



appunti
www.centroappunti.it

Corso Luigi Einaudi, 55/B - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 2299A

ANNO: 2018

APPUNTI

STUDENTE: Zarrelli Mattia

MATERIA: Tecnologie Meccaniche - Prof Carle

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 STUDENTI E NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

TECNOLOGIA MECCANICA

la fusione nasce nel 1800 a.C. e consiste nell'ottenere la forma desiderata di un metallo reso in una prima fase allo stato liquido. Con le giuste condizioni è possibile ottenere, in seguito alla solidificazione, il prodotto desiderato. La forma può essere:

- (1) A perdere: se viene distrutta durante la colata → Non riutilizzabile
- (2) Tranforma: se può essere recuperata → Riutilizzo della forma

La forma viene creata in due parti separate in genere e poi riunite lasciando una traccia di tutto ciò. Con questa tecnica inoltre il pezzo viene prodotto senza di spigoli vivi e con buche o appendici per tanto dopo questa prima fase dovrà essere lavorato alle macchine utensili. I processi di fusione non sono inoltre facilmente automatizzabili, anzi rimangono lavori manuali.

↳ Fusione poco automatizzabile

Fattori nei processi di Fonderia

- (1) All'inizio si ha del metallo fuso all'interno di una cavità della forma. La problematica più grossa è data dal fatto che il metallo fuso supera i 1000 / 1500 °C per tanto tutte le strutture coinvolte sono soggette a stress meccanico, chimico e termico. Un altro problema è che 1 l di H_2O pesa 1 kg mentre 1 l di una lega fusa pesa 718 kg e ciò causa usura e altre problematiche agli apparecchi con cui viene a contatto. → Stress delle strutture e usura materiali
- (2) Durante la solidificazione lega si raffredda cedendo calore all'ambiente e ritirandosi (il materiale rimpicciolisce). Per ovviare a questo problema occorre produrre stampi con dimensioni superiori del pezzo da ottenere. → Ritiro della lega
- (3) Le interazioni che vi sono tra colata, stampo e ambiente sono rilevanti. È necessario controllare le velocità di raffreddamento perché certe zone solidificheranno prima di altre andando a modificare le proprietà meccaniche del pezzo → Velocità raffreddamento diverse
- (4) Notevoli sono le relazioni che vi hanno tra acciai fusi e stampi

→ Dendriti vicino alla "pelle"

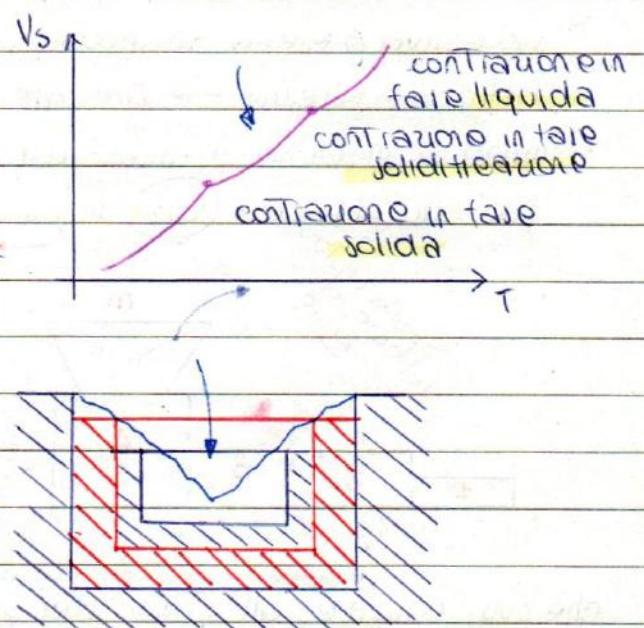
formeranno in prossimità dello strato esterno creatosi in precedenza (la "pelle") il problema è che le dendriti non sono uniformi al loro interno, ma saranno ricche di quell'elemento in lega che è dotato di una fusione minore. Ecco che ciò prende il nome di **microsegregazione** e riguarda questo detto che caratterizza una **disomogeneità** all'interno delle dendriti. Parliamo invece di **macrosegregazione** quando ci riferiamo alla disomogeneità del getto intero il quale va a posizionare al **centro** i materiali con punto di fusione **più alto**, le dendriti, se lasciato solidificare lentamente, generano una **struttura lamellare**. Per evitare ciò è possibile intervenire per mezzo di:

- ① Inserzione di **VIBRAZIONI** durante la solidificazione
- ② **ULTRAVUONI**
- ③ **SISTEMI MAGNETICI**

(c) la struttura interamente equiaerea si ottiene per mezzo di **germananti o nucleanti** che costano e pertanto per ottenerne una struttura simile si prediligono i trattamenti termici.

La solidificazione dei getti

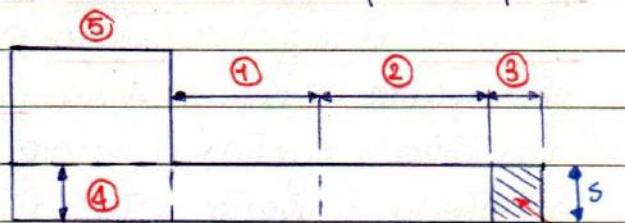
Si verifica in seguito a una serie di **contrazioni** le quali vanno a generare un'impennone nel materiale detta **cono di ritiro**. Questo si verifica perché lo strato di materiale più all'esterno scambia maggiormente calore con l'esterno. In seguito vi sarà una contrazione che porterà alla riduzione del volume del liquido il quale genererà un secondo strato di materiale ancorato al primo e così via generando alla fine il cono di ritiro. Tale cono rappresenta un difetto all'interno del materiale del porotto tinto. Per uscire a eliminare questo problema viene inserito un elemento detto **materozza** (descritto in seguito). → **Materozza ovvia al problema del cono di ritiro**



Dentro raggio d'azione
all'interno del quale vi è un continuo appporto di materiale fluido proprio grazie al fatto che la matrice è inserita nel punto in cui è richiesto più tempo per la solidificazione.

a) Raggio di influenza : $R = k \cdot s$

dove s è lo spessore e k è una costante che dipende dal materiale.



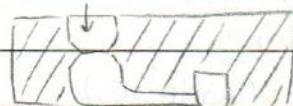
b) Effetto di estremità : non dipende dal materiale ma solo dalla geometria del poro secondo la legge $3,5 \cdot s$. Rientra sempre nel campo di influenza della matrice.

c) Raffreddatore : elemento in genere in metallo che viene inserito per aumentare gli effetti della matrice. In particolare vengono impiegati laddove il poro presenta degli intrecci a "T" per evitare che la zona al centro dell'intreccio, in genere molto sollecitata, sia nascosta di imponenti.

La matrice

E' importante specificare quante e di che forma occorre inserire le matrici che possono essere :

(1) A cielo aperto



(2) chiusa : è comunque collegata con l'esterno per sfruttare la pressione atmosferica e far circolare il fluido nel poro.

L'attacco tra matrice e poro è detto collare ed è di dimensioni inferiori poiché permette di separare in maniera più rapida la matrice in eccesso dal componente. Vengono alle volte impiegate delle pulci alla matrice per mantenerne alta la temperatura. Esse sono però molto nocive e i prototipi non utilizzarle. La forma delle matrici dovrebbe essere ideale. Te stessa poiché una stessa possiede una superficie maggiore a parità di volume. È però complicato produrre con questa forma pertanto sono in genere CIUDRICHE o CONICHE, non ottimali ma piuttosto buone.

$$* M = \frac{ab}{2(a+b)} \text{ collare}$$

I sistemi di colata ←

Il getto fuso viene inserito in un bacino di colata costituito da una prima conca riempita di fluido il quale solo per TRAGIMENTO finisce

delle linee che si sviluppano radialmente, producendoli con uno tecchettò, per facilitare la fusibilità dei gas nonostante comunque la Terra da fonderia sia già un materiale poroso. Sono presenti due stalle, una superiore e una inferiore, per contenere il materiale fuso.

Tipologia dei sistemi di colata

(1) Colata in piano: il canale di colata si apre sul piano di divisione delle stalle. Tutti gli elementi coinvolti sono con forme Tondeggianti per facilitare la loro estrazione. Inoltre il TUTTO è costituito da modelli componibili. È presente una zona di raccolta dopo il canale di colata in cui il perno deve essere ben raccordato per evitare una erosione elevata.

(2) Colata diretta: questo è sconsigliato per il problema della formazione delle porose fredde. Se il canale è molto lungo si genera no per via di uno shock termico il quale inoltre può portare all'erosione dei componenti.

(3) Colata in sorgente: il canale di colata è sul tondo e perciò occorre inserire più stalle e più piani di lavoro. Il "n° stalle" è "n° piani + 1". Occorrono Tempi che più lunghe, riempimento più graduale.

Durante le colate si riserva un'ansa cava del perno si inserisce a punto un elemento che ci aiuti ad ottenerlo: un'anima interna.

La progettazione dei modelli e delle anime

MODELLO → FORMA

E' necessario riscrivere a riaprire il TUTTO e per far ciò in maniera più rapida e comunque per riuscire in genere occorre smussare il TUTTO e ciò richiede un'ulteriore lavorazione del perno finale. È possibile inserire due canali di colata, ma nascono dei problemi quando le due leghe vanno ad incontrarsi poiché possono avere differenze termochimiche. Quando si va ad estrarre gli elementi occorre prestare attenzione peculiarità del fatto che il perno si trova sempre e comunque all'interno di Terra friabile.

Bisogna sempre considerare che gli angoli di sforno sono impossibili da muovere e bisogna tenere in considerazione. Invece modelli in legno

come quello dell'acciaio sia il doppio di quello della ghisa.

Raccordi su angoli e spigoli Angolo $\cong \angle$; Spigolo $\cong \Gamma$ (TABELLA)

Si prediligono per gli spigoli valori almeno pari al quarantotto. Questi raccordi sono importanti anche per il fenomeno di dispersione termica in modo da generare delle isoterme* parallele alla superficie. I raccordi sono utili per il raffreddamento dunque. Inoltre il raccordo evita che durante il raffreddamento si generino in maniera accentuata delle Tensioni interne al materiale che devono essere tolte solo con trattamenti termici successivi, + migliore Tenuta della Terra

* miglior andamento delle isoterme di raffreddamento

Placche modello

il modello

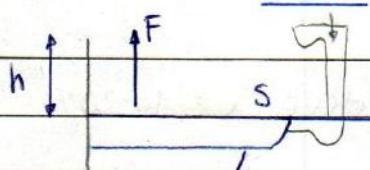
Sono placche che se accoppiate ci danno il perro (o meglio la sua forma). Sono presenti anche portate d'anima che sostengono appunto l'anima. Per le strette si impiega l'acciaio e sono gli elementi che reggono le spinte metallico-statiche. Alle volte le strette sono tolte o messe durante la colata, ma in genere invece sono presenti. Vi sono nelle strette elementi di riferimento come i pici che uniscono le placche modello e le strette.

Durante la formatura:

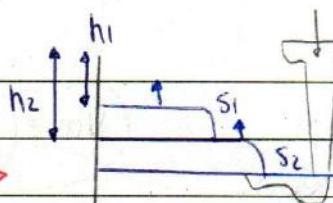
- (a) si dispone il modello: a volte si ricopre il modello con del Talco (distraccante)
- (b) inserisco le strette laterali
- (c) Riempio con la Terra compattandola e livellandola
- (d) Creazione sfatti: con un ago per eliminare i gas
- (e) Ribalto la stessa e vi pongo sopra la semi-stretta e il semi-modello superiore
- (f) inserisco il distraccante e inserisco tutti gli elementi per la colata (materozzo, canali di distribuzione, canali di colata) \rightarrow sistema di colata
- (g) Rimuovo tutto e recupero il modello \rightarrow Resta stampo da utilizzare (forma)
- + (h) Nel caso di tori inserisco un'anima che poggia sulle portate d'anima. Sarà un perro un po' più lungo in modo che questa possa poggiare da qualche parte.
- (i) Rimuovo il modello con le portate d'anima e inserisco l'anima

Creiamo quindi delle canne d'anima dove l'anima coincide con il fondo

Caso 1



Tutto nella
Statta >



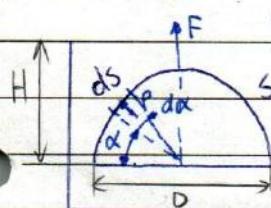
Caso 2

Tutto nella
Statta >

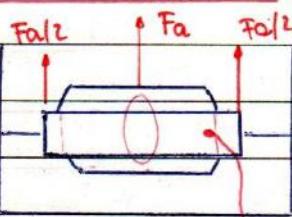
Per superfici steriche o Tonde:

$$F = \int_S p \cdot \sin\alpha \, dS = 2 \int_{\pi/2}^0 p \cdot \sin\alpha \cdot r \, d\alpha =$$

$$= 2 \left(\frac{D}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \right) [H - r \sin\alpha] \sin\alpha \, d\alpha = \frac{\pi \cdot D}{8} (H - \frac{\pi \cdot D}{8}) \cdot L$$



Sulle anime invece:



$$Fa = V \cdot f - Vt \cdot fa$$

Vt = volume dell'anima + portate d'anima

fa = peso specifico dell'anima

V = volume anima circondato da liquido

Solidificazione e modello di Chvorinov

La legge individuata dice che:

$$x = k \cdot \sqrt{t} = \text{spessore di raffreddamento}$$

Ma si solidifica con $x = s/2$ che è anche $= M$ per un cubo. Quindi:

$$M = x = k \cdot \sqrt{t}$$

Dunque

$$t = \frac{M^2}{k^2}$$

Riusciamo così a fare una stima dei Tempi di raffreddamento

Alcuni valori tipici sono:

