

STAMPAGGIO, FUCINATURA E RICALCATURA

Tratto da:

- Santochi M., Giusti F.; Tecnologia Meccanica; Casa Editrice Ambrosiana (Capitolo 5)
- Bugini, Giardini, Pacagnella, Restelli; Tecnologia Meccanica – Lavorazioni per fusione e deformazione plastica; Città Studi Edizioni, 2000 (Capitolo 7 e 8)
- Spur G., Stoeferle T.; Enciclopedia delle Lavorazioni Meccaniche vol. 5, Tecniche Nuove

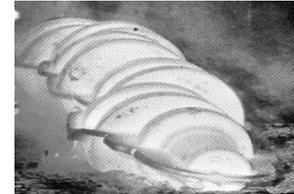
1

M.Strano - Tecnologia Meccanica

STAMPAGGIO, FUCINATURA E RICALCATURA

Con il termine di forgiatura si individua una vasta famiglia di processi di formatura massiva, nei quali la deformazione plastica del semilavorato è ottenuta mediante l'applicazione di rilevanti forze di compressione

La forgiatura costituisce probabilmente uno dei più antichi processi di lavorazione dei metalli: esempi di processi di forgiatura sono stati rinvenuti già a partire dal 5000 a.C.

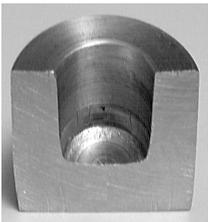


2

M.Strano - Tecnologia Meccanica

STAMPAGGIO, FUCINATURA E RICALCATURA

I processi di forgiatura sono peraltro largamente utilizzati anche al giorno d'oggi, permettendo ad esempio la realizzazione di componenti quali alberi a gomito, bielle ed ingranaggi nell'industria automobilistica, di componenti di turbine (palette, dischi), nonché di numerose altre parti per l'industria meccanica



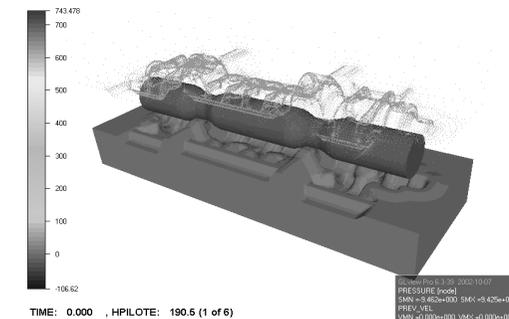
3

M.Strano - Tecnologia Meccanica

STAMPAGGIO, FUCINATURA E RICALCATURA

I processi di forgiatura sono peraltro largamente utilizzati anche al giorno d'oggi, permettendo ad esempio la realizzazione di componenti quali alberi a gomito, bielle ed ingranaggi nell'industria automobilistica, di componenti di turbine (palette, dischi), nonché di numerose altre parti per l'industria meccanica

FORGE3 V6.1c, DATAFILE= ebauche1.don



4

M.Strano - Tecnologia Meccanica

STAMPAGGIO, FUCINATURA E RICALCATURA

Le operazioni di fucinatura e stampaggio hanno come obiettivo variare la forma di un massello e, in particolare:

- la fucinatura: il massello viene lavorato tra "mazza" e "incudine", senza uno stampo (stampo aperto). Adatto per pezzi di grandi dimensioni che richiedono scarsa precisione dimensionale;
- lo stampaggio: il materiale viene forzato a riempire una cavità costituita da due semistampi (stampo chiuso). Adatto per pezzi in grande serie anche con tolleranza relativamente strette.

In entrambi i casi il massello viene definito nel volume (componente 3D).

In entrambi i casi la lavorazione avviene a caldo in quanto la deformazione imposta al materiale è elevata.

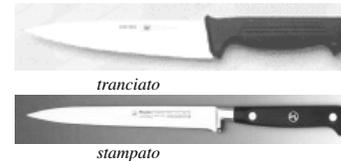
Nella ricalcatura (elettro-ricalcatura) si lavora una barra ottenendo un tratto con diametro maggiore.

