del pezzo che sto lavorando e, soprattutto, della potenza che ho disponibile al motore, in quanto $P = F_c \cdot v_c (+ F_a \cdot v_a)$ → trascurabile rispetto ai valori ottenuti con le F_c .

In generale, la profondità di passata (p) è solitamente compresa tra 0,5 ÷ 12 mm.

L'avanzamento (a) è generalmente compreso tra 0,15 - 1 mm/giro. Ma poiché anche $F_c = K_s \cdot A_o$, in sgranatura avrò un dato valore di A_o , per cui in base alla potenza avrò una determinato v_c .

Invece A_o è più basso in finitura, quindi le F_c saranno inferiori e questo, a parità di potenza, ci permette di aumentare la v_c e quindi aumentare in modo da ridurre i tempi di lavorazione. Quindi in finitura il pezzo ruoterà più velocemente.

TORNIO PARALLELO:

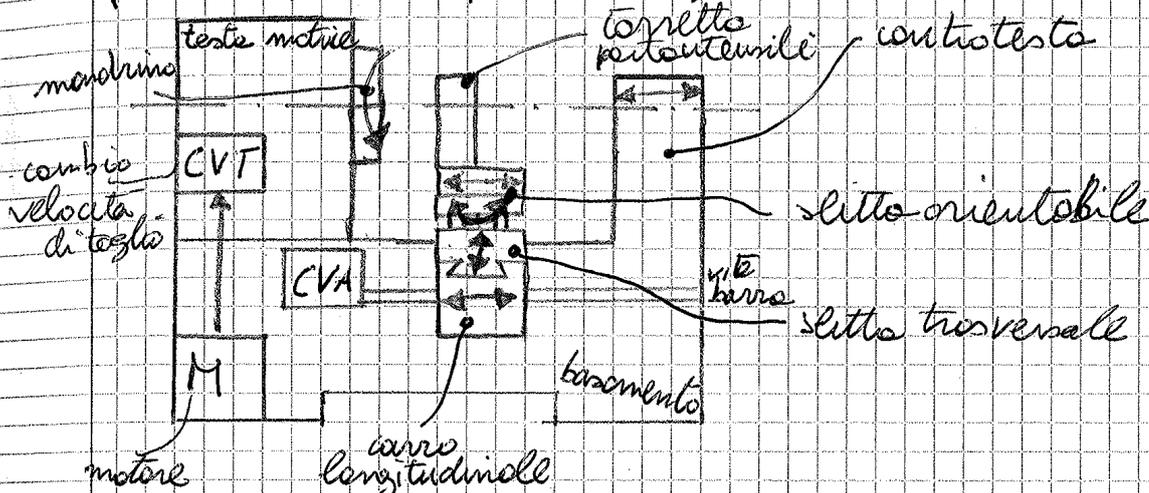


È la macchina tradizionale utilizzata in tornitura. È costituito da un basamento fatto di ghisa (adattato per fusione) con buone caratteristiche di rigidità statica e dinamica. Quindi tende a non deformarsi e ad avere un buon comportamento alle vibrazioni.

Nella parte a sinistra si trova la testa motrice in cui sono contenuti il motore e il cambio di velocità (permette di variare la v_c durante il processo).

Nella parte destra si trova la controtesta, un elemento che può scorrere sulle stesse guide del carro e ha un fero, in cui viene impegnato un elemento con estremità conica che serve per sostenere il pezzo in rotazione nell'estremità libera, quindi evita che il pezzo si defletta generando una geometria non perfetta (è perfettamente in fase con il mandrino).

- SCHEMA BIDIMENSIONALE DEL TORNO PARALLELO; (molto importante per l'esame).



NB: la slitta trasversale non si inclina ma si muove su una guida in modo trasversale e può ruotare intorno a un'asse verticale per inclinare l'attornile e ottenere una superficie troncoconica.

• OPERAZIONI DI TORNITURA

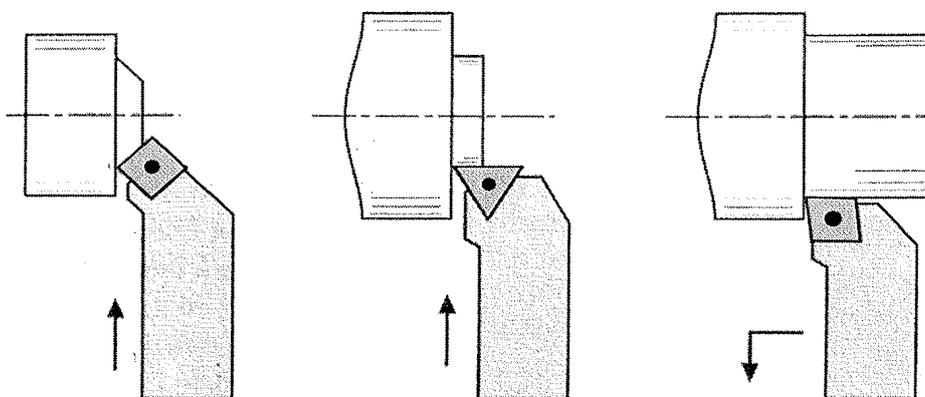
Esistono diverse operazioni di tornitura, ma si ottengono sempre profili assialsimmetrici (o LONGITUDINALE).

- TORNITURA CILINDRICA, è una lavorazione esterna ed è la più semplice, l'attornile si muove in senso ~~trasversale~~ longitudinale mentre il pezzo è in rotazione. Possibile eseguire la tornitura conica utilizzando la slitta orientabile.

- TORNITURA PIANA (o SFACCIATURA), è l'unica lavorazione che introduce una superficie piana. È particolare perché la superficie è perfettamente perpendicolare all'asse del pezzo. In questo caso l'attornile avrà un movimento radiale, quindi la v_c varia col momento radiale dell'attornile ($v_c = f(D)$) perché cambia il diametro. Quindi la v_c sarà massima quando inizia a lavorare il pezzo e tende a zero avvicinandosi verso il pezzo. C'è quindi il rischio dell'angolo di riparto, per cui si scelgono v_c abbastanza elevate.



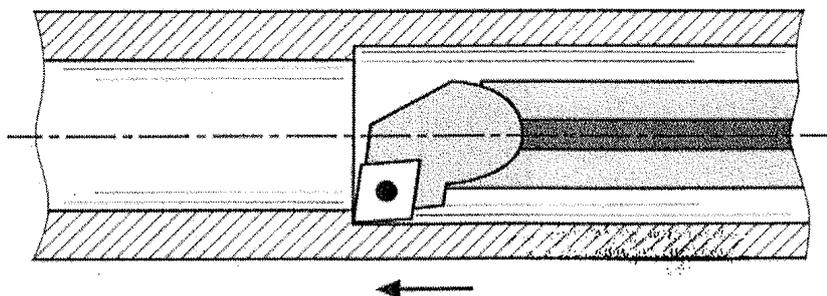
Operazioni di tornitura



Sfaccioatura e tornitura di uno spallamento

9

Operazioni di tornitura



Tornitura interna

10

TRASFERIMENTO DEL MOTO DI ROTAZIONE DAL MANDRINO AL PEZZO → BLOCCAGGIO DEI PEZZI:

Innanzi tutto bisogna bloccare il pezzo. Il sistema più utilizzato per il bloccaggio è l'autocentrante.