$k = 0,088$ per acciaio

$k = 0,115$ per Al

$k = 0,07$ per Cu

Dimensionamento di una mattonella

È importante conoscere il volumen di ritiro che deve essere il 14-20% della mattonella: $Vre = 14-20\% \cdot Vm$ ①

Il volumen di ritiro deve essere correlato con TUTTO il getto:

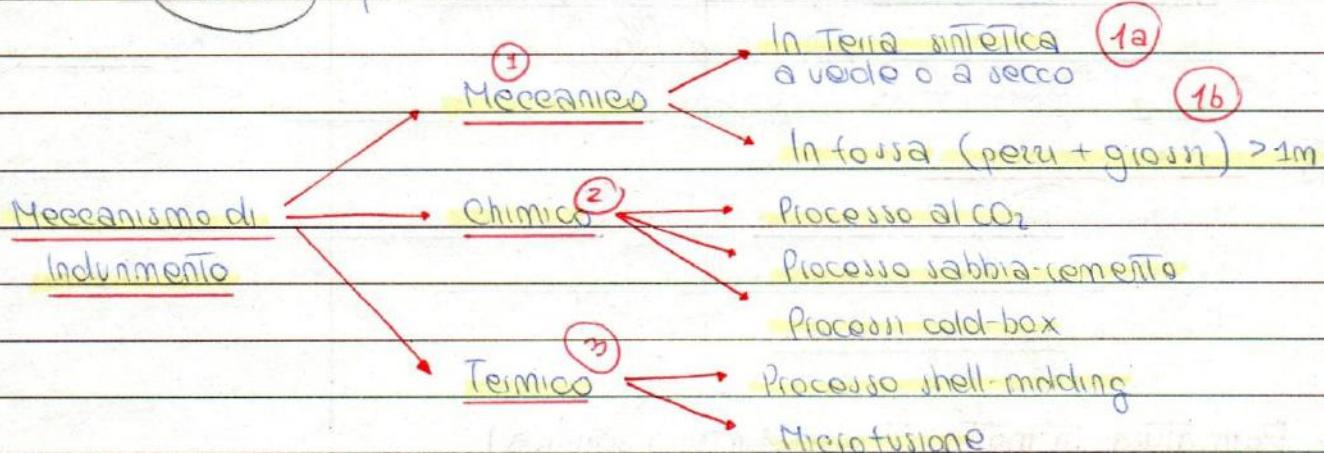
volumen getto + volumen mattonella. Definiamo b come il ritiro volumetrico

$$\text{e abbiamo: } Vre = \frac{b}{100} (Vp + Vm) \quad ②$$

Mettendo a sistema ① e ② riusciamo ad ottenere il Vm in funzione

Dove essere inoltre INERTE rispetto alla lega. (No interazioni)

I processi di formatura si differenziano per il LEGANTE, per il processo di indurimento quindi



Processo di formatura meccanica ①

① Comprimo meglio la parte sopra con la pressa A PRESSIONE

Il modello può deformarsi con la pressione (devo usare metalli)

Ho la necessità di mettere il modello nella giusta posizione rispetto alla stampa x riuscire a metterlo bene nell'altra stampa anche.

Sabbia devo avere scorrivoltoria.

Non riesco ad avere compattazione intorno (come riesco a fare con manuale)

Il prezzo è che in metodo facile è poco collato

Produzione 20 pz/ ora

Bassa qualità dimensionale

Masse < 400 kg

Recupero la Terra (in base agli additivi) fino al 70% (40÷70)

Risparmio ambientale ma devo prevedere

meccanismi per smaltire le Terre non recuperate

Ti → costi sul peso. (diretti)

② Con una Tavola VIBRANTE (Asciutta)

Sabbia deve essere scorrivoltoria, ma ha meno compattazione di prima.

Processo abbastanza rapido

Presenza di fori per far evadere i gas molto importanti, fumi e gas che risalgono innescando anche fiamme. Processo NON automatizzabile: ogni Tassello che in senso è importante.

- Non automatizzabile
- Elevata incidenza manodopera
- Pezzi molto grandi (anche 400t)
- Necessità di carri d'animi per realizzazione "Tasselli" componibili per dare forma all'oggetto
- Può avere staffe interne (isolato) anche in calcestruzzo come le pareti esterne
- Inserire dei pezzi per compenziare spinto metallostatico

Molte vengono spesso sigillate con pasta in modo che coincidano bene.

Processi di formatura chimica

PROCESSI COLD-BOX ②

→ Il legante è una resina con catalizzatore gassoso

- Processo ASHLAND → Buona finitura superficiale, sino nell'ordine dei 100kg. Problema è materiale igroscopico (limitazione con leghe Al), catalizzatore tossico che richiede attrezzature. Non posso recuperare le Terre, ma il meno importante
- { Resina = Formofenolica
Catalizzatore = Trietilammmina

- Processo SOZ → Problemi analoghi a prima. Anidride reagisce con perossido e forma anidride solforosa → + H₂O = acido solforoso. Pezzi + piccoli, ma recupero parziale del materiale. Processo con buona finitura superficiale ed elevata velocità di formatura. Recupero fino al 80% della terra.
- { Resina = Fenolica o furanica
Catalizzatore = Anidride solforosa

(= processo cold-box) • Processo CO₂ *

- { Legante = Silicato di sodio
Catalizzatore = Anidride carbonica

[Molto più automatizzabili però il gas va gestito nel modo giusto (nuovo anche)]

* qualità inferiore al caso precedente se pur comunque superiore a quella in forra. Dimensioni fino a 100t. Recupero 40% del materiale.

Terra e legante dentro una cavità poi metto tutto in

ambiente chiuso ed effettuo indumento con i gas nel cassone. Operazioni che occupano in Tempo ridotto. Processo che avviene a freddo.

Realizo Tanti modelli con mio Tampo e li collego al grappolo.

Grappolo funge da elenetto per la colata. Devo realizzare guscio (STAFFA)

che contenga grappolo. Faccio quindi prevestimento in una

sospensione di rettallano, ci immergo il grappolo e poi abbia

↳ Silice, zirconia, allumina (bassa dilatazione termica)

Pongo tutto su Tavola vibrante (il tutto sostenuto da strati e riempito

con sospensione grossolana e viscosa attorno al grappolo preinietto)

Prendo o metto in forno x indurire, scaldo a 200°C , la cera diventa

liquida e scopalo il perno, cera non eliminata TUTTA Ricottura nuova

a $650-850^{\circ}$ in modo da bruciare la cera (unico elemento che puo' rimanere è la cerata, ma è poco).

Altro Technique (modello) → grappolo → sospensione ceramica di polveri
(+ sofisticata)



zirconia, fanno di silice solide. → rotolato a rettallano
(pioggia)

che arriva dall'alto e ripete l'operazione + volte facendo

(fino a spessore voluto)

uno strato sempre più grande che viene indurito con essiccamone

che fa rimuovere anche la cera → posso fare colata non

diametralmente per evitare shock termico, prima devo cuocere

a $700-800^{\circ}\text{C}$ → Rimuovo infine il guscio e recupero il

grappolo che mi serve.

(Rottura del guscio)

(Lo Tampo può essere recuperato N volte perché la ceramica NON è aggressiva)

La realizzazione del grappolo è un punto non automatizzabile

→ Tenere in considerazione che nella microfusione abbiamo

Tenere conto della CERA che ha un suo livello di ritiro che

devo considerare nella creazione del modello. Oltre al

ritiro della lega c'è il ritiro della cera.

→ Tenere conto che faccio essiccamone in forno caldo della

forma dove ho un alto ritiro volumetrico

⇒ ottengo ottima finitura superficiale $R_a = 1-2.5 \mu\text{m}$

con spessori minimi ~ 1.5 mm in base alla solubilità del materiale

→ pezzi precisi (anche antieerba)

Devo eseguire colata in sorgente, entra da sotto nel modello in modo che gli scarti prodotti rimangano sopra e vadano negli elementi sacrificabili (materozza). Il modello di polistirene viene prima verniciato in modo che non colli la Terra appena sente l'assenza del modello. La vernice è elemento di sostegno che fa da pellicola al giri di scorrimento e alle cenere che vengono intrappolate nella forma. Quando prendo il perno lo riconosco poiché ricoperto di cenere/fuligine (Nero).

→ Evito problemi del sottosquadro nella creazione del perno

Travo il problema del sottosquadro nella creazione del modello. (+ facilmente gestibile).

→ Non ho più il piano di divisione statta unica

Metodo automatizzabile che riduce i tempi di produzione → Indicata per pezzi componibili o con anima più complessa.

Per realizzare la forma non posso essere troppo invasivo → Tavola vibrante che scuote il modello, la statta e la sabbia in modo che essa riesca a introdursi in TUTTE le cavità (Non posso essere invasivo per non deteriorare il modello di polistirene)

perché non deve entrarla

Possiamo usare la materozza per eccellenza = stenope cieca

In tal modo posso farla più piccola di un'altra materozza e risparmiare materiale che in una produzione seriale è utile e conveniente

FUSIONE IN FORMA PERMANENTE

Fusione in forma permanente

(GIUSTIFICARE COSTO)

Forma non utilizzata → Ristillata molte volte, produce grandi serie di getti

↳ conchiglia

{ 5000 pezzi per getti in acciaio
250.000 " per lega di zinco

Custo della conchiglia + elevato di una forma normale ⇒ devo ammortizzare producendo in serie (sopra le migliaia di pezzi).

Stampa di colata prodotti con acciai speciali che contengono elementi per non ossidarsi oppure in grafite.

ATTI per lavorare a caldo

COLATA in conchiglia a GRAVITÀ

Semiconchiglia fissa + Semiconchiglia mobile (avvicinata con pressa)

→ inserisco le anime dopo aver rivestito la conchiglia (gratite ad es.)

e chiudo il sistema. Dopo preriscaldamento eseguo la colata.

Dopo un certo tempo estraggo il perno. Devo eseguire sistema di

controllo che monitori TUTTE le caratteristiche critiche della colata

per estrarre ho bisogno di estrattori.

- ottima finitura superficiale $1,8 \div 5 \mu\text{m}$

- soprassoni minimi 1 mm

- angoli stanco ridotti max 30°

- forni min 2 mm (preferito x successive lavorazioni)

COLATA in BASSA PRESSIONE (8) ←

→ guardare disegno

Introduco aria in bassa pressione che agisce sulla superficie e

fa salire la lega nel condotto centrale. lega sale verso l'alto

e rimpo la conchiglia porto in alto e ancorata a un carrello che

la porta sopra la siviera che contiene la lega. Nella conchiglia

poi avviene la solidificazione. Quando interromo la pressione

la lega rientra verso il basso. Può essere usata aria, elio, Argon.

(Argon+carburi perché non agisce nell'ossidazione)

La materozza è la testa massia di lega sempre allo stato fuso

(bagnod di colata) che veniva posto sotto pressione nella siviera.

Aria a bassa pressione $0,5 \div 0,8 \text{ bar}$

L'interraccia tra liquido e solido deve essere superficie irregolare

che viene poi riportata con lavorazione.

La macchina in sé è singola: in base alla produzione cambio

la conchiglia e tutti i parametri come Tempi e Temperatura.

(Pressione mantenuta fino a solidificazione del getto)

PRESSOCOLATA in CAMERA CALDA (12) ←

→ guardare disegno

Non utilizzo più anime in ferro. Cilindro idraulico sposta stantuffo

verso il basso nel bagnod di fusione. Farcelo risalire il metallo nella

cavità dove la conchiglia è chiusa. Devo proportionare bene

Sistema automatico in cui un manipolatore rovescia la sivola nella camera (fredda) del cilindro.

PRESSOCOLATA SOTTO VUOTO (18)

Rimuovere aria e gas da buttare verso l'esterno. Tecnica del lavoro sottovuoto che comporta un incremento del peso (Tecnica associata alla sola pressocolata). Collegamento con ester con macchina del vuoto, condotti devono giungere alla conchiglia. Farlo vuoto e già una parte di liquido risale nel canale del cilindro (non basta) → Iniezione nella cavità per riempire tutto.

Continua ad aspirare durante il processo, interrompe alla fine solo per estrazione del perno. Tempi simili alla pressocolata (700 pz/h). La chiusura della conchiglia (e la macchina in generale) è analoga alle altre macchine da pressocolata.

LA CONCHIGLIA nella Pressocolata

Posso assemblarla in molti modi. Posso creare con singola o molteplici cavità. Ci sono anche conchiglie che realizzano più di un perno. Posso anche introdurre pezzi nella cavità e realizzare poi l'iniezione in modo perciò che il perno rimanga all'interno del perno (non sono una vera e propria anima) → ottengo così oggetti bicomponente.

Squeeze casting (29)

"liquid metal forging"

= Forgiatura a metallo liquido → Nato tra forgiatura e fonduita.

Ho una cavità fissa, introduco una lecca dall'esterno, chiudo poi l'altra metà dello stampo

il sistema entrando nella lega. Rimuove poi il perno. Processo automatizzabile. Non ottengo perno completamente finito, devo procedere a finito successivamente. La conchiglia NON è porosa, va riscaldata prima e tutti i parametri tecnologici (Temperatura, Tempi ecc) vengono gestiti

da un sistema. Conto degli stampi abbastanza elevati → ammortizzatori con grosse produzione di pezzi, pezzi con Ra ~ 2 μm (elevata finitura), scarico di materiale minimo. Producendo normalmente leghe leggere con Temperature in gioco più basse.