5

M.Strano - Tecnologia Meccanica

IMPORTANZA DELLO STAMPAGGIO

Delle tre lavorazioni (stampaggio, fucinatura e ricalcatura) la più importante è la prima. Convenzionalmente lo stampaggio nasce nel 1848 a Solingen (DE) con lo stampaggio dei primi coltelli da tavola.

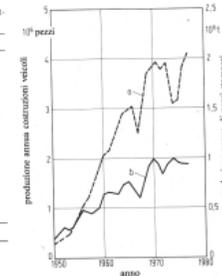


Dal dopo guerra ad oggi la crescita del numero di pezzi stampati è stata continua.

La tendenza degli ultimi anni nello stampaggio e la produzione di pezzi con sempre minore sovrappeso, al limite pronti per essere inseriti nell'assieme senza ulteriori lavorazioni.

Tab. 1 - Utilizzatori di pezzi stampati nei settori industriali nell'anno 1980

Settore industriale	%
Industria automobilistica	43,6
Subfornitori dell'industria automobilistica (produttori di ingranaggi ecc.)	18,9
Costruttori di veicoli agricoli	6,0
Costruttori di veicoli speciali	4,5
Costruttori di veicoli a due ruote	0,3
Costruzioni meccaniche	9,8
Industria ferroviaria	1,8
Industria estrattiva	2,1
Cantieristica navale	0,4
Industria aeronautica	0,2
Fabbisogno interno	0,9
Altri settori	11,5
TOTALE	100,0



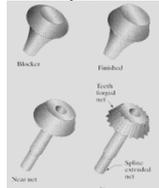
6

M.Strano - Tecnologia Meccanica

IMPORTANZA DELLO STAMPAGGIO

Forged Products

- discrete parts with a variety of unlimited shapes
- typical properties better than extrusions
- surface finish fair to good



7

M.Strano - Tecnologia Meccanica

FASI DEL PROCESSO DI STAMPAGGIO

1. **RISCALDO**: il pezzo viene portato ad alta temperatura per aumentarne la plasticità (riduzione delle forze necessarie per la deformazione).
2. **SBOZZATURA**: al massello viene data una forma che più si avvicina al pezzo finale. Può essere data in stampo chiuso o in stampo aperto. Se il pezzo finale ha una geometria semplice la sbazzatura può non essere necessaria.
3. **STAMPAGGIO**: lo sbazzato viene chiuso tra due (o più stampi) montati su una pressa.
4. **TRANCIATURA DELLE BAVE**: le bave presenti sul pezzo stampato vengono eliminate.

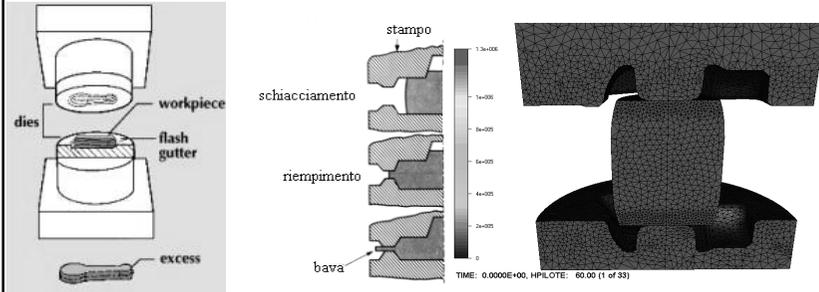
Il pezzo così ottenuto può poi subire ulteriori finiture prima di passare alle lavorazioni successive (asportazione di truciolo).