È un grosso cilindro attaccato al mandrino con 3 elementi disposti a 120° e si possono muovere lungo delle

Il bloccaggio dei pezzi - autocentrante

scandoleture radiali. Il pezzo viene quindi interposto e bloccato tra queste ~~griffe~~

GRIFFE.

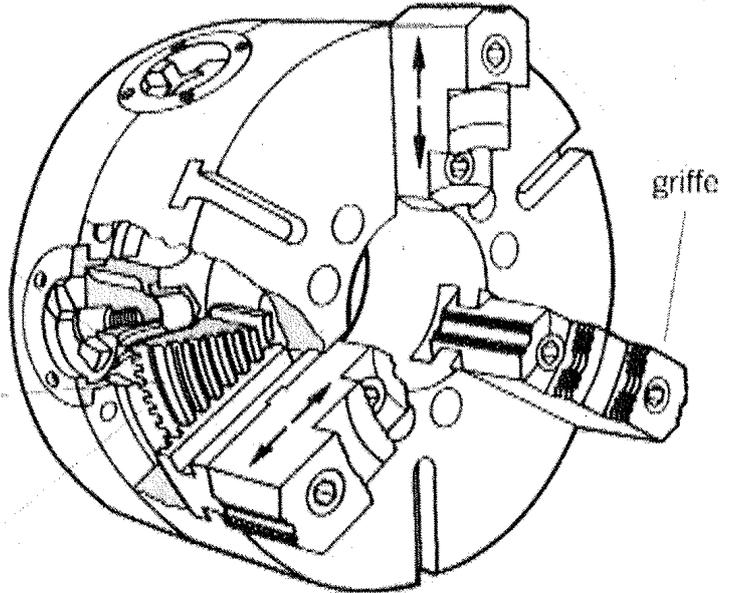
MECANISMO INTERNO:

all'interno si trova una condotta elicoidale piana che si ingrana

pignone conico

scandolatura elicoidale piana

ruota piano-conica



su un pignone conico (con un ateriale esterno in genere il movimento del pignone conico). Il pignone conico si accoppia con la ruota piano-conica, permettendo la rotazione della ruota. ^{La detto CHIK'E}

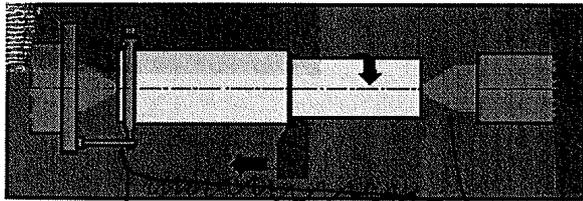
→ sulle parete esterna sono ricavate tre scandoleture in cui si inseriscono le griffe. Il movimento della ruota genera il movimento della scandolatura e quindi delle griffe. La scandolatura si avvolge su tutta la circonferenza e impegna tutte e tre le griffe contemporaneamente, e della stessa quantità verso l'ore dell'auto-centrante (con α che le griffe sono alla stessa distanza dall'ore e che quindi l'ore del pezzo sia centrato con quello del mandrino).

Esistono due tipi di griffe: una per il montaggio del pezzo con il bloccaggio esterno del pezzo, e una che afferra il pezzo dall'interno, cioè da un foro.

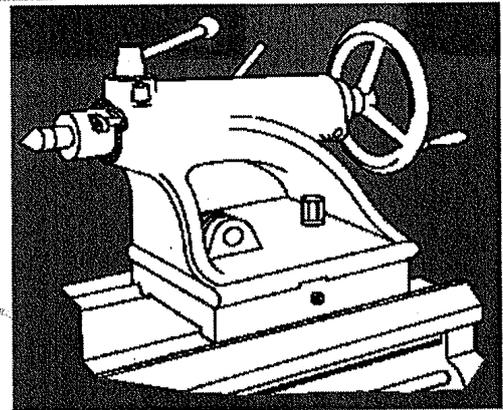
pezzo viene sostenuto all'estremità), che viene fissato su una ~~CONTROTESTA~~ **CONTROTESTA**.
 La controtesta presenta una punta con un angolo di 60° e può essere ruotante (ruota assieme al pezzo) oppure fissa.

Per eseguire la lavorazione con la controtesta, devo eseguire sull'estremità del pezzo un peccellino. Questo peccellino all'estremità con un angolo di 60° (come la controtesta) e viene generato inserendo sulla controtesta un utensile specifico chiamato **PUNTA DA CENTRI**. In questo modo riesco a sostenere il pezzo all'estremità.

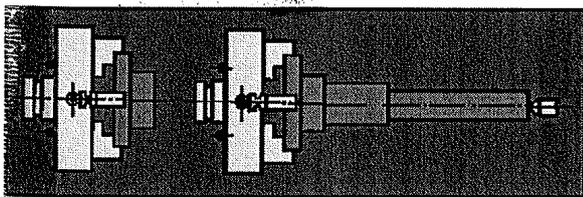
Un ultimo metodo per il bloccaggio fa uso della **BRIDA**. Ovvero si usano delle controteste da entrambi i lati ma da un lato una controtesta sarà collegata al pezzo tramite una **BRIDA** in modo da trasferire il moto. Così le due parti sono "INTERSTATE" ed è possibile lavorare il pezzo.