TOLERANZE SU PRODOTTI in forma Transitoria (33)

PROCESSI FUSORI

Presso fusione

Micofusione

Shell Moulding

Colata in forme permanenti (centrifuga)

Colata in forme permanenti (staziona)

Colata in sabbia (non ferrosi)

Colata in sabbia (ferrosi)

RUGOSITÀ (Ra) (μm)

$0,5 \div 3$

$1,5 \div 3$

$3 \div 7,5$

$0,5 \div 7,5$

$5 \div 10,5$

$7,5 \div 14$

$19 \div 23$

TIPO di FUSIONE

Terra nera

Cold Box

Shell molding

TOLERANZA (mm)

$\pm 0,5 \div 4$

$\pm 0,25 \div 1,2$

$\pm 0,25 \div 1,2$

DIFETTI (34)

FORMA del getto

- Deformazioni
- Spontanee
- Fuori staffa
nave

DIFETTI PALESI

SUPERFICIE getto

- Aspetto
- Staglie
- Cadute sabbia
- Tacconi
- Erosioni
- Vetrificazione

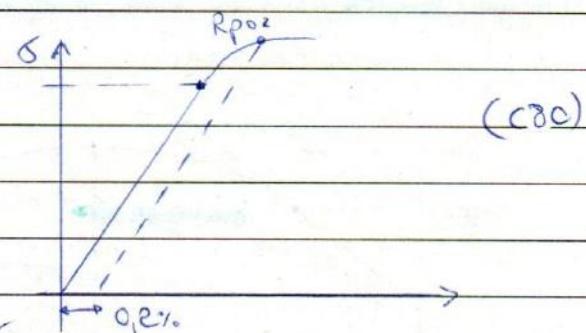
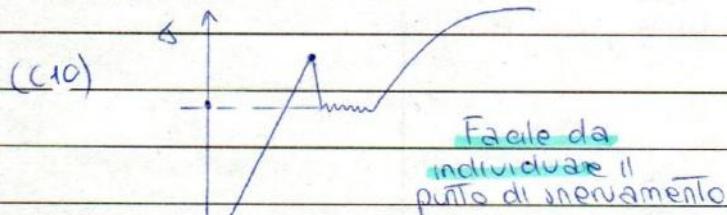
TUTTO il getto

- Saldature
- Incompletezze
- Fughe di metallo
- Incannature
- Cedimento

- Curva ingegneristica che prevede decadimento fino a frattura dopo carico max → diagramma riferito alla sezione iniziale
- curva vera dovrà tener conto del cambio di sezione durante la prova

(A)

Punto di snervamento



+ difficile da individuare quindi prendo R_{poz} = carico con lo 0,2% di deformazione plastica

Rapporto di Poisson

Volume = costante

$$\Rightarrow \nu = -\frac{e_z}{e_x} = -\frac{e_y}{e_x}$$

contrazione nella direzione z e y

rispetto ad allungamento in x \Rightarrow segno \ominus

Modulo di elasticità di Young

$$S = E \cdot \epsilon_0$$

m&odulo \rightarrow deformazione

— stato normale

\rightarrow Taglio

$$T = G \cdot \gamma$$

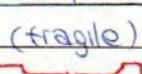
La Relazione che lega Young, poisson e G

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

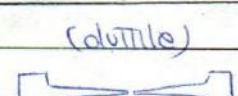
DURITUTTA

= pari all'ammontare di deformazione plastica del materiale

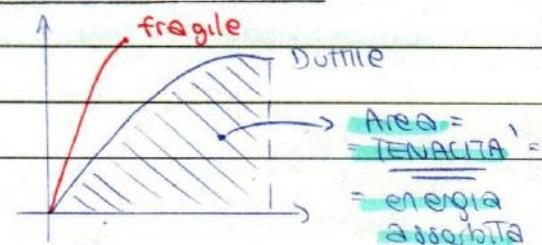
prima di arrivare a rottura

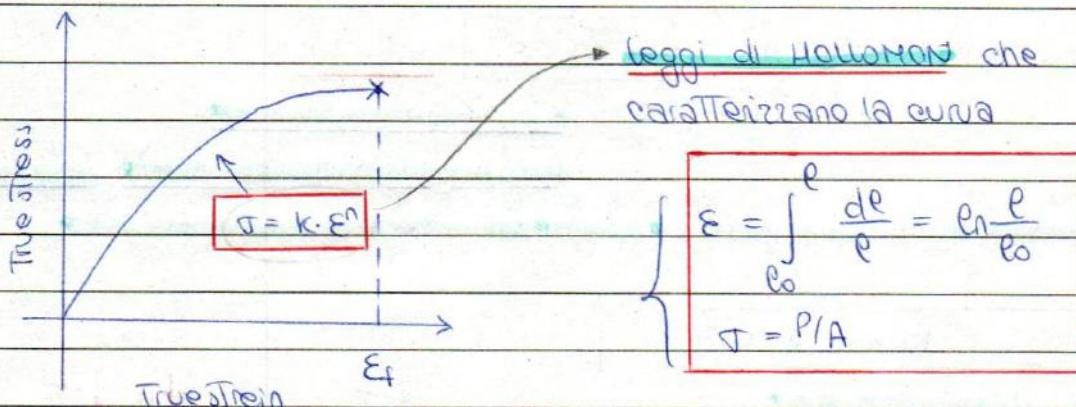


(fragile)



(duttile)





(esempio) + provino $\varepsilon_0 \rightarrow \varepsilon_f = 2\varepsilon_0$ con trazione

$$\left\{ \begin{array}{l} (N) \quad \epsilon = \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_f - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} = \frac{2\varepsilon_0 - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} = 1 \quad = 100\% \text{ di def.} \end{array} \right.$$

$$(V) \quad \varepsilon = \ln \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_0} = \ln \frac{2\varepsilon_0}{\varepsilon_0} = \ln 2 = 0,69 \quad = 69\% \text{ di def.}$$

→ risultato diverso di determinazione

+ provino $\varepsilon_0 \rightarrow \varepsilon_0/2$ con compressione

$$\left\{ \begin{array}{l} (N) \quad \epsilon = \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_f - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} = \frac{-1/2 \varepsilon_0}{\varepsilon_0} = -0,5 \quad = -50\% \end{array} \right.$$

$$(V) \quad \varepsilon = \ln \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_0} = \ln \left(\frac{1}{2}\right) = -\ln 2 = -0,69 \quad = -69\% \text{ def.}$$

→ "Vera" mi dà valori simmetrici per compressione e trazione → conveniente

+ provino $\varepsilon_0 \rightarrow \varepsilon_f = 0$

$$(N) \quad \epsilon = \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{0 - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} = -1 = -100\%$$

$$(V) \quad \varepsilon = \ln \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_0} = \ln \frac{0}{\varepsilon_0} = \ln 0 = -\infty$$

→ "Vera" ci dice che effettivamente non è possibile!

EFFETTO della TEMPERATURA

- incrementa la duttilità

Tenacità

- decremente

esponente n

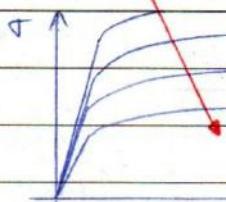
modulo elasticità

(\rightarrow varia la pendenza tratto elastico)

limite inerimento (R_{02})

Resistenza utile (R_u)

aumento T



$$\sigma = k \cdot \epsilon^n$$

($n \rightarrow 0$)

(Flusso plastico) $\rightarrow \epsilon$

EFFETTO della VELOCITÀ di deformazione

$$\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt} = \frac{1}{dt} \cdot \frac{de}{e} = \left(\frac{v}{e} \right)$$

velocità del processo
(con cui si svolgono lavorazioni)

relativa alla geometria

Velocità di deformazione vera

es. $\epsilon = 0,1 \div 0,5$ $v = 0,1 \div 100 \text{ (m/s)}$ $\dot{\epsilon} = 1 \div 10^3 \text{ s}^{-1}$ forgiatura
laminazione

La Relazione Tra resistenza
e velocità di deformazione

$$\sigma = C \cdot \dot{\epsilon}^m$$

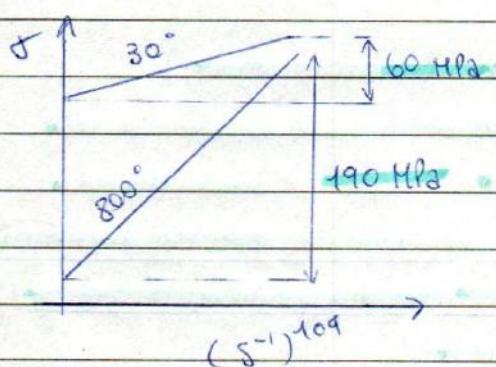
esponente di
sensibilità

coefficiente di Resistenza

$\rightarrow C, m$ tabellati rispetto a delle precise temperature

Effetto Temperatura sulla $\dot{\epsilon}$ di deformazione (2)

\Rightarrow Con $T + \Delta T$ ha maggior variazione di tensione a parità
di velocità di deformazione!



$$\dot{\epsilon}^1 (C, m \uparrow) \Rightarrow \dot{\epsilon}^1$$

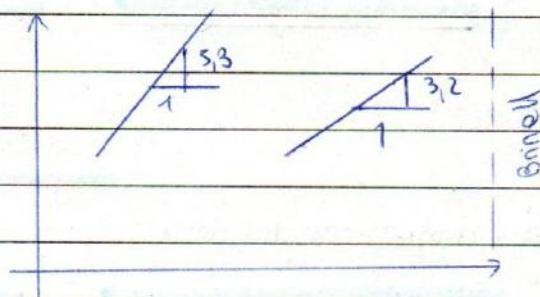
$$\sigma = C \cdot \dot{\epsilon}^m$$

- Rockwell = apprezzata poiché dà valore immediato senza passare da alcuna formula
 - HRC (piramide) : $100 - 500 \text{ T}$ ($T = \text{altezza dell'impronta}$)
 - HRB (stera) : $130 - 500 \text{ T}$
- La macchina dopo un certo tempo di applicazione del carico registra immediatamente un valore

Utilizzando il diamante i valori chiaramente si abbassano (per grande durezza del diamante). Con valori bassi passo a prova con stera per esito definitivo.

Quando eseguo la prova il materiale si invecchia nell'interno e cambia le sue proprietà → Non eseguo prova adiacente (la normativa mi dice a che distanza fissa). Non eseguo nemmeno prova sul bordo o in adiacenza.

(26) Correlare grandezze di misuramento e durata



Danno una indicazione di massimo, non rappresenta sostituzione alla prova.

Mi danno un'idea della prova da eseguire.

\Rightarrow Per attrito avrò anche generazione di calore che genererà a sua volta

visura \rightarrow potrei dover sostituire lo tempo (sicuramente)

Calore però giova al termometro di deformazione: benedico se riesco comunque a mantenere bassa la velocità.

Forsa di compressione • Velocità mi dà potenza

anche le forze di attrito esprimereanno una potenza e devo tener conto di tale aspetto *

Il termometro dell'imbardimento dunque dove lo scorrimento nella fascia centrale si regolare mentre vicino alle superfici è quasi nullo lo scorrimento. Piani di scorrimento che

Tendono a diventare orizzontali piuttosto che verticali.

$$\Rightarrow * \text{ Lavoro per deformare} = L_{id} + L_{at} + L_R$$

ideale attrito residuale

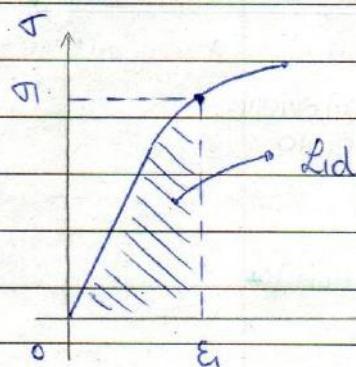
"Ridondante" cavato da piani orizzontali
nel termometro imbardimento

Dovremo andare a definire dei Rendimenti di Processo (variabili da lavorazione a lavorazione)

L_{id} e L_R sono difficilmente identificabili e
dipendono da: { processo
 { forma da realizzare
 { materiale

$$\eta = \frac{L_{id}}{L_{TOT}}$$

Limitare incertezza \Rightarrow Dedicare solo cette legge all'ambito della def plastica (quelle più adatte)



$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma = k \cdot \epsilon^n \text{ Hollomon} \\ L = F \cdot \epsilon \text{ corsa} \end{array} \right.$$

$$dL = d\epsilon \cdot F \rightarrow F = \sigma \cdot A$$

$$dL = \sigma \cdot dA \cdot d\epsilon \rightarrow \cdot \epsilon / \epsilon$$

$$dL = \sigma \cdot V \frac{d\epsilon}{\epsilon} \rightarrow dE$$

• Quo che chiamo servendo
è relativo a deformazione UNICA!!

$$dL = \sigma \cdot V dE$$

Tipi di magli : (a) semplice effetto, scatta E_p

$$\left. \begin{array}{l} E_p = F_p \cdot h = mgh \\ E_c = \frac{1}{2} m v^2 \end{array} \right\}$$

(b) a doppio effetto : viene utilizzato anche un pistone avonato

idraulicamente che genera ulteriore forza sull'involucro

$$\rightarrow E_p = (E_p + p \cdot A) h , E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Macchine che

operano con velocità

c) Maglio a contraccolpo : entrambe le parti in moto, aumenta effetto del colpo $\rightarrow E_c = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2$

moltissimo \rightarrow macchine rumorose e produttive e pericolose

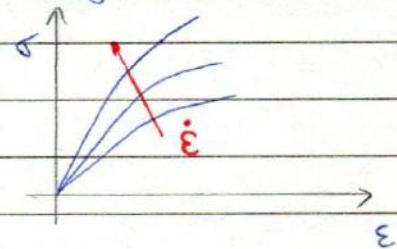
Velocità della marcia è elevata : ma la velocità di deformazione?