8

M.Strano - Tecnologia Meccanica

STAMPAGGIO

Forgiatura in stampi semi-chiusi (impression-die forging)

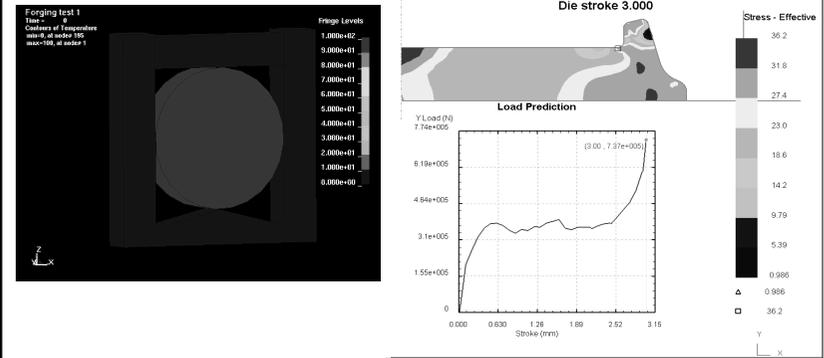


9

M.Strano - Tecnologia Meccanica

STAMPAGGIO senza bava

Forgiatura in stampi chiusi (Closed-die forging)

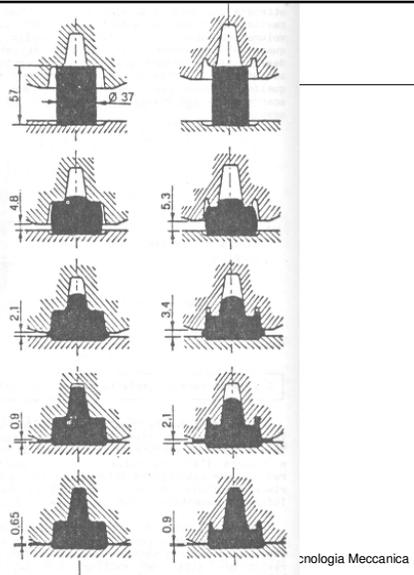


10

M.Strano - Tecnologia Meccanica

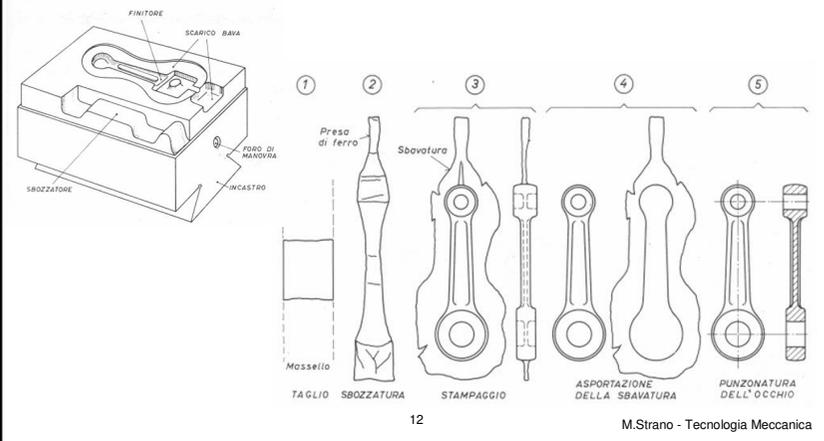
STAMPAGGIO

In figura un esempio di stampaggio di un componente (senza sbazzato intermedio).



STAMPAGGIO

In figura un esempio di stampaggio di un componente con sbazzato intermedio.

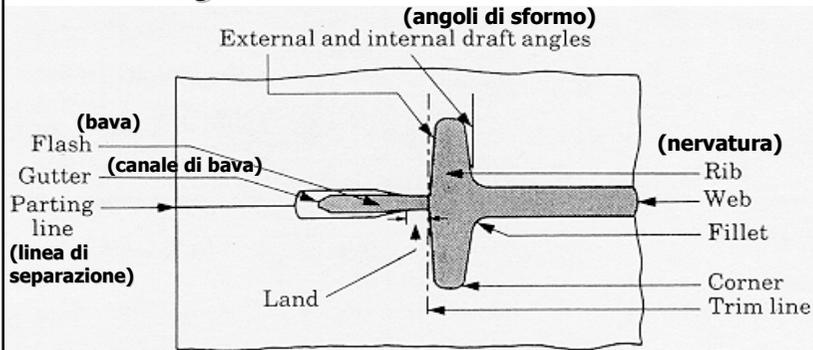


12

M.Strano - Tecnologia Meccanica

Impression Die Forging

Terminologia



13

M.Strano - Tecnologia Meccanica

STAMPAGGIO

I pezzi che generalmente vengono prodotti sono i più disparati (in generale alto volume di produzione).