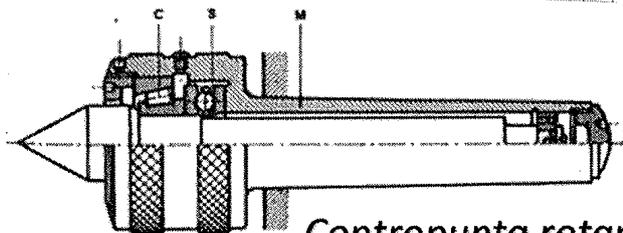
Tornitura tra le punte
BRIDA



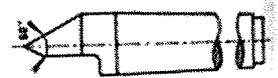
Dettaglio della
controtesta



Tornitura con autocentrante



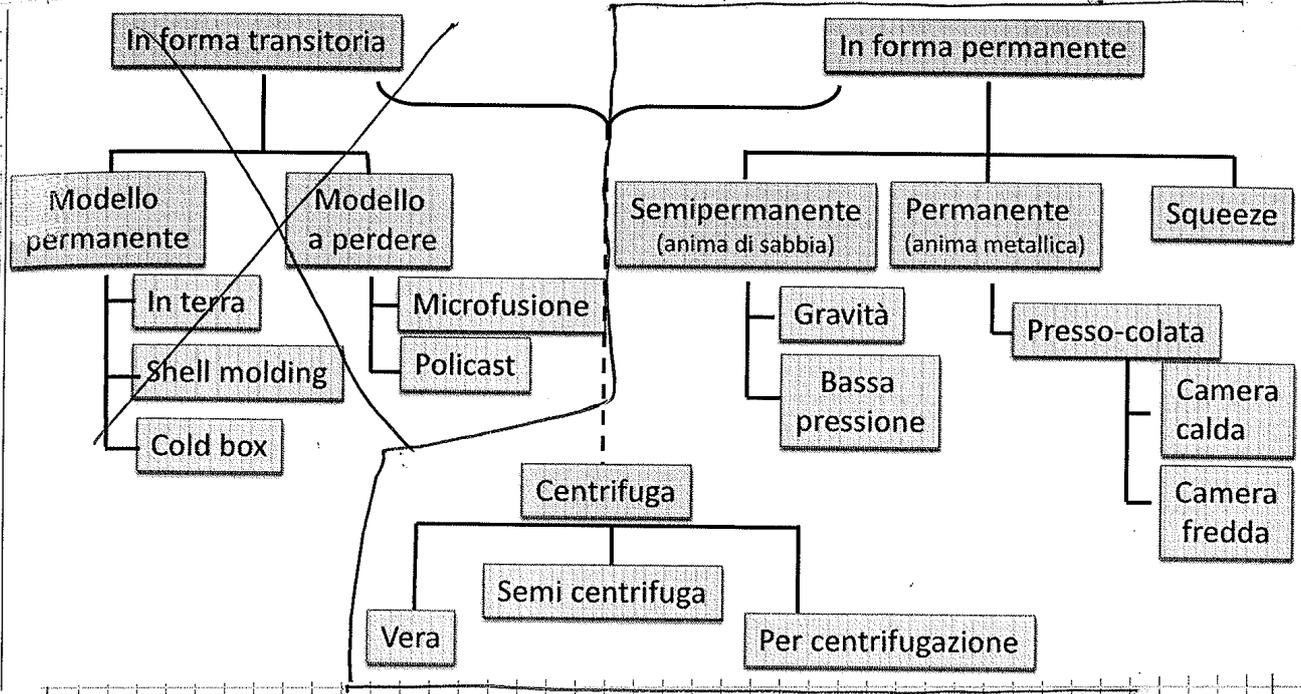
Contropunta rotante



Contropunta fissa

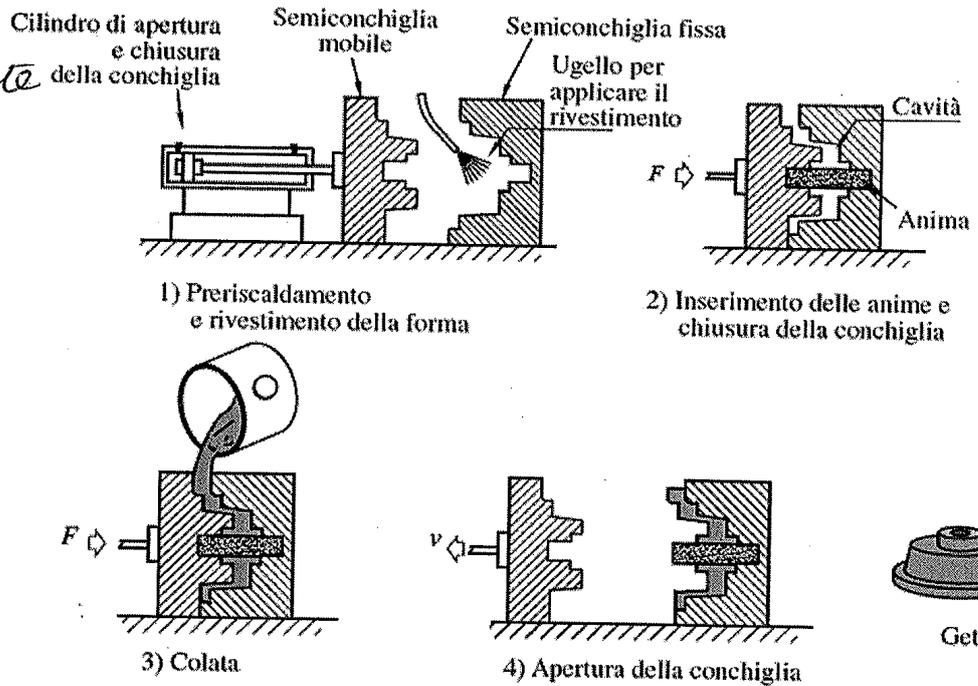
SALMI

TECNICHE DI FUSIONE IN FORMA PERMANENTE



- GENERALITÀ:**
- La forma nella quale si solidifica il getto fuso non viene distrutta dopo la colata, quindi questa tecnica è indicata per produrre in grandi serie getti uguali.
 - Le forme permanenti (o stampi di colata) hanno durata variabile tra i 5000 pezzi (per getti in acciaio) e i 250000 pezzi (per i getti in lega di zinco (Zn)).
 - Gli stampi di colata vengono realizzati in acciai speciali atti per lavorare a caldo (es. X38CrMoV51) o in grafite.
 - Il riempimento delle forme può avvenire per gravità o sottopressione.
- Tra i VANTAGGI ha che:
- il processo è automatizzabile;
 - non si generano sottoprodotti difficili da smaltire;
 - la forma metallica consente di ottenere tempi di raffreddamento rapidi e quindi strutture cristalline fini; per cui prestazioni meccaniche più elevate.
- tra gli SVANTAGGI:
- occorre evitare la formazione di gas poiché la forma non è pressa;
 - le leghe devono avere un'elevata colabilità per evitare solidificazioni premature.

Il getto può essere, poi, estratto mediante un sistema automatizzato. La rimozione è facile grazie al lubrificante utilizzato.



NB: lo spessore minimo nel caso di colata in conchiglia a gravità è

di circa 4 mm, mentre la Ra che si ottiene è molto variabile e varia tra $1,8 \div 5 \mu\text{m}$ (in quanto le zone più vicine all'anima in sabbia hanno una rugosità alta).

NB: È importante avere gli angoli di sforno per la rimozione del getto, e devono essere di circa 3° .

→ I fori che si possono redizzare, generalmente, hanno un diametro minimo di 2 mm. Nel caso di fori più piccoli, vengono redizzati successivamente mediante un'operazione di bratura.