Per completare la deformazione devo compiere n. Tot di colpi

con v di deformazione elevata \Rightarrow caratteristica di inceppamento

aumenta \rightarrow + difficoltà

(Tangente sempre più ripida)



VANTAGGI

- Possibilità di controllare il flusso del materiale e la struttura
- Buona Resistenza e Tenacità dei manufatti
- Ottenerne pezzi pressoché alla forma finale
- Ottenerne geometrie complesse (carri aereoportuali, alberi a gomiti, bieche)

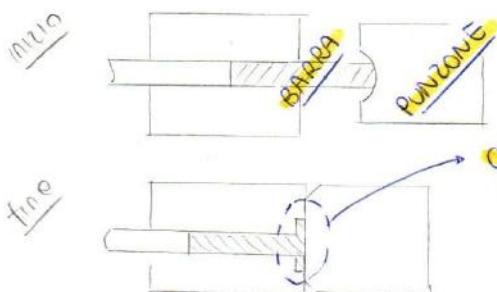
Svantaggi

- Semi stampi costosi (soprattutto a caldo)
- Lavoro affannoso specializzato

come Stampaggio MASSIVO

RICALCATURA di TESTA

Profili con sezione circolare o simili → Barre in ogni caso. Sostenute da punzoni che ha anche funzione di estrattore finita la lavorazione.



Barra iniziale = Vergetta

↳ lavorazione fino a ottenere la TESTA

CREAZIONE della TESTA

Calcolo della FORZA (di FORGIATURA)

$$F_{TOT} = F_{ID} + F_a + F_{Ridondante}$$

$$\text{Rendimento di processo} = \eta = \frac{F_{ID}}{F_{TOT}}$$

+ Nella deformazione plastica ci si basa su formule empiriche

Dimensioni del prodotto finale

$$(F = \sigma \cdot A)$$

$$F = \sigma_{max} \cdot \pi r_c^2 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \frac{r_c}{h}\right)$$

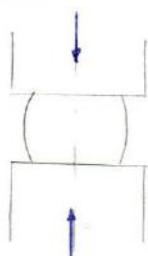
Tenzone Superficie

↳ applicabile con corpo cilindrico

(Fattore maggioreggiaitivo)

Parentesi tiene conto dell'effetto della componente ridondante. Tiene conto della geometria (ridondante) con $\frac{h}{r_c}$ e dell'attrito con μ .

ESEMPIO



Acciaio INOX

HOLLONON =

$$\left\{ \begin{array}{l} k = 640 \\ n = 0,22 \\ \phi = 150 \text{ mm} \\ h_0 = 100 \text{ mm} \rightarrow h_p = 50 \text{ mm} \\ \mu = 0,2 \end{array} \right.$$

$$\therefore \sigma_{max} = k \cdot \varepsilon^n = 640 \cdot 0,69^{0,22} = 589 \text{ MPa}$$

$$\therefore \varepsilon = \ln \frac{h_0}{h_p} = \ln \frac{100}{50} = \ln 2 = 0,69$$

$$\therefore F = \sigma_{max} \cdot \pi r_c^2 \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \frac{r_c}{h_p}\right) = 589 \cdot \pi \cdot 75^2 \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,2 \cdot \frac{75}{50}\right) = 11.663.162 \text{ N}$$

Deformazioni drastiche comunque del materiale con singola pressata

→ Genero nuovamente delle tensioni nel pezzo

→ Treatamenti termici per limitare lo stress: normalmente opera una DISTENSIONE

Prese

MECCHANICHE

IDRAULICHE

Svantaggio (sistema biella - manovella)

e che non ha chiusura costante anche se

posso arrivare fino a 10 MN. Azione

anche abbattuta veloce. Per avere

chiusura più costante uso prese a vite

(poco utilizzate)

Per avere mantenaggio

preciso di forza e velocità di chiusura.

Velocità di deformazione dipende da

geometria e velocità di avanzamento. (Invece negativamente sulla resistenza)

→ opera più lentamente ($c \approx 1 \text{ m/s}$) con deformazione più plastica.

Canchi comunque importanti con anche 750 MN. Posso mantenere

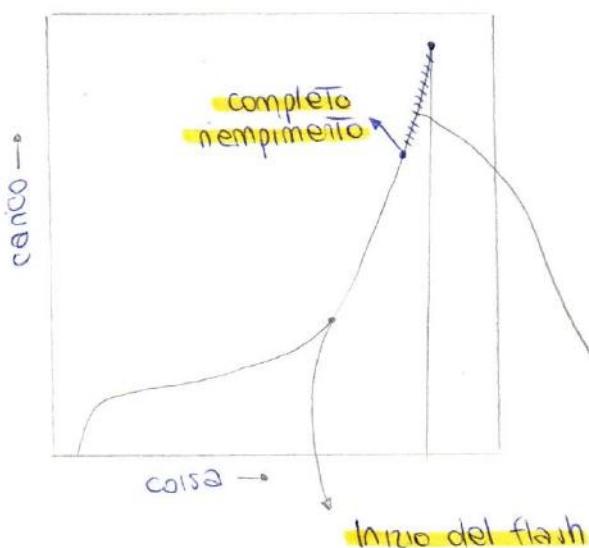
costante e sotto controllo la velocità. Tramite la pressione dell'olio.

+ CONTROLLO, + PROFONDITÀ

- + Nella creazione dello stampo controlla sia la scelta del piano di divisione che la disposizione delle fibre nel materiale. (19)

Calcolo della Forza

Il pezzo d'uso poter uscire nello stampo invadendo canali di bava. Le operazioni possono essere dia grammate.



Quando inizia il flash il grossso della cosa è già stato fatto

Dal punto di flash in avanti c'è rischio di distorsione della forza poiché pezzo ormai intagliato difficile da deformare → forza in chiusura aumentata

prosegue ancora per assicurare riempimento canali di bava e evitare ritiro elastico del materiale (seppur minimo)

proiezione sul piano di separazione

$$F = k \cdot T_{\text{med}} \cdot A$$

(sempre tensione x Area)

In base alla complessità

$\left. \begin{array}{l} 3-5 \text{ semplici senza bava (limitate)} \\ 5-8 \text{ semplici con bava} \\ 8-12 \text{ complesse con bava} \end{array} \right\}$

FORME

Ancora più difficile determinare i valori di attito e ridondante (per forme + complesse degli stampi)

Difetti di Forgiatura

- a) Criechi interne del pezzo
- b) Quando chiudo lo stampo devo essere sicuro di garantire riempimento dello stampo. Materiale che può dettare nel modo sbagliato generando instabilità e pezzi deformati.
- c) Presenza di ossidi creati con contatto del pezzo caldo con l'aria
- d) Ritorno del materiale. Guardando le fibre posso avere problemi di sovrapposizione. Se materiale torna verso l'interno dopo la chiusura si creano dei vuoti con conseguente zona di debolezza, materiale ripiegato in quel punto. Pezzo sarà debole e il difetto potrebbe non essere visibile \Rightarrow tutto ciò può essere creato da errori sui raccordi dello stampo: raccordi tra curvati danno difetti
- e) Sovrapposizione dei flussi probabile con sezioni spesse.

FORGIABILITÀ: capacità del materiale di farsi deformare senza generare criechi.

- \Rightarrow Test di compressione: le criechi si presentano proprio nella zona di max imbarattamento.
Prova distruttiva.
- \Rightarrow Prova di Torsione: a caldo, viene misurato il numero di giri prima della rottura

Aumento di duttilità e forgiabilità con pressione sottilea

- + leghe ad ^{per} alle Temperature (non) lavorabili per deformazione plastica.
- \rightarrow favorite le leghe di Al, Mg, Cu, acciai basso C

PROGETTAZIONE STAMPI

- + Devo deformare pochissimo di fronte a canchi elevatissimi (prese)
- + Non realizzano la forma finita con singola compressione (stampi progressivi) e alla fine spesso devo ancora lavorarlo.
- + problema di sottriquadrati e riscaldamento dello stampo (con atti diminuisce forgiabilità)
- + Devo prevedere una linea di divisione tra gli stampi (che sia ottimale)
- + Devono portare in canale di bava che consenta il flash.
- + la geometria deve garantire estrazione dal semistampo utilizzo spesso estrazione \rightarrow Angoli di stacco ($3 \div 10^\circ$) in base al materiale, alla T e alla geometria del pezzo.
- + Realizzo con acciai flessibili (Rapidi e superrapidi) con Cr, Ni, Mo in modo da lavorare ad alte temperature limitando l'usura. Superfici degli stampi devono essere lubrificate.

\hookrightarrow anche barriera termica
tra penne e stampo

RITZIARE ASSI

- Operazione di DECAPAGGIO per rimozione degli assi in ceramica in bagni
- Posso rimuovere meccanicamente con delle spazzole (mecc.) di assi (chimica)
- Posso utilizzare anche getti di acqua (mecc.)
- C'è anche opzione Termica con utilizzo di una fiamma (termica)
- ⇒ Non vengono comunque eliminati completamente e nei passaggi successivi succede che vengono nuovamente inclusi nel pezzo.

Lamiera = spessore $< 6\text{ mm}$
Plastica = spessore $\geq 6\text{ mm}$

Posso commercializzare lamiere come fogli. Oppure mettere insieme in rotoli chiamati coils.

- (1b) Per generare un Tubo posso far passare dentro due nulli sagomati in modo da generare dei tubi (con successiva saldatura)

- Slide (2) -

- (2) Nella parte inferiore dello schema ⇒ di forma i nulli sono SAGOMATI in modo che cambiano forma nel vari passaggi producendo geometrie più complesse. Posso produrre successivamente dei tubi senza saldatura (a varia differenza di spessore). Posso ottenere tutti quei semilavorati che varanno adattati poi all'utilizzo.

Laminazione a caldo → Riduce la sezione → Lavoro sulla superficie eliminando eventuali difetti e limitando la portata che diminuisce
⇒ maggior resistenza

Abbiamo inoltre affinamento del grano che incrementa caratteristiche meccaniche, insieme a capacità di plastica e duttilità.

Passando in mezzo ai nulli, riduco attenzia che impiega variazione lunghezza
↳ laminato uscirà con velocità maggiore di quella d'entrata (poiché portata è costante).

Portata Costante
→ Differenza di Velocità

\Rightarrow Collego condizione di attrito a condizioni geometriche

Riesco a determinare il max della profondità

Tramite coefficiente di attrito e geometria del perno (diametro nullo)

$$dh < \mu^2 \cdot D/2$$

Passo poi con ulteriore passaggio determinare coppia da Trasmettere.

\hookrightarrow Potenza e Forza di laminazione

$$F = \sigma_{\text{med}} \cdot A_c$$

sup. di contatto che assumiamo come

prodotto ~~l~~ ~~w~~ Tra

lunghezza dello

sviluppo longitudinale

e larghezza.

$$\sigma = k \cdot \varepsilon^n \rightarrow \sigma_{\text{med}} = \bar{\sigma} = \frac{k \cdot \varepsilon^n}{n+1}$$

$$\varepsilon = \ln h_0/h_f$$

$$A_c = l_c \cdot w = (L \cdot w) = \sqrt{\left(\frac{D}{2} \cdot dh\right) w}$$

Rendimento? $\eta = 0,8 - 0,9$ per determinare la potenza

$$\text{Potenza} = P = \tau \cdot \frac{C \cdot w}{\eta}$$

Dove è determinata la coppia?

Pressione su entrambi i rulli. Tale pressione varia nel contatto

\hookrightarrow Max della funzione dalla mezzaluna del
in poi man mano che il μ è basso,

Nella zona di contatto all'aumentare di

μ l'asse neutro si sposta verso ix (ingresso)

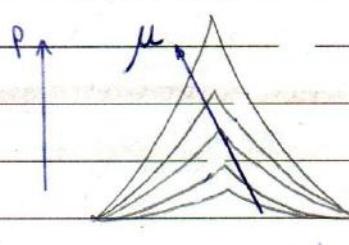
Al contrario il max va verso l'uscita \Rightarrow

\Rightarrow conseguente slittamento dei rulli

\hookrightarrow occorre che attrito sia abbastanza alto da non fare slittare

i rulli ma non troppo per non impedire inizio del processo

a comunque consumare eccesso di energia



+ Posso lavorare anche acciai con basso C limitando
irregolarità superficiali (riduzione di sezione bassa)

LUBRIFICAZIONE

- + leghe ferrose con nulla o al max gratté
- + soluzioni acquose per raffreddare nulli e rompere ossido
- + leghe non ferrose lubrificate con oli, emulsioni, acidi gravi
- + laminazione a freddo \rightarrow lubrificanti con bassa viscosità

SISTEMI DI LAMINAZIONE (12)

Cognitazione = Treno di laminazione

Spesso carico di sviluppare sistemi in altezza per non eccedere nella lunghezza. Ad esempio posso far passare lamina ciclicamente nei nulli controllando però ad ogni giro distanza tra nulli.