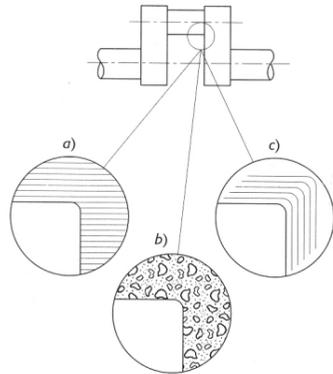


14

STAMPAGGIO

Uno dei vantaggi dello stampaggio è che le fibre del materiale vengono deformate seguendo il flusso plastico del materiale e non interrotte come avviene nell'asportazione di truciolo, con evidenti vantaggi per la vita a fatica.

- a) asportazione di truciolo
- b) fusione
- c) stampaggio



ologia Meccanica

STAMPAGGIO

I materiali comunemente utilizzati nello stampaggio a caldo sono:

- acciai
- leghe di rame (ottoni)
- leghe leggere (Al)
- leghe di Ni
- leghe di Ti

	tipo di acciaio		carico di rottura [N/mm ²]	carico di snervamento [N/mm ²]	allungamento dopo rottura ($\epsilon_0 = 5 d_0$) [%]	esempi d'impiego
	sigla	numero del materiale				
acciai da costruzione generici secondo DIN 17100	RST 34-2	1.0108	330 bis 410 ¹⁾	205 ²⁾	28 ³⁾	perni, anelli, flange leve, flange, mozzi pistoni, tiranti d'ancoraggio mensole ruote dentate, bracci di comando sterzo
	RST 37-2	1.0114	360 bis 440 ¹⁾	235 ²⁾	25 ³⁾	
	St 52	1.0841	510 bis 610 ¹⁾	355 ²⁾	22 ³⁾	
	St 70-2	1.0632	690 bis 840 ¹⁾	365 ²⁾	10 ³⁾	
acciai da bonifica secondo DIN 17200	C 35	1.0501	620 bis 770 ¹⁾	420 ²⁾	17 ³⁾	copercchi di cuscinetti, mozzi per ruote forcelle del cambio alberi a camme, alberi a gomito assi, ruote per frizione impiego come per C 35 alberi motore fusi a snodo scatole del differenziale fusi a snodo mozzi, alberi scanalati, bracci di comando alberi a gomito giranti, leve del fuso fusi a snodo
	C 45	1.0503	700 bis 850 ¹⁾	480 ²⁾	14 ³⁾	
	C 60	1.0601	830 bis 980 ¹⁾	570 ²⁾	13 ³⁾	
	CK 35	1.1181	620 bis 770 ¹⁾	420 ²⁾	17 ³⁾	
	41 Cr 4	1.7035	980 bis 1180 ¹⁾	785 ²⁾	11 ³⁾	
	25 CrMo 4	1.7218	880 bis 1080 ¹⁾	685 ²⁾	12 ³⁾	
	42 CrMo 4	1.7227	1080 bis 1280 ¹⁾	885 ²⁾	10 ³⁾	
34 CrNiMo 6	1.6582	1180 bis 1380 ¹⁾	980 ²⁾	9 ³⁾		
50 CrV 4	1.8159	1080 bis 1280 ¹⁾	885 ²⁾	9 ³⁾		
acciai da costruzione secondo DIN 17210	C 15	1.0401	590 bis 790 ¹⁾	355 ²⁾	14 ³⁾	perni, leve, carrucole di guida impiego come per C 15 ruote dentate, estremità di catena alberi per comando sterzo pezzi per riduttori, alberi ruote ad impronte per catene, ruote dentate pezzi per riduttori altamente sollecitati
	CK 15	1.1141	590 bis 790 ¹⁾	355 ²⁾	14 ³⁾	
	16 MnCr 5	1.7131	780 bis 1080 ¹⁾	590 ²⁾	10 ³⁾	
	20 MnCr 5	1.7147	980 bis 1080 ¹⁾	685 ²⁾	8 ³⁾	
	20 MoCr 4	1.7321	780 bis 1080 ¹⁾	590 ²⁾	10 ³⁾	
	15 CrNi 6	1.5919	880 bis 1180 ¹⁾	635 ²⁾	9 ³⁾	
17 CrNiMo 6	1.6587	1080 bis 1330 ¹⁾	785 ²⁾	8 ³⁾		