Le conchiglie sono, di solito, in ghisa, in acciaio e in alcuni casi in grafite.

Le anime, che andranno a redurre i condotti d'aspirazione, sono opportunamente verniciate in modo da ridurre la rugosità superficiale; quelle che andranno poi a formare i condotti di scarico, invece, non vengono verniciate.

• COLATA IN BASSA PRESSIONE:

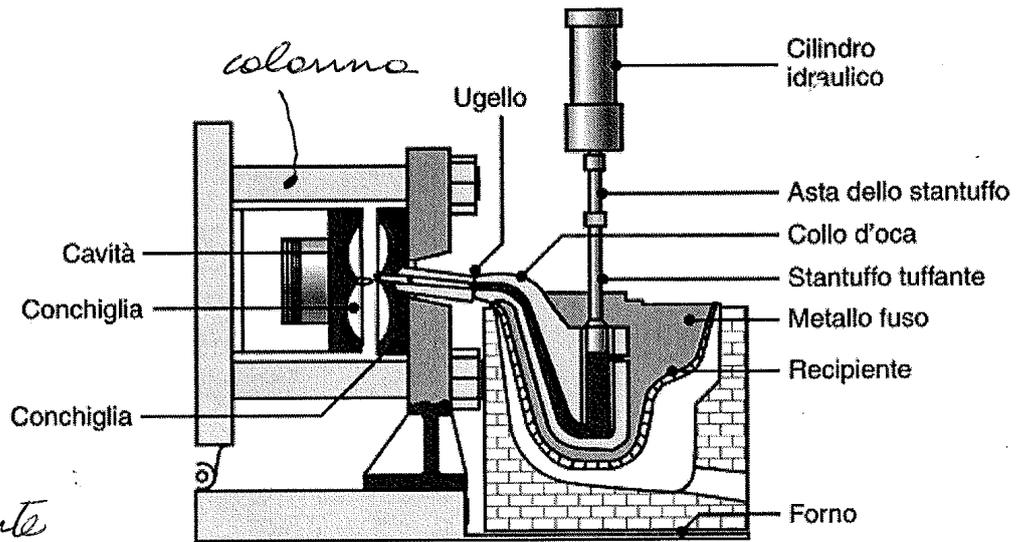
Un bagno di metallo fuso, tramite un tubo refrattario, è collegato alla conchiglia. Viene immerso aria, o altro gas (generalmente gas inerte, per evitare l'ossidazione), all'interno di questa camera contenente lo sfera.

• PRESSOCOLATA IN CAMERA CALDA:

Pressocolata in camera calda

Nel corso di pressocolata, le pressioni in gioco sono molto elevate. Si va fino a 700 MPa con una velocità di flusso che può raggiungere anche i 50 mps.

⇒ Questo significa che i tempi di iniezione del metallo fuso sono estremamente ridotti, e su pezzi di dimensioni normali di pressocolata, questi tempi sono inferiori al mezzo secondo, circa.



Rappresentazione schematica del processo di pressocolata in camera calda (cilindro ricavato all'interno del crogiolo, il crogiolo fa parte della macchina)

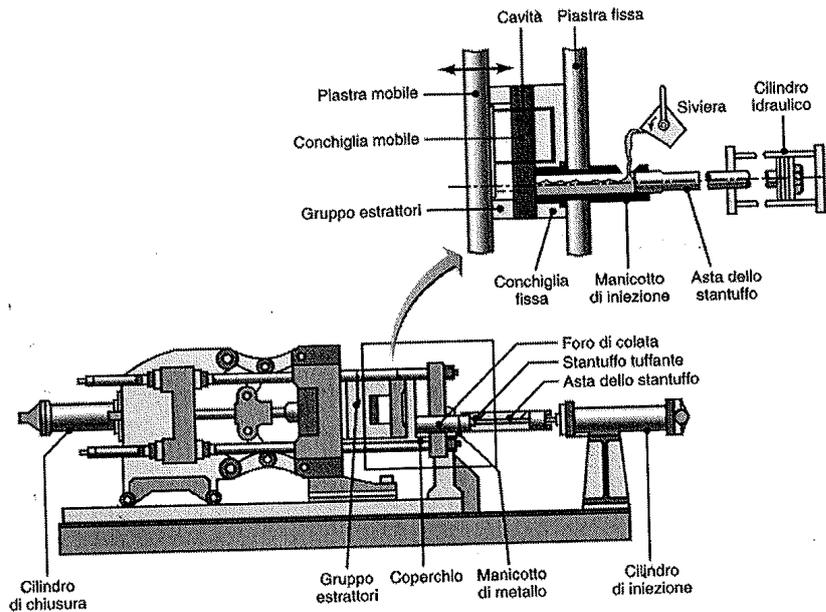
NB: È necessario utilizzare tempi così bassi perché se si utilizzano tempi più alti si ha la solidificazione della lega metallica durante il riempimento dello stampo.

⇒ Con questo processo si possono realizzare delle parti molto sottili, circa 1 mm ÷ 1,5 mm di spessore. I pezzi che si realizzano sono dei pezzi con una buona qualità superficiale ($Ra = 0,8 - 1,5 \mu m$), cioè i pezzi sono, spesso, già finiti. Inoltre, poiché la solidificazione è molto rapida, i grani sono fini, quindi il getto avrà elevate proprietà meccaniche superficiali.

NB: Quello che bisogna evitare con questo metodo è il problema di avere aria all'interno dello stampo. Infatti, se si vuole migliorare la qualità del pezzo prodotto, bisogna operare attento, ovvero svuotando l'aria dallo stampo prima di andarlo a riempire con il metallo fuso. ⇒ E non si effettua questo procedimento, bisogna tener conto che parte dell'aria sarà inglobata all'interno del componente,

● PRESSOCOLATA IN CAMERA FREDDA.

Pressocolata in camera fredda



Rappresentazione schematica del processo di *pressocolata in camera fredda*. Le macchine sono grandi se confrontate con le dimensioni del prodotto, in quanto sono richieste forze elevate per mantenere le due semiforme chiuse sotto pressione.

Per quanto riguarda il sistema, differisce dall'altro solo per il sistema di iniezione. Infatti in questo caso non c'è un crogiolo, ma il metallo liquido viene versato tramite la siviera all'interno del manicotto d'iniezione. Dopo ciò lo stantuffo verrà rapidamente spostato in modo da iniettare il metallo all'interno dello stampo. →

Note: In questa fase si può avere la presenza di scorie o di ossidi, nella vena fluida perché è a contatto con l'atmosfera. → quindi, questo sistema non viene utilizzato per le leghe di Mg ma si usa molto più le leghe di Al.