- + nulli piccoli (deformazione) con nulli grandi (rotogno) che riducono intensione
- + nulli molto piccoli = sistemi multilindri
- + nulli in filetti diversi (Tandem)
- + sistema planetario, nullo grande di appoggio con nulli piccoli intorno
 \Rightarrow grossa riduzione di h

Laminatoio a quattro

Regolazione altezza laminazione

07/11/17

Sistema che deve essere regolabile \rightarrow Regolare altezza laminazione

Usura del nullo e tenuta in considerazione \Rightarrow ci sono già nulli sostitutivi vicino alle gabbie

processo: stebi dal tornio \rightarrow prima gabbia (in cui posso passare + volte)
(linea di laminazione) \rightarrow presenza di uncagliatore per rimuovere ossidi \rightarrow Riduttore degli stebi \rightarrow varie gabbie di aggrossatura \rightarrow posso trovare delle seghe \rightarrow parte terminale con gabbie di finitura in cui riduco ancora lo spessore (e) da 275 mm a 25 mm
 \rightarrow uncagliatori dove uncaglio lamiera in coils (con spessori > 6 mm ho meno che taglia solo le piastre (taglierine))

Frasimetro

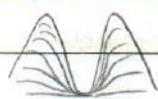
Laminazione di profili

Con diversi step fanno raggiungere il perno. c'è scelta selettiva del rullo per quello che deve andare a produrre che deve avere profilo preciso. Studio il rullo per la specifica produzione.

Rullatura di filetti

Filettature esterne → non di grandi dimensioni.

Aja viene fatta sullare tra due pattini con una certa sagoma che hanno durezza maggiore che determinano fino a ottenere il profilo della vite. le fibre non vengono rese (fibre solo deformate)

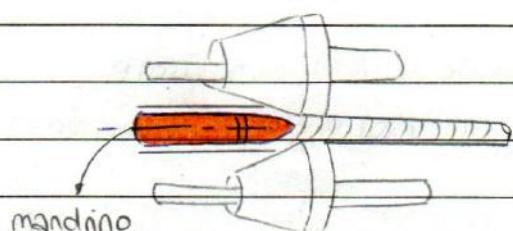


mentre in altri casi vengono "tagliate" (con filettature di grandi dimensioni)

Filettatura per deformazione → filettatura per taglio

Processo Mannesmann

Produzione di TUBI → senza saldatura con > resistenza meccanica



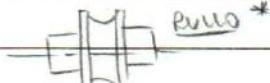
Rulli con assi sgombri in cui passa il perno. Prima fase con diminuzione della sezione o poi recupero finale c'è oscurità + mandrino che crea il vuoto dentro il perno (lo lacera internamente) È una produzione a caldo con tolleranze non troppo basse.

c'è sempre intorno elastico di materiale. Ho limiti nella lunghezza del prodotto.

Rullatura di Tubi

Rullatura tramite cilindri sagomati. Uno con prototipi. Utilizzo due rulli con spalla centrale come sagoma. Inserisco di nuovo un mandrino. Come prima cambia la sezione che torna normale. In alternativa il mandrino può essere un'aja metallica da rimuovere in seguito.

Può essere tecnica senza nessun tipo di mandrino.

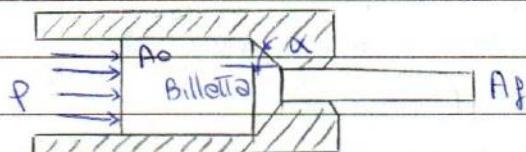


Può avere rulli con sagoma + acciuffatina che

incidono il materiale fino a schiarire tutta la zona interessata
(Rulli a passo pellegrino)

FUSIUMO

Variabili di processo



Normalmente $A_o/A_f = 10-100$

- + Rapporto di estrusione = rapporto area iniziale / Area finale
- + Angolo di apertura della matrice α
- + Coefficiente di attrito (lubrificazione)
- + Velocità di estrusione ($0,1 \div 40 \text{ mm/s}$)
- + Temperatura del massello

Volume costante

$$V_0 = V_f$$

di conseguenza

$$l_0 \cdot A_o = l_f \cdot A_f$$

\hookrightarrow materiali si allunga in uscita

$$\bar{\epsilon}_{\text{med}} = \bar{\epsilon} = \frac{k \cdot \varepsilon^n}{n+1}$$

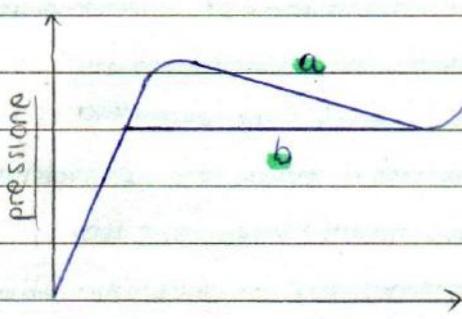
$$\varepsilon = \ln \frac{l_f}{l_0} =$$

$$\ln \frac{A_o}{A_f} = \ln R \rightarrow \text{rapporto estrusione}$$

$$(R = A_o/A_f)$$

sezione circolare piena anche

$$\varepsilon = 2 \cdot \ln \frac{D_o}{D_f}$$



{ a = diretta

b = indiretta

+ Nella parte finale c'è innalzamento

\rightarrow Non riesco più a continuare

: l'ultima parte \rightarrow forza maggiore

+ con diretta effettivamente no

innalzamento della forza \times attrito

(Forza a diminuire con la diminuzione
dell'area resistente)

Lavoro di deformazione - INDIRETTA ideale

$$L_{id} = V \cdot \bar{\epsilon} \cdot \varepsilon = F \cdot l_0$$

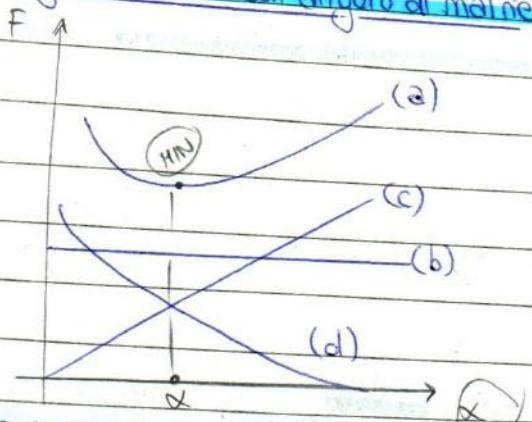
\downarrow F-spostamento

$$A_o \cdot l_0 \cdot \bar{\epsilon} \cdot \varepsilon = F \cdot l_0 \Rightarrow F = A_o \cdot \bar{\epsilon} \cdot \varepsilon$$

$$\rightarrow P = \frac{F}{A_o} = \bar{\epsilon} \cdot \varepsilon$$

per favorire scommessi della materia cambi angolo della matrice in modo da creare una zona che invita il deflusso → meno degenza di materiale.

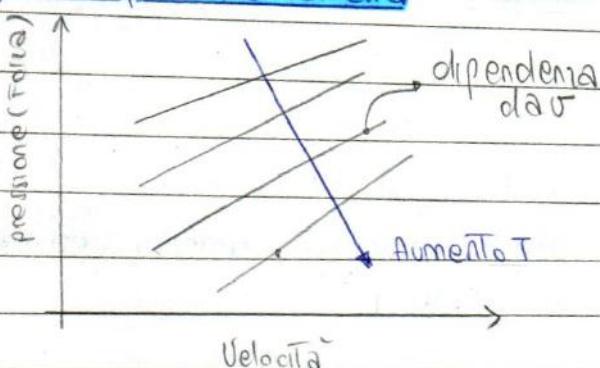
Diagrammare F con angolo di matrice



- a) Forza Totale
- b) Forza ideale
- c) per lavoro ridondante
- d) Forza di attacco
cada con angoli > di apertura

Punto di minima che oltre che da α dipenderà anche dal tipo di materiale.

Diagramma pressione-velocità



con aumento di T ho bisogno di meno pressione per estrarre.
Aumentando la velocità aumenta anche la forza da impiegare.

Altri diagrammi possono dare la α di un materiale)

ESTRUZIONE A FREDDO

Combinazione di trazione e iniezione ed estruzione diretta

→ Utilizzo una matrice e un punzico e faccio uscire il materiale

oppure deformo direttamente in uno stampo. chiamato estruzione.

perché c'è materiale che defluisce in una matrice. Elevata

durata e affidabilità degli stampi (avono alte durezze ed è necessaria una buona lubrificazione)

→ Prodotti precisi, duri, con buone prop. meccaniche assenza di ossidi

ESTRUZIONE A IMPATTO → Simile all'estruzione indiretta

Classificata come "attacco" (anche Tamb) con spessori da realizzare molto bassi. Abbiamo corpi esui con grande precisione dimensionale. Pieno dentro uno stampo che inclina materiali nella uscita quando il punzico scende ad alta velocità sul materiale. Sono ridotti laterali allo stampo. Necesita di riunione dei bordi. spessore = guscio

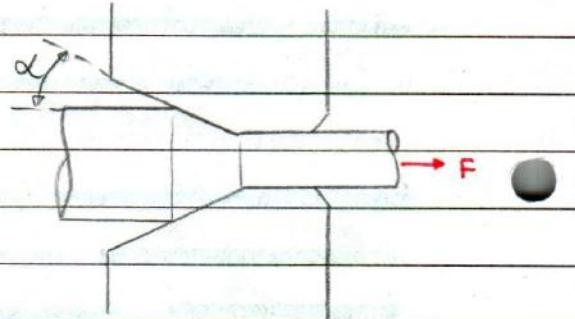
- + Si lavorano materiali basso fondoni più duttili (Al in primis) e anche acciai deducibili (con velocità inferiori i primi, maggiori per i secondi)
- + Presse orizzontali per estrusione a caldo (barre dal tornio guingono orizzontali), presso verticali a freddo
- + Es. a caldo con Temp. \approx fusione. Prima di estrusione faccio passare materiale in una matrice che rimuove solo osidi superficiali.
- + Lubrificanti come vetro fuso, grafite, sottile di Mo. Per legno non tenerne non c'è lubrificante (al max la grafite).

→ Prodotti hanno forme anche molto complesse → Per produzione di tubi prende ¹ mandrini (che garantisce la geometria interna, esterna) in particolare ² stampo a segno con fori in cui viene fatto passare il materiale che poi si riunisce nei bordi e passa dentro in un altro foro.

Per geometrie più complesse ha bisogno di materiali elaborati che garantiscano il flusso in parti diverse.

TRAFILETTURA

Simile all'estruzione ma sto eseguendo una trazione (dal lato destro). Aggiungo dunque una solle etrazione davanti alla trazione del perno.



Calcoli saranno simili ai materiali in uscita (≠ da estrusione)

Normalmente produco buchi circolari, posso produrre buchi spessori piccolissimi (fino a 0,025 mm) → Devo fare attenzione alla F che applico per evitare rottura del filo. Lavorazione sempre condotta a FREDDO

VARIABILI DI PROCESSO

Rapporto di trafilatura: da 10 a 45%, normalmente, con def. superiore posso avere problemi di rotura $R = A_0 / A_f$

Angolo di lavoro della filiera: c'è bisogno di introdurre materiale - filiera molto dura. Processo è continuo (≠ da estrusione) con velocità elevata fino a 50 m/s.

FATTO TIPO

19/11/2017

Trattatura di tubi

Possiamo assottigliare lo spessore con un mandrino che calibra il diametro interno. Potrei avere mandrino tronco-conico che mi dà calibrazione per entrambi i diametri.

Difetti

→ deformazione disomogenea

→ Curve che aumentano con aumento dell'angolo o della diminuzione della radice per passata → Difetto medesimo

all'estruzione al centro del perno (punta di freccia)

→ Difetto di striatura: raffidarsi esteticamente, non influiscono sulle caratteristiche meccaniche.

Bisogna intervenire sui parametri e sulla lubrificazione

Pratica di Trattatura

Materiale fornito in bobine tutto passare in contenitori con sostanza chimica per rimozione degli ossidi, oppure rimozione meccanica di questi ultimi.

Lubrificante solitamente in sapone che ricopre la superficie del filo. Introdotto poi in una matrice, avvolto su un Tamburo con lo scopo di trarciare il filo, ripetuto tutto per diverse matrici con rulli che avvolgono il materiale accumulandolo (sempre + granoli poiché filo sempre più lungo).

nella filiera

Materiale di partenza = vergella rinnomata all'estremità per inserimento ↳ preso così negli afferaggi della macchina e avvolto nel Tamburo.

Ho rulli motorizzati che avvolgono per ridurre le tensioni

+ rendiamo i fili dritti tramite filiere divallinate (in modo che evita deformazione plastica).

+ Possiamo lavorare con T un po' + alto con sezioni maggiori

+ A freddo ho fenomeno di inerudimento, devo fare passate non troppo drastiche oppure fare distensione tra una passata e l'altra.

+ Posso mettere film intorno ai fili per maggiore sicurezza
→ (materiali polimerici anche)

(Processi che iniziano dopo la la laminazione del ferro.)

laminazione

LAMIERA

Taglio con cesoia
" con lame rotanti
" con sega
...

AVORAZIONE della LAMIERA (2)

Punzoni, matrici, stampi

Punzonatura, Transecatura
Transecatura fine, Embossing
Stampaggio

Sbavatura

Pulizia

Rivestimento

Piegatura, Rullatura,
Struttura, Imbutitura,
Imbutitura al Torno

Caratteristiche dei metalli rilevanti per le lamiere

Tipo di sollecitazione = Tensione + compressione insieme

es piegare una lamiera mida' sia fibre tese che compresse

Aspetti che attirano il quadro fatto finora.

Dovendo tener conto dello spessore limitato rispetto alle altre dimensioni

→ parziale rullo elastico alla cessazione del carico

→ Deve valutare la resistenza alla lunghezza piuttosto che allo spessore.

Tener conto della piegatura max prima dello strappo

" " della deformazione in punto critico poiché tensione localizzata

Classificazione delle lamiere rispetto ad affinamento del grano, ovvero rispetto al processo di laminazione (dove c'è affinamento) il materiale deve essere affinato in modo tale da essere deformato plasticamente.

→ Non tutti idonei

Cricche (zona tesa) + grinte (zona compressa)

Trattamenti superficiali → Non tutti i materiali si prestano

Materiali si comportano diversamente anche rispetto all'attacco con la matrice.

quanto si lascia deformare la lamiera? Quanto si usura? ecc.