NOTE
 1) I valori sono validi per prodotti fino a 100 mm di diametro
 2) I valori sono validi per provette fino a 30 mm di diametro
 3) I valori sono validi per provette longitudinali di pezzi fino a 100 mm di diametro
 4) I valori sono validi per provette fino a 30 mm di diametro, temperate a cuore.

Other Features of Forging Process

Hot forging Temperatures

Material	Temperature Range (°C)
Aluminum alloys	400-550
Magnesium alloys	250-350
Copper alloys	600-900
Carbon and low alloy steels	850-1150
Stainless steels	1100-1250
Titanium alloys	700-950
Iron based superalloys	1050-1180
Tungsten alloys	1200-1300

17

M.Strano - Tecnologia Meccanica

STAMPAGGIO

Il principale problema nello stampaggio è il corretto riempimento della cavità, che deve essere:

- completo;
- tale da non portare difetti sul pezzo;
- deve possibilmente essere tale da ridurre al minimo la forza necessaria per lo stampaggio.

Il corretto riempimento della cavità dipende da:

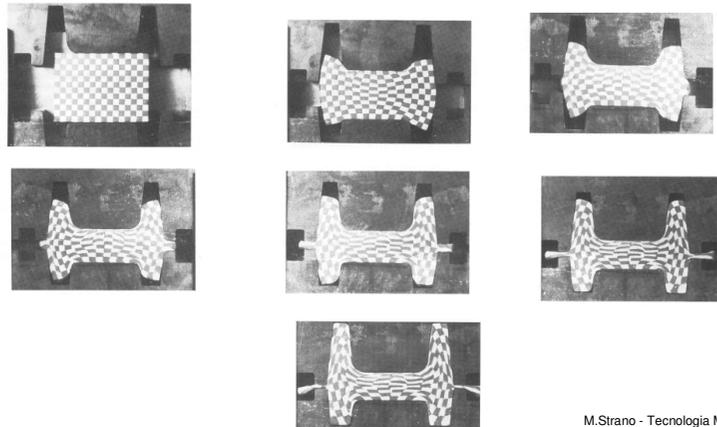
- presenza di camere scarta-bava;
- forma del grezzo di partenza;
- presenza di opportuni raggi di raccordo.

18

M.Strano - Tecnologia Meccanica

STAMPAGGIO – VISIOPLASTICITA'

Riempimento di uno stampo:



M.Strano - Tecnologia Meccanica

CAMERA SCARTABAVA

Durante la chiusura dello stampo il materiale fluisce in alcune camere poste nel piano di divisione che vengono dette camere scartabava che hanno la funzione di:

- Contenere il materiale in eccesso; per non rischiare di avere mancanza di materiale il massello contiene materiale in eccesso che al termine dello stampaggio viene accolto nelle camere scartabava. Il volume complessivo di tali camere varia dal 30% (pezzi semplici) al 70% (pezzi complessi) del volume del pezzo.

- Assicurare un perfetto riempimento delle cavità: durante la chiusura dello stampo il materiale tenderebbe a fluire radialmente mentre "risalirebbe" nello stampo con maggiore difficoltà. Il canale di bava che collega la figura alla camera scartabava, che presenta un modulo termico basso, favorisce il raffreddamento del materiale e il conseguente aumento delle caratteristiche meccaniche locali, favorendo il completo riempimento.