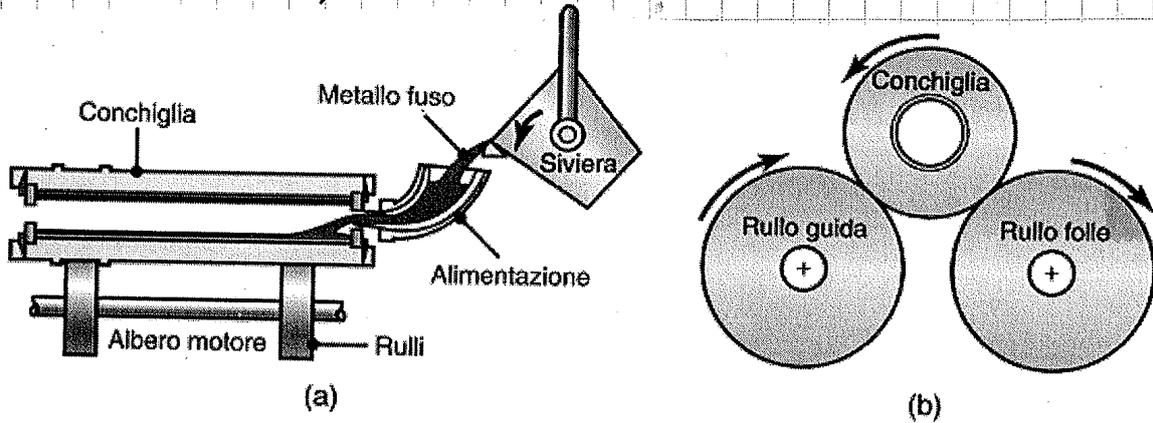
→ la produttività è generalmente più bassa, tra i 150-300 pezzi all'ora perché il processo è leggermente più lungo. Inoltre, anche questo processo può essere automatizzato, e l'operazione automatizzata permette di migliorare il getto, o comunque avere una qualità costante perché dipende dalla velocità di iniezione e quindi dalla colata della siviera.

In generale, è più semplice una macchina in camera fredda ed è anche meno costosa.

→ la conchiglia può presentare più impronte, tutte uguali oppure anche diverse e possono essere degli stampi combinabili. La durata degli stampi è molto elevata, fino a circa 200.000-250.000 pezzi per leghe di Mg e Al, mentre solo 50.000-60.000 pezzi nel caso di leghe di Cu, che attaccano maggiormente il materiale dello stampo.

• **COLATA CENTRIFUGA:**

È una semplificazione delle vero e propria colata centrifuga (cioè quella che vediamo noi è una semplificazione).
 Tramite la colata centrifuga è possibile realizzare componenti cilindrici cavi quali tubi, come da pistola ecc.



Rappresentazione schematica del processo di colata centrifuga. Tubi, incamiciature cilindriche e componenti simili cavi possono essere prodotti con questa tecnica.

⇒ Il metallo fuso viene colato dalla siviera in un opportuno sistema di alimentazione all'interno della conchiglia. La conchiglia è posta in rotazione mediante un rullo guida e sostenuta da un rullo folle.

La conchiglia non ha una forma particolare ma è una superficie cilindrica uniforme, ma si possono realizzare tramite questo metodo anche delle forme più complesse come anche dei "dischi" nel tubo stesso.

NB: Si possono realizzare elementi cilindrici da 13 mm a 3 m di \varnothing , (da 0,013 a 3 m) e la lunghezza massima è fino a 16 m. Lo spessore delle pareti è da 6-125 mm.

⇒ Esistono due varianti della colata centrifuga:

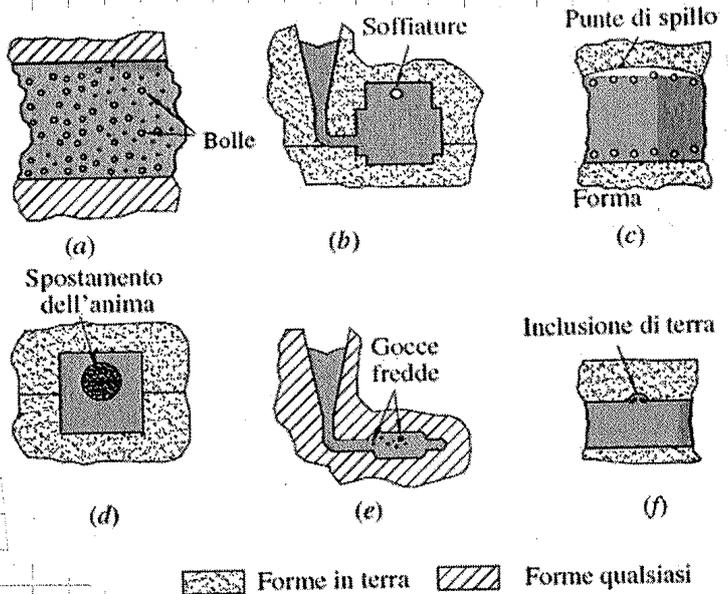
- **COLATA SEMICENTRIFUGA**, in cui si possono realizzare tutti quegli oggetti che hanno una simmetria rotazionale (es. ruote con razze, ecc.). NB: con questo metodo, poiché le impurità hanno un peso inferiore, rimangono all'interno e possono poi essere eliminate;
- **COLATA PER CENTRIFUGAZIONE**, con cui si può realizzare qualsiasi geometria. In questo caso il modo di rotazione ha la capacità di velocizzare il metallo fuso, che viene spinto verso l'esterno e che, quindi, andrà a riempire le forme che sono presenti sull'esterno.



Alcuni esempi:

CRICCHE A CALDO: si formano quando la sabbia è troppo piccola e non lascia ritirare bene il metallo, che, ancora caldo, ha un cono di rottura inferiore. Poiché si ritira, risulta progressivamente più tensionato ma non ha spazio per ritirarsi e allora si spacca.

GOCCHE FREDEE: si verificano quando avviene una colata a picco. Le gocce sulle pareti si raffreddano prima e quando vengono inglobate nel getto, questo non riuscirà più a fonderele dando difetti. Solo se il getto le ingloba velocemente quando sono ancora calde allora non dovremo difetti.