TUTTI aspetti legati allo scorrimento del materiale.

Allungamento allo snervamento

Difetti sup. che non intervengono nella resistenza meccanica

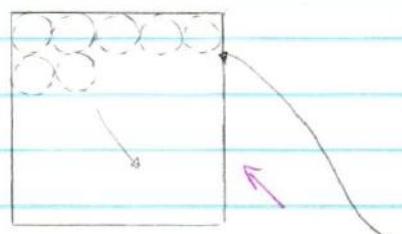
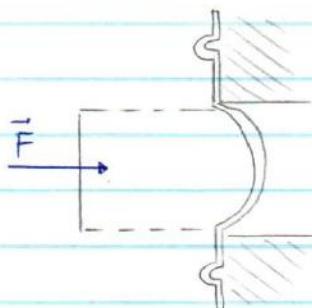
→ struttura fai filo elettricamente. Posso notarle dopo la verniciatura.

(2) BULGE TEST

Voglio liberarmi dell'attito e utilizzo un fluido per non condizionare la deformabilità. → Prova più veloce della prova Erichsen (macchina simile)

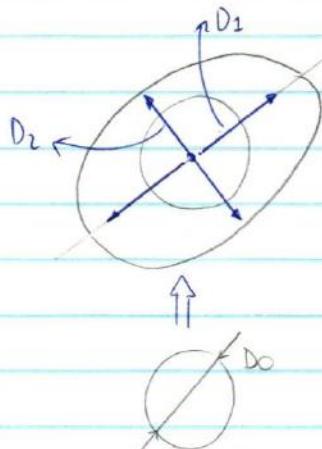
(3) CURVA LIMITE DI DEFORMABILITÀ (curve FLD)

Lamiera deformata con pressione + incisione sulla lamiera con queste tracce circolari → Traccia con cerchi $d \approx 2,5 \pm 5 \text{ mm}$.



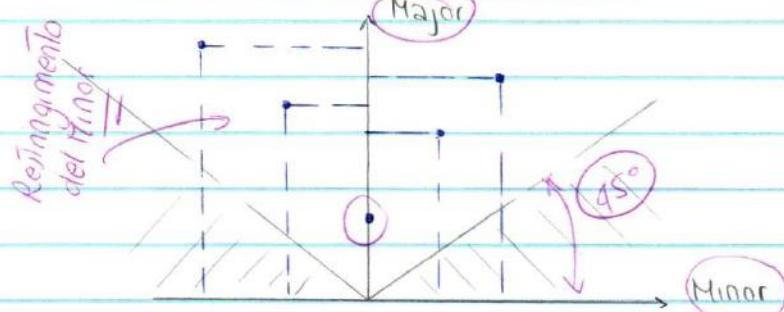
Prova che non avviene a secco (evitare attito)
Dopo formazione circa
guarda non solo "d"
ma anche TUTTE le tracce

fatte con le piccole circonferenze per vedere come si sono deformate nelle diverse fasce.



Potrei avere anche deformazione regolare in cui si forma sempre un cerchio solo più grande. Dipende dalla direzione con maggiore deformazione.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Major stretch} = D_1 - D_0 / D_0 \quad (\text{asse } \rightarrow) \\ \text{Minor stretch} = D_2 - D_0 / D_0 \quad (\text{asse } \leftarrow) \end{array} \right.$$



Vado poi sul grafico con i valori trovati.

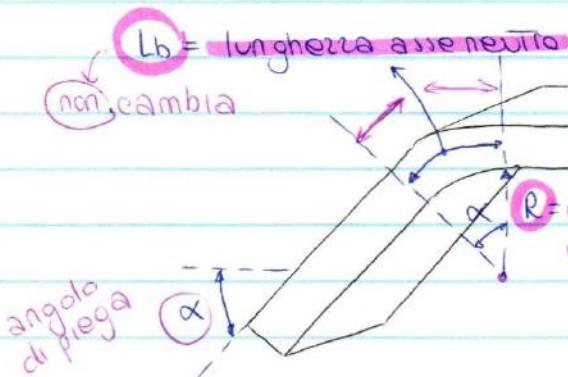
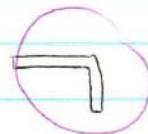
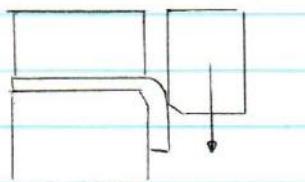
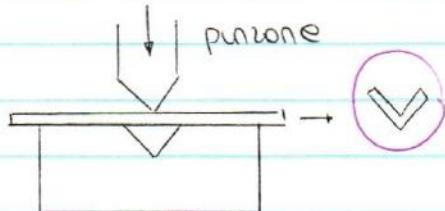
(Minor < Major sempre!)

$$(\text{angolar. max} = 45^\circ)$$

quando da un'incisione

PIEGATURA a "V" e a "L" → ottenere forme e l'rigidire

lamiera che scorre → Dovrà anche provvedere al Taglio



Mantenere gioco tra punzone e matrice

(L_b) = lunghezza asse neutro

t = costante

{ Parte esterna = fibra Tensione
Parte interna = fibra compressione

Ho fenomeno di accartamento

→ la lunghezza della lamiera è ≠ da quella iniziale a causa della piegatura.

Quando la Taglio prima della piegatura devo considerare che potrebbe essere

più corta

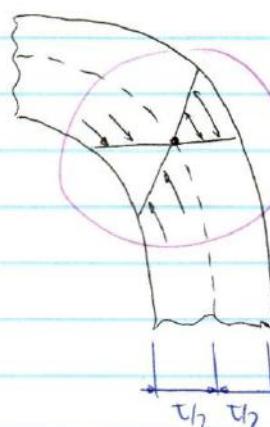
Taglio un po' lungo
permette di piegare più

$$L_b = \alpha \cdot (R + k\tau)$$

$\left\{ \begin{array}{l} k = 0,33 \text{ con } R < 2\tau \\ k = 0,5 \text{ con } R \geq 2\tau \end{array} \right.$

$k = 0,5$ → media

Faccio calcolo della lunghezza su asse neutro



Tensioni che non devono raggiungere le massime che portano a rottura.

k ci dà la posizione dell'asse neutro. Ci dice che si può spostare rispetto alla posizione media.

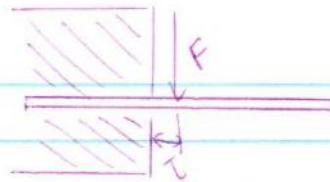
$k = 0,5$ → media

Per evitare rottura → Raggio minimo di piegatura

$$r_{min} = \frac{\tau}{2} \left(\frac{100}{A} - 1 \right)$$

dipende da materiale (TABELLA)

Acciaio dolce 22-34
Alluminio 13-28
Ottone 15-40



FORZA di piegatura (slide)

(1)

$$\tau = \frac{M_f}{W_f} \rightarrow \sigma_f = \frac{F \cdot \tau}{\frac{1}{6} L t^2} \rightarrow F = \frac{1}{6} \sigma_f \cdot L \cdot t$$

$$(2) \quad \sigma_f = \frac{F \cdot w/4}{1/6 L t^2} \rightarrow F = \frac{2}{3} \frac{\sigma_f L t^2}{w}$$

$$F = \frac{k \cdot \tau \cdot t^2}{P}$$

Correzione con parametri
ha bisogno di coefficiente correttivo
per tener conto dell'attrito

+ k = costante = $\begin{cases} 1/2 & \text{piegatura a "V"} \\ 0,3 & " " " " " \\ 0,7 & " " " " " \end{cases}$

+ P pari a $\begin{cases} w & \text{per piegatura a "U"} \\ t & " " " " " \\ t & " " " " " \end{cases}$

+ τ carico di rottura materiale UTS

$300 \cdot 3000 \text{ kN}$

PIEGATRICI

Lavorano sulla lunghezza della lamiera (ma anche con una certa larghezza)

Materiale introdotto in diversi modi (verticale, anteriore, posteriore...)

Soltamente crea anche il Taglio.

Piegatura in presa (immagini)

↳ forme molto diverse

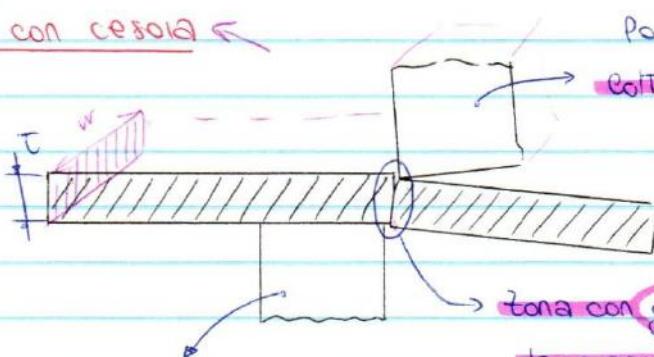
- a) Angolo retto
- b) disassata
- c) raggiata
- d) angolo acuto
- e) Ricalcatura e appiattimento → Evitare parti Taglienti
- f) Regatura, combinata
- g) multipla
- h) punzoni per piegatura multipla

Piegatura e foratura sotto stampo

Dovendo avere in contemporanea in punteggio sagomato chiuso che dia la piegatura e un meccanismo con pinzate che esegue foratura sulla lamiera piegata
 → Piegatura e foratura contemporanea

TAGLIO

Taglio con cesola



Potrebbe avere anche nella parte ↑

coltello inclinato per avere un

leggero angolo. (come Taglio delle forbici)

zona con gioco dove c'è comunque una
 lacerazione con deformazione.

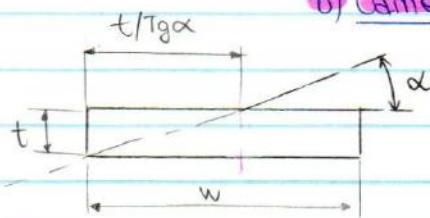
→ Entrambe le lame leggermente
 angolate

Lama con angolo di spoglia

di piccole dimensioni (4-2°)

Forza di Taglio

a) lame parallele



$$F = T_{\text{taglio}} \cdot (w \cdot t)$$

con $T_{\text{taglio}} = 4/5$ di T_{rottura}

con $\alpha < 45^\circ$ comunque

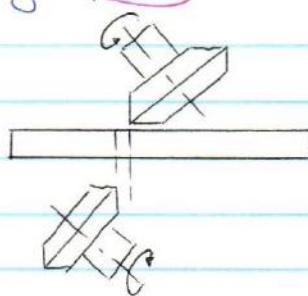
b) lame inclinate

$$F = \frac{w^2 \cdot T_{\text{taglio}}}{2 \operatorname{Tg} \alpha}$$

$$\text{Sostituzione } t = \frac{w}{2 \operatorname{Tg} \alpha}$$

Taglio con lame rotanti

Realizzare tagli + precisi e anche non lineari. Sempre piccolo gioco.



FORZA e LAVORO di Tranciatura

Superficie laterale del perno Tranciato

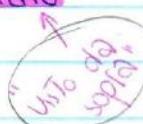
$$F_{tr} = L \cdot T \cdot T_{max} \quad [N]$$

$$W = F_{tr} \cdot (k_p \cdot T \cdot 10^{-3}) \quad [J]$$

L = perimetro bordo Tranciato

T = spessore

$T_{max} \approx 4/s$ di rottura



percentuale di penetrazione

poiché il punzone penetra prima di eseguire il taglio vero e proprio

k_p tanto più alto quanto più è duttile il materiale. (TABELLA)

Giroc. = 10-15% dello spessore della lamiera

Operazioni di Tranciatura

Parte del pezzo che scatta!

{ Tranciatura → lo sfido è la parte interna

Tranciatura → lo sfido è la parte esterna

Posso eseguire tagli passanti per deformare la lamiera successivamente

↪ Tagli aiutano la piegatura

Stampi con elevata resistenza meccanica e precisione.

Stampo progressivo di Tranciatura

Non avviene in singola fase

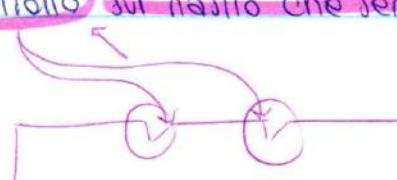
Io che buco (interno)
poi lo lascio scattare

Nasco che alimenta la nostra macchina dove scende lo stampo ogni volta

che esegue una lavorazione procedo con serie di lavorature. Posso avere parti, stazioni, vuote dove non si esegue nessuna operazione. Ho per tranciatura del perno desiderato e procedere al taglio di un perno successivo.

Dovendo limitare al massimo lo spreco di materiale accostando il più possibile le sagome (49).

Posso avere tagli di controllo sul nasco che servono per il trascuramento dello stesso.



Trascinatura FINE

Si manifestano solitamente le 3 zone caratteristiche e la lamiera si flette.

Parte del materiale viene trasferito nello stampo (in base al gioco).

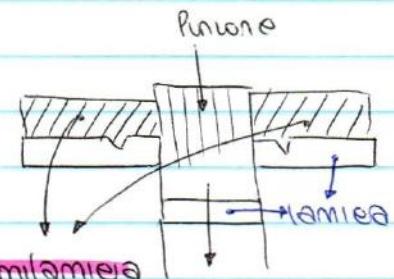
Se andiamo a bloccare la lamiera e stringiamo ancora il gioco miglioriamo l'operazione con finitura migliore del pezzo.