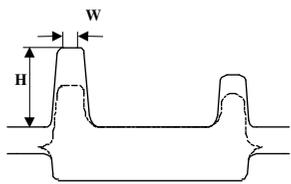


- Agire da ammortizzatore: la bava attutisce l'urto tra stampo superiore e inferiore al momento della chiusura.

20

M.Strano - Tecnologia Meccanica

FORMA DEL GREZZO DI PARTENZA

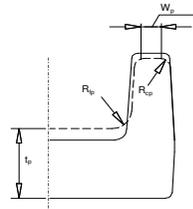
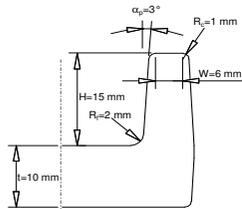
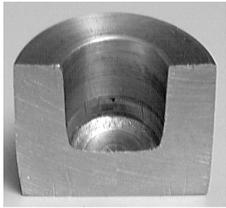


$$P = k \sigma_f A$$

K=5-12 (fattore di intensificazione della pressione)

A= area del forgiato secondo una proiezione perpendicolare alla direzione del movimento degli stampi

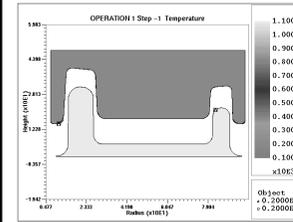
Stima più accurata: FEM!



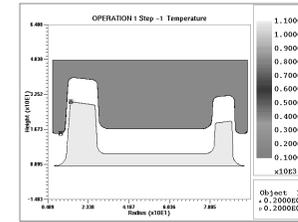
29

M.Strano - Tecnologia Meccanica

Valutazione FEM della FORMA del GREZZO di PARTENZA

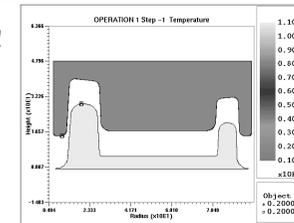


NO!

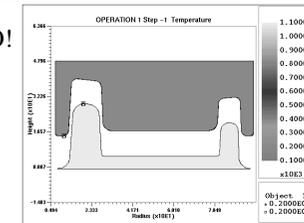


NO!

NO!



NO!

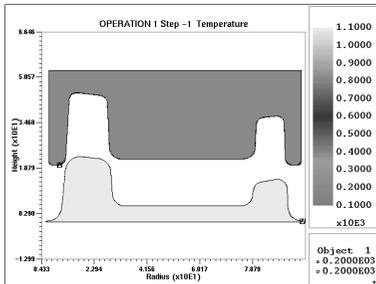


30

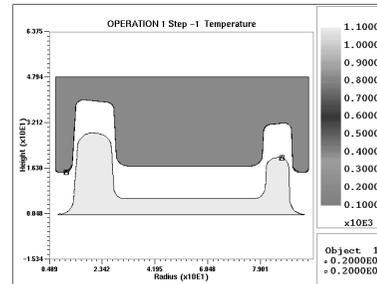
M.Strano - Tecnologia Meccanica

Valutazione FEM della FORMA del GREZZO di PARTENZA

NO!



OK!



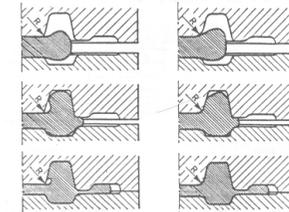
31

M.Strano - Tecnologia Meccanica

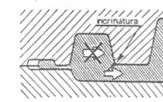
RAGGI DI RACCORDO

I raggi di raccordo ampi consentono di:

- far fluire il materiale con minore difficoltà, quindi riducono la forza di stampaggio;
- riducono la possibilità di distacco del materiale dalla parete con conseguente insorgenza di un difetto;



- riducono l'effetto di intaglio che durante il raffreddamento può portare alla formazione di cricche localizzate;



Di contro, un raggio di raccordo piccolo consente di:

- avere un'elevata ricchezza di dettagli già nello stampato;
- ridurre il sovrametallo da asportare alle macchine utensili.