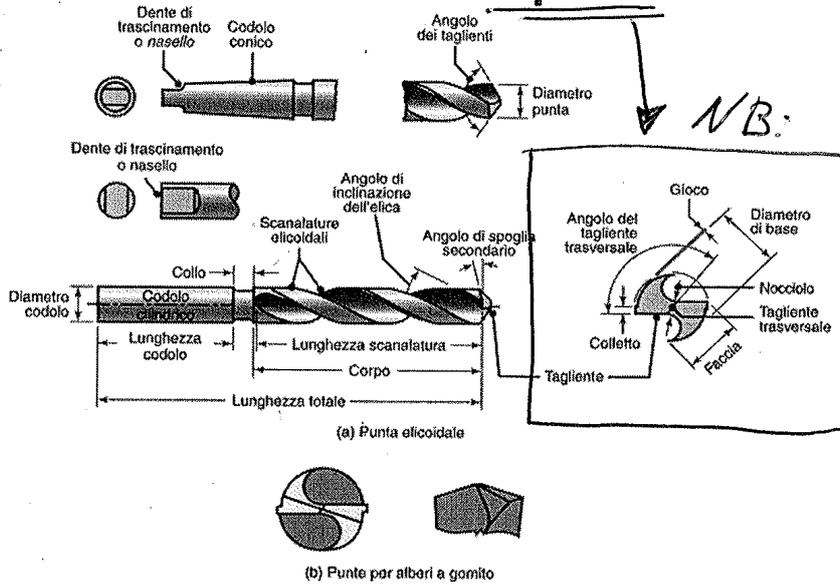
SINTESI TECNICHE DI FONDERIA:

Sintesi

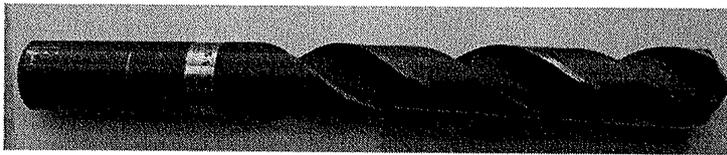
Processo	Vantaggi	Svantaggi
Colata in terra	Quasi tutti i metalli possono essere colati; nessun limite di dimensione, forma o peso; bassi costi delle forme.	Richieste alcune operazioni di finitura; finitura abbastanza grossolana; tolleranze ampie.
Colata in guscio	Buona accuratezza dimensionale e finitura superficiale; elevata produttività.	Dimensioni del pezzo limitate; richiesti modelli e attrezzature costosi.
Modello a perdere	La maggior parte dei metalli possono essere colati senza limitazioni in dimensioni; forme complesse.	I modelli hanno bassa resistenza meccanica e possono essere costosi quando in numero limitato.
Forma in gesso	Forme complesse; buona accuratezza dimensionale e finitura superficiale; bassa porosità.	Limitato a metalli non ferrosi; dimensioni e volumi produttivi limitati; tempo per realizzare la forma abbastanza lungo.
Forma in ceramico	Forme complesse; tolleranza strette; buona finitura superficiale.	Dimensioni del pezzo limitate.
Cera persa	Forme complesse; eccellente finitura superficiale ed accuratezza dimensionale; quasi tutti i metalli possono essere colati.	Dimensioni del pezzo limitate; modelli, forme e manodopera dai costi elevati.
Forma permanente	Buona finitura superficiale e accuratezza dimensionale; bassa porosità; elevata produttività.	Elevati costi delle forme; forme dalla complessità limitata; non adatto per metalli a elevato punto di fusione.
Pressocolata	Eccellente finitura superficiale e accuratezza dimensionale; elevata produttività.	Elevati costi delle forme; forme dalla complessità limitata; generalmente limitato a metalli non ferrosi; lunghi tempi di attraversamento.
Colata centrifuga	Grandi componenti cilindrici di buona qualità; elevata produttività.	Attrezzature costose; forme dalla complessità limitata.

punte dell'elica, che sono responsabili dell'espulsione del materiale.

La punta ad elica



Due tipologie comuni di punta a elica: (a) Punta elicoidale. La funzione dei due colletti è quella di fornire una superficie di riferimento sulle pareti del foro, per guidare la punta durante la lavorazione. Esistono anche punte con 4 colletti per una migliore accuratezza; esistono inoltre punte con geometrie rompitrucolo. (b) Punta per alberi a gomito. Queste punte presentano una buona capacità di centraggio e poiché il truciolo tende a rompersi facilmente, sono adatte per realizzare fori profondi.

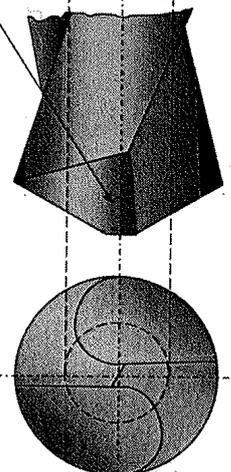


- ⇒ La punta si compone di 2 parti:
- la parte terminale, detta CODOLO, che può essere cilindrica o conica, è la parte che serve per l'attacco all'utensile e per la trasmissione del moto dal mandrino.
 - la parte a destra, detta CORPO, è la parte attiva dell'utensile. Ha un tratto conico, al fondo, per permettere di ottenere gli opportuni angoli di spoglia, necessari per l'espulsione di materiale (gli angoli di spoglia sono funzione del materiale da lavorare).

NB: Quando si lavora l'acciaio, l'angolo delle punte non è di 120° , ma è di 118° , ma può assumere valori diversi per altri materiali. → gli angoli sono essenziali per la definizione della geometria nella zona di taglio.

Sulla punta sono presenti due scanalature che partono dallo spigolo tagliente e che si avvolgono ad elica sull'utensile. → Queste due scanalature riducono la rigidità dell'utensile ma servono a evacuare il truciolo (poiché nasce all'inizio del tagliente), che infatti, fluisce lungo le scanalature. Servono inoltre ad iniettare il fluido refrigerante per abbassare le T che si generano e per ridurre l'usura.