→ gioco minore ($< 1\%$ dello spessore)

→ zona limitata di decoerenza, bava ridotta

→ superficie più lucida (geometria più precisa)

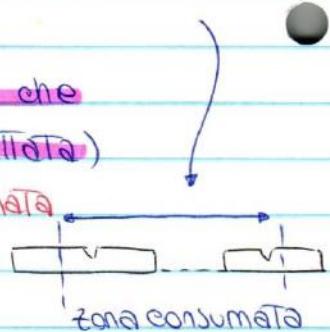
Questo grazie a graffettatura laterale che blocca ed evita il trasferimento del pezzo.



Svantaggio: elemento in più (costi per lo stampo)

consumo più materiale perché ha più lamiera che viene lavorata (si comprende la zona graffettata)

→ Zona graffettata inclusa nella zona consumata



Posso usare per spessori $0,5 \div 1,3 \text{ mm}$

Precisione elevata con $\pm 5 \mu\text{m}$

Assenza di angoli di sforno (estrattori servono)

IMBUTITURA (62)

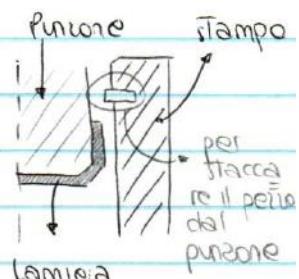
Nell'imbutitura la lamiera assume forma concava di geometria semplice (cilindrica, scatolare, a coppa). La parte inferiore può anche essere sagomata.

Uso uno stampo su cui poggio una tra (sommità)

Abbiamo poi premi lamiera e punzone (che deve entrare con gioco) che fa assumere la propria geometria alla lamiera. Mentre tocca su deve avere elemento che distacchi il punzone dal pezzo (elemento deformabile).

La compressione è controllata per evitare che

TUTTO il materiale finisca dentro. Spesso si richiede più di un'operazione per completare deformazione (... incavamento).



Pressione sul premilamiera = 1÷2 MPa

Altura relazione $D = \sqrt{d^2 + 4 \cdot d \cdot h}$

ANISOTROPIA

Posso ottenere perno con contorno irregolare. Causato da anisotropia, accade se valuto male il materiale



(In quanto materiale ha caratteristiche ≠ in base alle direzioni in cui decide di lavorare)

Imbutitura Inversa

Muovo la Traversa inferiore

↳ Non ha grattature

Puntone centrale è ferm.

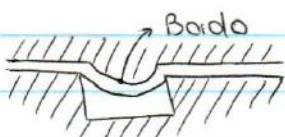
Bordini rompignozza

Bordi che impediscono creazione delle grinze.

↳ Se esse si formano nella parte da tranciare non cambia nulla poiché va eliminato.

Controllo il deflusso, graffetto ma lascio comunque deflusso (±2)

↳ Necessità di lubrificante.



→ Graffetto in modo che le grinze si termino solo all'esterno del perno

Generazione di superfici sculturate

Tranciatura dello sviluppo \Rightarrow Imbutitura \Rightarrow Rifiutatura e foratura (per finire il perno)

\Rightarrow Flangatura (sempre x completare) \Rightarrow Ripresa \Rightarrow Perno finito

Fase di assestamento e calibrazione dopo Tranciatura per recuperare la geometria precisa e le misure volute e il recupero di tensioni interne.
In ogni stazione ho pressie che aggiungono detra gli al perno. (±4)

PRINCIPI FONDAMENTALI del TAGLIO di METALLI

OTTENGO Tendenzialmente perciò con ottime finiture su superfici (meglio anche della deformazione plastica dove c'è condizionamento dallo stampo che subisce usura)

Tecnologia che fino a 20 anni fa non aveva rivali, tutto concentrato nella distrusione del materiale da un grosso. Sembrava un controsenso perdere del materiale.

Obiettivo = ottenere una forma in base al moto relativo di un utensile:

- di Taglio, di avanzamento ... (Tipi di moto)

↳ che daranno corrispondenti forze e potenze

Materiale rimosso = TRUCIOLO (che devo poi indirizzare al riciclo)

→ ASPORTAZIONE di TRUCIOLO

PROCESSI di ASPORTAZIONE

TAGLIO

Solidi di Rivestimento

Torinatura (mono)

Foratura

Alesatura (N)

Forme varie

Fresatura

Bucatura

Moratura

Taglio ingranaggi

ABRASIVI

Rotturatura

Lappatura

FISICO - CHIMICI

Laser

JET cutting

ULTRASUONI

Lav. chimiche

UTENSILE con geometria definita

1 Utensile → 1 Tagliente (monotaglienti)

N Taglienti ↕

+ Taglienti su UNICO UTENSILE

UTENSILI con grani

abrasivi TENUTI

insieme da un

legante → Ho una

mola di Rottura che

lambisce le superfici

(NON TRATTATE)

senza utensile

specifico, lavoro

con sorgenti diverse

AVORAZIONI BASE

Torinatura = utensile mobile che diminuisce la sezione del pezzo, avanzamento (moto) è posseduto dal Tagliente mentre il moto di Taglio è posseduto dal pezzo.

Moto di Taglio al Pezzo

UTensile elementare

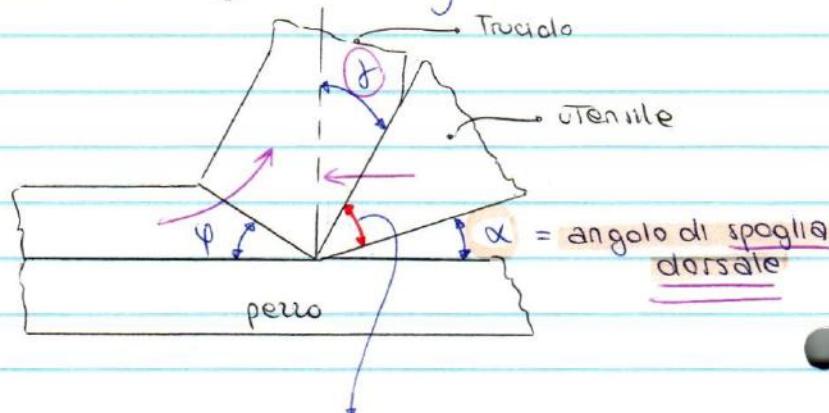
Cuneo che Taglia ortogonalmente alla direzione di Taglio

(il Tagliente è \perp alla Velocità di Taglio)

UTensile ha larghezza superiore al perno = Taglio libero

senza vincoli alle estremità

Osservando lateralmente :



γ = angolo di spoglia

principale

ψ = angolo di sconfinamento

α serve per controllare che il dorso dell'utensile non tocchi il perno dando problemi.

Tanto più γ è grande e tanto più sarà facilitato il Taglio.

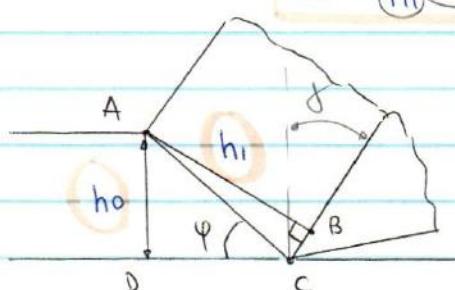
Taglio con $\gamma = 0^\circ$ DIFFICILISSIMO

Fattore di ricalcamento

fattore di ricalcamento

$$M_C = \frac{h_0}{h_1} < 1$$

determinato e $>$ di quello Teorico!



$$\begin{cases} AD = AC \cdot \sin \psi = h_0 \\ AB = AC \cdot \cos(\psi - \delta) = h_1 \end{cases}$$

Rapporto h_0/h_1

$$M_C = \frac{h_0}{h_1} = \frac{\sin \psi}{\cos(\psi - \delta)}$$

$$\operatorname{Tg} \psi = \frac{\cos \delta}{\frac{1}{M_C} - \sin \delta}$$

SOSTITUISCO e vedo dipendenza da angolo

Notò così che con :

δ elevato = facilità Taglio

ψ basso = spessore Truciolo elevato

sempre meno \perp al perno (+ diagonale)

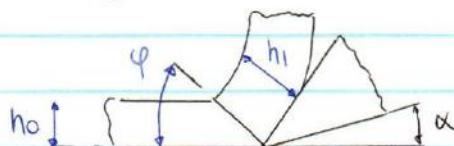
$\hookrightarrow h_1$ determinato decisamente maggiore

$$\rightarrow \sin^2 \varphi = \cos^2 (\varphi - \delta) \text{ da cui } \varphi = \frac{\pi}{2} - (\varphi - \delta)$$

$$2\varphi - \delta = \pi/2$$

$$\text{Assumendo } \delta = 0 \rightarrow \varphi = \pi/4 = 45^\circ$$

Ho angolo di scommesso a 45°

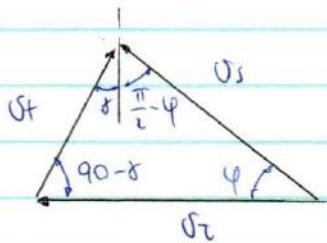
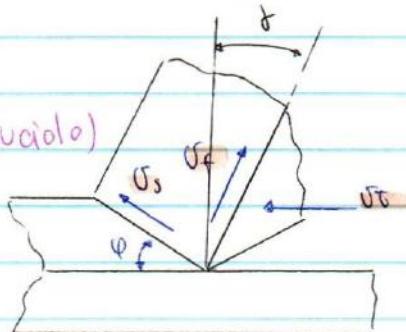


Otteniamo così che $h_0 = h_1$ che è condizione in Teoria impossibile

→ Manca la considerazione dell'attrito (possibile matematicamente, ma non nella pratica) → limiti della trattazione

TRIANGOLI delle velocità

- { La U di taglio è conosciuta $= U_t$
- U_f = velocità di flusso (dove va il triangolo)
- U_s = " " scommesso

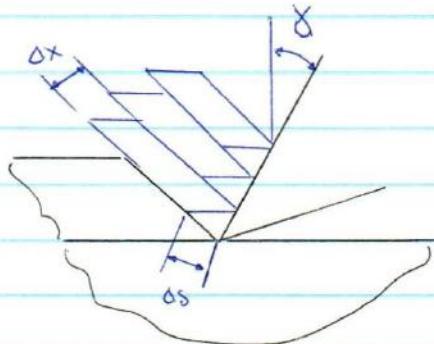


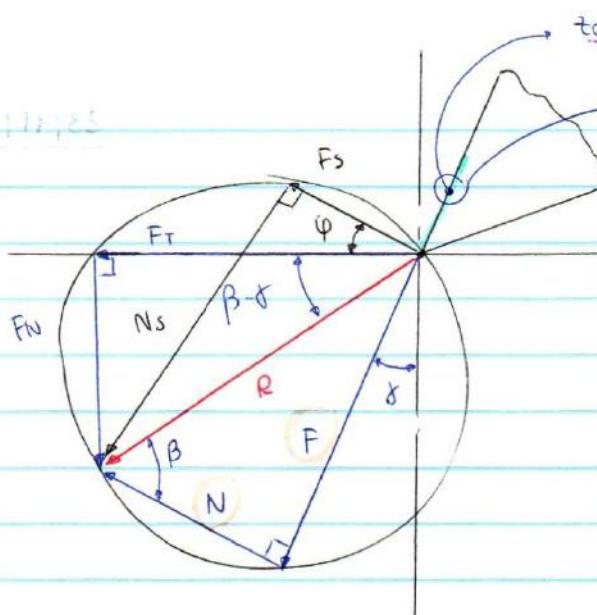
Valori di $\delta_s = 2 \div 5$

↪ Abbiamo velocità di deformazione elevatissime: $\dot{\delta}_s = 10^{-3} \div 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

$$\hookrightarrow \frac{d\delta_s}{dt} = \frac{d\delta_s}{ds} \cdot \frac{1}{dx} = \left(\frac{U_s}{dx} \right) = \dot{\delta}_s$$

= correlazione con U di scommesso





zona di contatto

vero punto di contatto a metà della zona

→ F_T assorbita

durante la lavorazione.

→ F_N è di repulsione

(Tendenza al disimpegno)

→ possibilità di identificare le forze

sul petto. Sul prolungamento della

zona di contatto troviamo F inclinata

dell'angolo delta) e poi (N) che è perpendicolare

al petto dell'utensile.

→ sul piano di scorrimento le altre componenti (F_s) e (N_s).

TUTTI vettori compresi dentro questa circonferenza di diametro R.

Determinare sperimentalmente F_T e F_N con transduttori. ⇒ NOTE

delta anche è termine noto (sempre legato all'utensile)

Conosco inoltre R → posso calcolare beta = angolo di attacco

$$\operatorname{Tg} \beta = \frac{F}{N}$$

cioè che mancava nella trattazione precedente

Avendo TUTTE le componenti definisco grandezze mancanti.

$$\begin{cases} F_T = R \cos(\beta - \delta) \\ F_N = R \sin(\beta - \delta) \end{cases}$$

$$\begin{cases} F = R \sin \beta \\ N = R \cos \beta \\ F_s = R \cos(\varphi + \beta - \delta) \\ N_s = R \sin(\varphi + \beta - \delta) \end{cases}$$

e ci possiamo aggiungere un'altra definizione di F_s = A_s · T_s = T_s · A_s / sen phi

Nello scorrimento Tia Truciolo e utensile avrà attacco e dunque una certa dissipazione di calore

→ Temperature sul petto

→ ATTENZIONE non solo nella zona di scorrimento ma anche rispetto alla deformazione nella zona di scommento Tutto e Truciolo (def. secondaria) e anche della deformazione sotto il Tagliente (def. Terteria)

Se vado nel dettaglio assero zona che è materiale del perno che è andato in adesione all'utensile \Rightarrow Tagliente di riposo

Con T bassa ($\sim 300^\circ\text{C}$) ho def. plastica del materiale che si deposita sull'utensile modificando l'angolo i che diventa più piccolo.