Cilindro Sezione



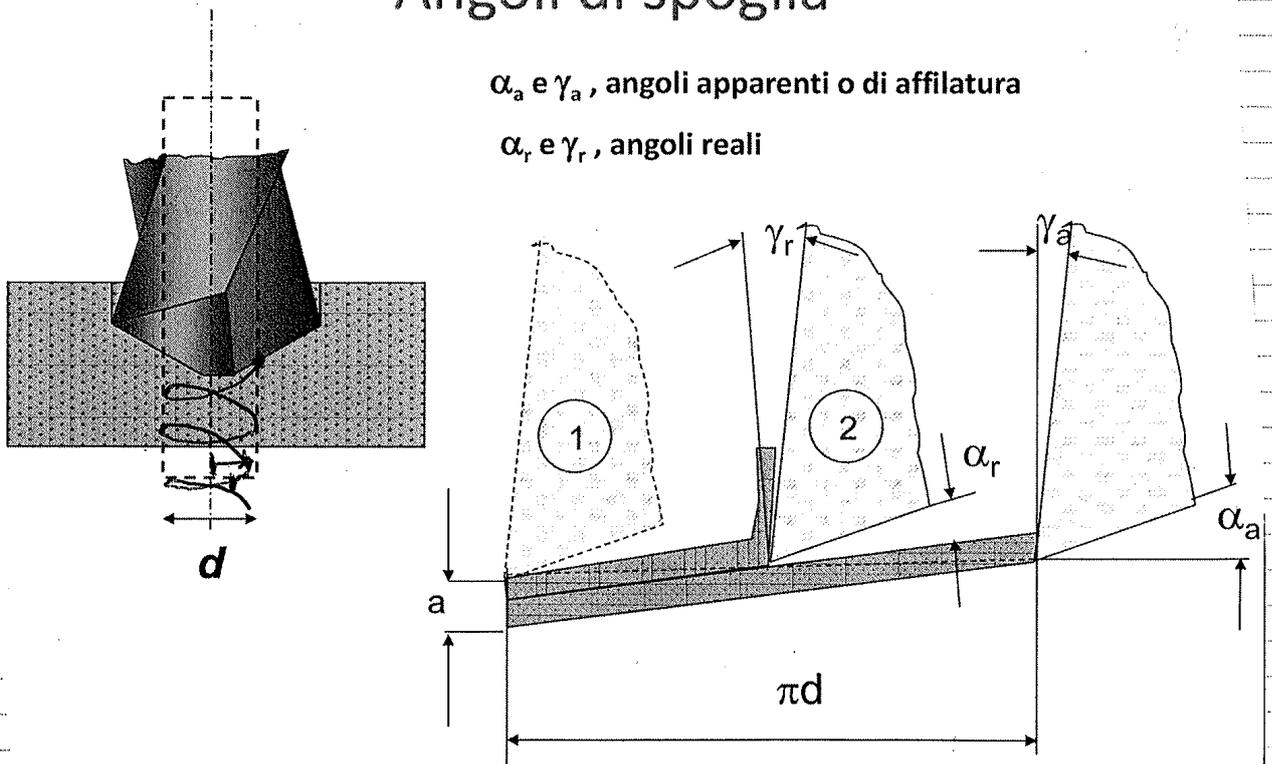
Suolo, anche, una certa azione di levigatura delle parti in quanto striscio, ma, nonostante ciò, la qualità superficiale è scarsa.

Gli angoli di ricaduta sono E , detto POINT ANGLE che vale 55° per gli acciai (semplificato spesso a 45°).
L'angolo dell'elica φ , per gli acciai compreso tra $24^\circ - 32^\circ$, di solito si usa $\varphi = 30^\circ$. Se il materiale è più duttile l'angolo dell'elica tende ad aumentare, se è meno duttile a ridursi.

Molto importante è l'angolo di spoglia inferiore α : serve ad evitare che il fianco dell'utensile strisci sulla superficie lavorata. Aumentare questo angolo vuol dire ridurre lo scivolo resistente dell'utensile, quindi per ciascun materiale è limitato.

• ANGOLI DI SPOGLIA:

Angoli di spoglia



Si dividono in angolo di spoglia inferiore (α) e angolo di spoglia superiore (γ)

Consideriamo un punto sullo spigolo tangente che si trova a una distanza $r = d/2$ dall'ore.
Questo punto, sul tangente, seguirà una traiettoria che è combinazione di due movimenti: la rotazione e la traslazione.

L'angolo di spoglio principale γ tende ad aumentare andando verso l'axe neutro, mentre α tende a ridursi andando verso l'axe.

NB: Quindi l'angolo problematico è α , in questo, invece, un aumento di γ migliora la formazione dell'utensile.

- Per evitare che α tenda ad annullarsi, sull'axe della punta si realizza un α apparente che non è costante, ma è variabile sulla lunghezza del tagliente.
- Ciò si ottiene facendo ruotare la punta rispetto alla mole secondo un percorso che realizza una superficie conica.

• TRAPANO:

Il trapano è la macchina utilizzata per l'esecuzione dei fori. Questa macchina deve dare entrambi i movimenti, sia quello di rotazione che quello di avanzamento.

Esistono tre tipologie di trapani:

- TRAPANO SENSITIVO;
- TRAPANO A MONTANTE;
- TRAPANO RADIALE (o a BANDIERA).

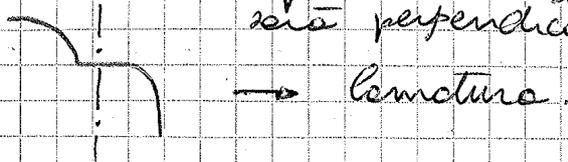
Il TRAPANO SENSITIVO è il più semplice. È formato da una base, su cui viene fissato il pezzo tramite una morsetta, o con delle staffe, e viene allineato axe con axe. La piastra prima non ha un sistema per elevare il pezzo, per cui quando lo foro deve portarlo all'altezza giusta per il foro. C'è una colonna in cui vi è il motore elettrico, il cambio per la V_6 e il mandrino su cui viene posizionato l'utensile. Posso regolare la velocità di rotazione ma il moto di avanzamento è manuale. Con questo trapano posso eseguire fori piccoli fino a 10 mm.

La versione più usata è il TRAPANO A MONTANTE perché aggiunge due possibilità. Sulla base c'è un montante su cui è montata una tavola ed è regolabile d'altezza. Sopra invece c'è la testa motrice con il motore, il cambio di V_6 e il cambio di V_4 . Quindi può essere sia manuale che automatica l'operazione. Con questo trapano si eseguono fori di alcune decine di mm.

Il trapano RADIALE è un trapano più grosso, che serve per lavorare pezzi pesanti e di grandi dimensioni. Qui, tutti i movimenti devono essere dati dall'utensile, non solo il movimento di taglio e quello di avanzamento, ma anche quelli di spostamento, ed quelli di posizionamento axe utensile rispetto axe pezzo.

Sulla colonna c'è una bandiera, che è un elemento

di presentare una superficie curva si usa una lamina in modo da presentare una superficie piana che sarà perpendicolare all'asse del foro.



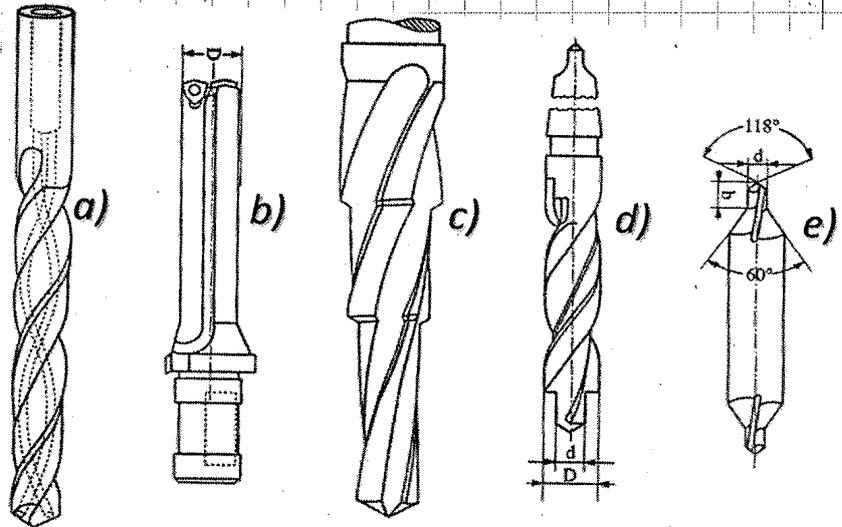
oppure si realizza una maschera di braturo particolare, cioè un elemento che cade a seguire esternamente il profilo della superficie su cui realizziamo il foro.