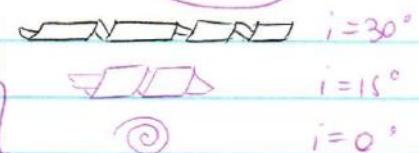
Angoli ancora ≠ da quelli che mi aspetto. Inoltre Tale angolo si modifica continuamente con l'aggiunta di nuovo materiale e successiva disgregazione)

→ lavorazione NON perfetta

TAGLIENTE OBliqua

Abbiamo angoli i di inclinazione \rightarrow Truciolo a forma di spirale che può bloccare la lavorazione con Taglio NON obliqui. Vogliamo non avere problemi di questo tipo. \Rightarrow TAGLIO OBQUO

\Rightarrow Genera Truciolo allungato più agevole da evadere
pero poi anche interrompere la spirale.



TORNITURA

UTENSILI

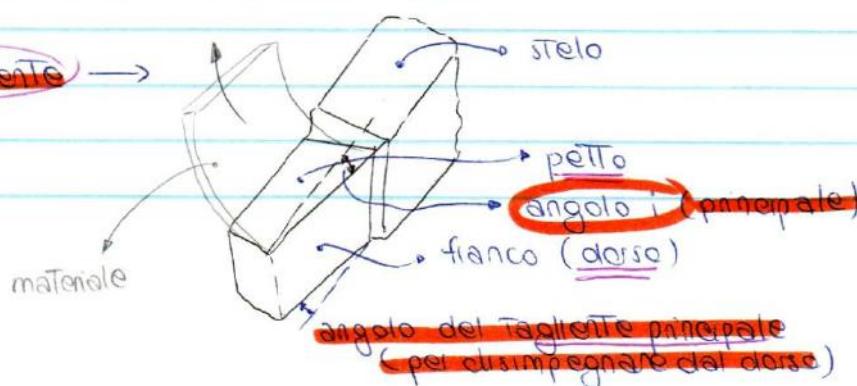
Lavorazione con mandrino autozentante \rightarrow perno in rotazione Tramite grattage autozentanti



- Utilizzo Tagliente obliqui in modo da evadere ricciolo (Truciolo) Ricciolo che si allontana verso l'utensile con angolo $i > 0$ potrei avere allontanamento opposto con $i < 0$ (meno utilizzato) ③

UTENSILE monotagliente

(acciaio superrapido)
HS / HSS



Averà portaucciali che ospita in un'apposita sede il nostro insetto.

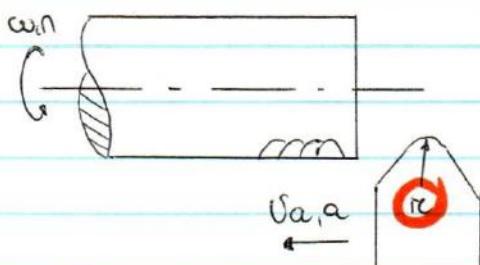
Ci sarà poi supposto che deve ammortinare e dare sostegno all'insetto che solitamente è più duro e fragile. Ho sistemi di bloccaggio (vite con tatta) e un perno per posizione precisa dell'insetto.

↳ placchetta → con angolo di buco piccolo ha meno resistenza

↳ quella circolare sarà molto più resistente

(le placchette sono TUTTE dure e fragili per tolleranze ad alta velocità)

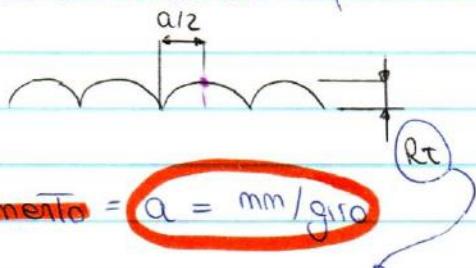
→ Diminuendo l'angolo avrà anche una finitura superficiale + bassa



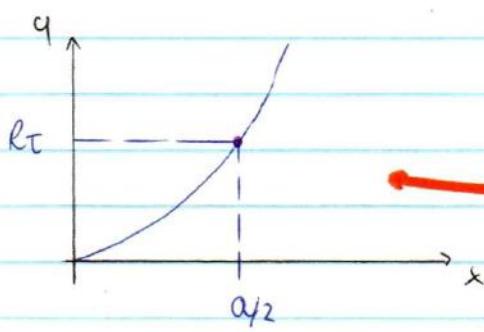
$$V_a = a \cdot n$$

moto di avanzamento dell'utenza

→ lascio dei solchi che dipendono da a



$$\text{avanzamento} = a = \frac{mm}{giro}$$



Andamento parabolico

$$y = k \cdot x^2 \quad (1)$$

$$\frac{dy}{dx} = 2k = \frac{1}{R_T} \quad (2)$$

$$y = \frac{1}{2k} \cdot x^2 \quad (3)$$

$$R_T = f(r, a)$$

altezza corrispondente alla rugosità

$$\text{dunque Rugosità Totale } R_T = \frac{1}{2k} \cdot \frac{a^2}{4} = \frac{a^2}{8k} \quad (4)$$

Vogliamo indicare R_a , non R_T

Possiamo dare la rugosità del perno

tramite la geometria e la caratteristica di avanzamento

$$R_a = \frac{a^2}{32k}$$

Materiali per utensili - Acciai

+ Acciaio al carbonio = durezza freddo 900 HV

Temp di risciacquo 250°C

costo basso con possibilità di realizzare geometrie complesse

→ praticamente abbondanti

+ Acciaio Rapido

{ Durezza 850 HV

{ T. risciacquo 350°C

- Acciaio superrapido

→ Aggiunto di Co che

permette di lavorare a alte temperature

diminuendo la U di taglio

{ Durezza 850 HV

{ T. risciacquo 600°C

Notiamo in lega altri elementi come

(Cr, V, W) che aumentano le prestazioni.

Usa acciai addio deve realizzare geometrie più complesse con uccile che deve entrare nel pezzo (creazione delle gote ad esempio).

l. Governo solo l'affondamento nel pezzo.

Materiali per utensili - Leghe fuse

{ Co 50%
Cr 25-30%
Ni 10-15%
Mo, Fe, C piccole %.
elevate produttività
durezza 400-800 HV
Risciacquo 800°C ↑

Non ha la possibilità di rigenerare il tagliente → Non posso raffilarlo

Costituiti nel tempo da insetti con uccelli carbon metallici

Materiali per utensili - carburi metallici

Usa con insetti senza problemi di rigenerazione.

1300-1600 HV (Incremento notevole della durezza)

T di risciacquo 800°C

Resistenza elevata all'usura, dissipare bene il calore → Tallio

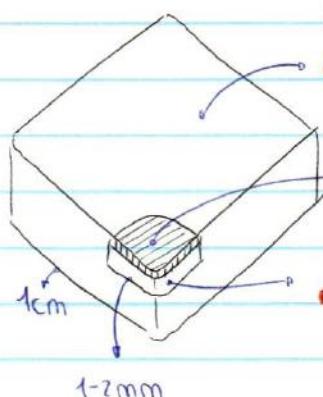
Ho = Tipi di carburi, carburo di W, di Ti, di Ta, di Nb

(legante è il cobalto)

[WC]

(Maggior parte con il carburo)

(Insetto)



Placchetta carburo di WC

inserisco strato di nitruo di boro cubico (CBN)

policrallino diamante

substrato carburo metallico

In serizzo con **brasatura**

per intoncare lo spigolo

(parte piccola per corto)

+ elevato del materiale

Con **diamante** non lavora acciaio per

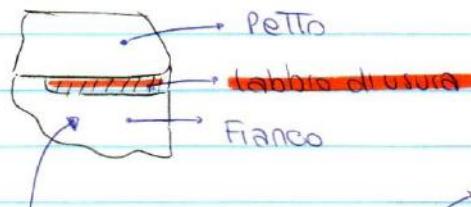
affinità chimica → migrazione del C con

rischio di solvuta del diamante (Rsi) ⇒ utilizzo di CBN

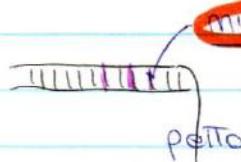
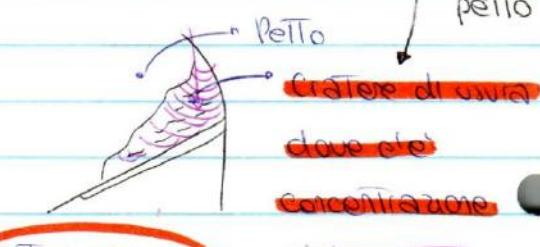
USURA degli UTENSILI

di servizio angolo

di sangria per evitare in parte usura



come un "foro" dal petto



microfissurazione termica

caterizzazione

+ Altra usura è Tagliente di riposo (accumulo sul Tagliente)

limite?

labbro > 0,2 mm

a cui corrisponde 15 min di lavoro

Dopo questo periodo si prosegue o sostituire la placchetta

Progettazione garantisce lavorazioni da 45°, 30°, 60°, 45°, 90°

lavorazioni garantite a tempo

Spesso sono impostati con \neq andamento: retto \rightarrow diagrammi bilogaritmici

\Rightarrow legge di Taylor

$$U_T \cdot T^m = C$$

$C = \text{costante}$

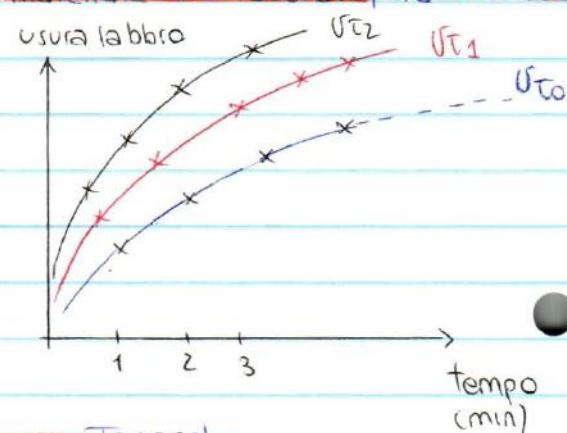
$T = \text{durata UT}$

es. Tornitura

- imponiamo UT a avanzamento p (plasticità passata)
- dipendenza da materiale UT, materiale da lavorare, da lubrificazione
- da refrigerazione

↳ Taylor ha fatto prove con misurazione del labbro di usura con durate diverse (Rilevazioni in tempi successivi)

- Ha mantenuto costanti TUTTE le caratteristiche da cui dipendeva l'usura
- Ha cambiato solamente la velocità di taglio mantenendo costanti tutte le altre grandezze. Elaborando così un grafico in cui riesco a disegnare le grandezze per ottenere i grafici precedenti



Ipotesi uterale: altre prove in cui manteneva costanti altre grandezze cambiando anche le conclusioni al contrario. Di volta in volta ha cambiato tutti i parametri.

legge di Taylor generalizzata

$$U_T \cdot T^m \cdot a^n \cdot p^k = q$$

con delle costanti

o

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 0,6 \text{ (lavorazione acciaio con UT in AR)} \\ n = 0,25 \text{ (" " " " " ")} \end{array} \right.$$

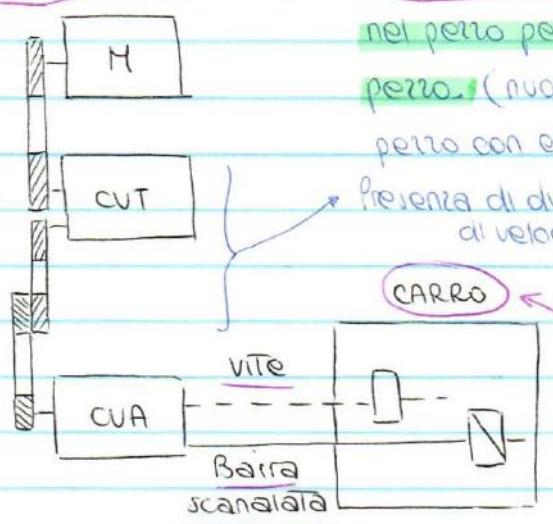
$$\left\{ \begin{array}{l} m = 0,25 \text{ (" " " " con UT in NC)} \\ n = 0,2 \text{ (" " " " " ")} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 0,2 \text{ o } 0,25 \text{ per carburi non ricoperti} \\ n = 0,8 \text{ per carburi ricoperti} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 0,1 \text{ o } 0,17 \text{ per acciai rapidi e super-rapidi} \\ n = 0,4 \text{ o } 0,6 \text{ per materiali ceramici} \end{array} \right.$$

Regolazione carrello e mandrino

- Velocità di rotazione del mandrino con cambio che regola. Atto cambio è legato invece alla velocità del carrello.
- Ha volantini che avvicina la sotto testa con la corri punta che si impegnano nel perno per migliore centraggio, e supporto del perno, (nuovo vincolo, migliore inflessione del perno con cui garantisco tolleranze migliori)



(Migliorare centraggio per migliorare precisione e supporto)

Operazioni di Tornitura

- cilindrica (sgrossatura con grande rialzoone)
- conica (realizzò conicità)
- prototatura (lavorazione a sfida, non con UT parallelo)
- scanalatura (lasciando degli spallamenti)
- piana o staccatura (lavorazione della testa)
- frontale (per alloggiare guarnizioni)
- con tenile sagomato (realizzare forme varie)
- bucanatura o scanalatura interna (introducendo utensile nel perno) (parametri di Taglio modelli)
- Foratura (introducendo punta dalla testa)
- Troncatura (utensili molto stretti, dedicati, per non sprecare materiale. Lascia la testa con precisione non eccellente)
- Filettatura esterna (Regolare avanzamento e w)
- Zigzagatura

Tutte hanno relazione con utensile.