NB: Tutto quello visto finora riguarda le punte elicoidali.

• LE PUNTE:

Esistono altre tipologie di punte per la realizzazione dei fori.

a) Presente dei canali interni per il passaggio dell'olio, che per lavorare gli materiali in cui si ha un forte sviluppo di calore. Per le punte meno costose il lubro = refrigerante passa attraverso le scandole e arriva fino alla punta.



- a) Punta con passaggio olio interno
- b) Punta per fori profondi
- c) Punta a più diametri
- d) Punta per viti con testa ad esagono incassato (brugola)
- e) Punta da centri

Se si vuole un effetto più forte, si usano le punte con il passaggio con canali interni, con le quali, grazie alla pressione, si fa arrivare l'olio, più rapidamente e in modo migliore, alla punta.

b) Servono per la realizzazione di fori profondi; si può arrivare a rapporti anche di $L/d \cong 300$. Queste punte presentano delle scanalature longitudinali, non a elica, con la struttura dell'utensile è più rigida. Inoltre, quando i fori sono di diametro abbastanza elevato per permetterlo, si possono utilizzare anche degli inserti superduri sulla punta della punta. → la punta deve essere almeno di 25 mm perché l'inserto più piccolo che esiste è di 6 mm e bisogna metterne minimo due

(→ $6+6 = 12$ →) nelle volte, queste punte hanno anche un cuore interno di materiale ad alta resistenza, come il Tungsteno (W)

utensile monotagliante

Questi taglienti possono essere dritti oppure curvati ad elica, e generano delle scanolature lungo l'utensile

NB: Dovendo eseguire solo la punitura, il materiale rimosso è molto poco, lo spessore del truciolo sia molto piccolo e le velocità di lavoro molto elevate.
 => Non c'è il problema dello smaltimento del truciolo perché l'alesatura è eseguita su un foro preesistente, che quindi ha un "vuoto" finale, nel quale può essere raccolto il truciolo.

• BARENATURA:

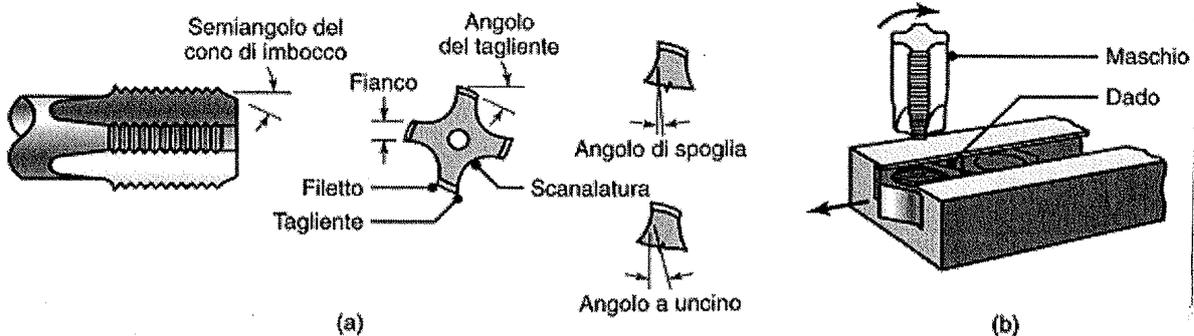
È un'operazione simile all'alesatura, ma utilizza un utensile monotagliante che viene fatto ruotare intorno al proprio asse (molto simile a una tornitura interna).

NB: → Gli utensili baresi hanno un tagliente che può essere regolato (come posizione) quindi è possibile lavorare diversi diametri. (mentre l'utensile alesatore lavora solo un diametro).

• MASCHIATURA:

È l'operazione di foratura che serve per ottenere una filettatura interna.

La maschiatura



NB: Una filettatura è realizzabile anche al tornio ma tramite un inserto di forma opportuna.

Per l'operazione di maschiatura, si utilizza un utensile che

La forza di taglio F_t è applicata a una distanza $D/4$ dall'asse. Quindi $D/2$ sarà il braccio tra le due forze di taglio F_t che genereranno una coppia (C_t)

$$\Rightarrow C_t = F_t \cdot D/2 \quad \rightarrow \text{Coppia di taglio}$$

Sperimentalmente si osserva che l'azione sullo spigolo centrale contribuisce per il 50% alla definizione della resistenza assiale. Per cui si ha vice: $R_s \approx 2 F_a$

$$\Rightarrow R_a = 2 F_a + R_s = 2 F_a + 2 F_a \approx 4 F_a \equiv R_a$$

Dal metodo del K_s si ha che $F_t = K_s \cdot A_0$

$$\Rightarrow C_t = F_t \cdot D/2 = K_s \cdot A_0 \cdot D/2 = K_s \cdot \left(\frac{a}{2} \cdot \frac{D}{2}\right) \cdot \frac{D}{2} = \left[\frac{K_s \cdot a \cdot D^2}{8} = C_t\right]$$

NB: le formule appena trovate nascono da una situazione molto approssimativa.

In ogni caso C_t e $R_a = f(a, D)$, quindi sperimentalmente, e similmente alla legge di Taylor, anche per questo caso sono stati trovati altri parametri moltiplicativi (a seconda del materiale e della punta), quindi costanti e esponenti sperimentali.

$$\Rightarrow \text{si ha quindi: } \left. \begin{array}{l} R_a = C_2 \cdot a^{x_2} \cdot D^{y_2} \quad [N] \\ C_t = C_1 \cdot a^{x_1} \cdot D^{y_1} \quad [Nm/mm] \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{utilizzazione per} \\ \text{gli esercizi perché} \\ \text{più precise} \end{array}$$

$$\text{La potenza totale sarà quindi: } P_{tot} = C_t \cdot w + \underbrace{R_a \cdot v_a}_{\text{Coppia di solito trascinabile}}$$

$$\text{dove } v_a = a \cdot n$$

$$\text{Il tempo di taglio sarà invece: } t = \frac{s + e}{v_a}$$

$$\text{dove } s \text{ è lo spazio percorso, cioè} \\ \text{piato, e "e" è l'estaccatura che} \\ \text{deve svolgere l'utensile ed è pari a: } e = \frac{D/2}{\tan(\phi/2)}$$

dove ϕ è l'angolo della punta dell'utensile (per acciai vale 118°)