32

M.Strano - Tecnologia Meccanica

PROGETTAZIONE STAMPI

La progettazione dello stampo coinvolge la definizione:

- del piano (o linea) di bava
- degli angoli di sforno
- dei raggi di raccordo
- del sovrametallo
- del ritiro.

Sequenza completa di lavorazione

1. Prepare raw material including cleaning
2. Heat workpiece (for hot forging)
3. Descale (decapaggio) if necessary
4. Preheat and lubricate dies (hot forging)
5. Forge in appropriate dies and in correct sequence
6. Remove excess material (flashing)
7. Clean
8. Check dimensions
9. Straighten if necessary
10. Machine to final dimensions
11. Heat treat if necessary
12. Inspect

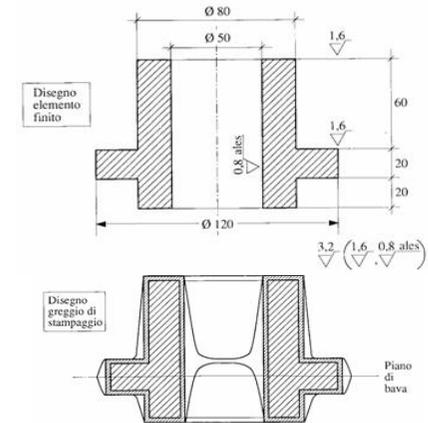
33

M.Strano - Tecnologia Meccanica

Impression Die Forging progettazione del processo

Die Design

- Preforming dies (preformatura)
- Parting line (piano di separazione degli stampi o di bava)
- Draft angles (angoli di spoglia)
- Corner radii (raggi di raccordo)
- Allowances (sovrametalli e ritiro)
- Die inserts (inserti)



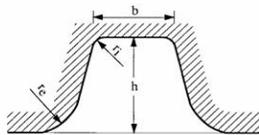
34

M.Strano - Tecnologia Meccanica

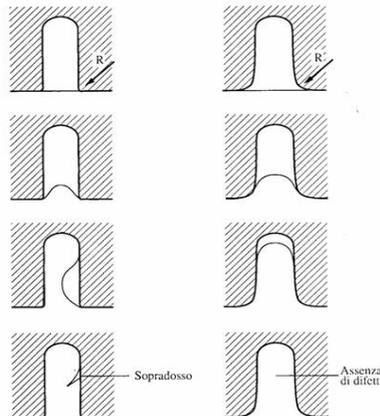
Impression Die Forging progettazione del processo

Raggi di raccordo:

- concentrazioni di tensioni
- distacco del materiale durante il riempimento



h/b	r ₁ (mm)	r _c (mm)
≤ 2	0,06h + 0,5	2,5r ₁ + 0,75
2 - 4	0,07h + 0,6	3r ₁ + 0,75
> 4	0,08h + 0,75	3,5r ₁ + 0,75

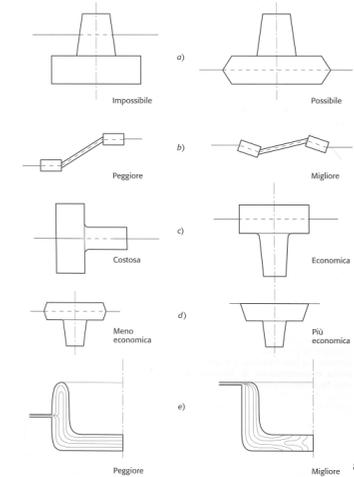


35

M.Strano - Tecnologia Meccanica

PROGETTAZIONE STAMPI – Linea di bava

Il piano di bava deve essere scelto con criteri di tecnici e economici. Può essere su uno o più piani.

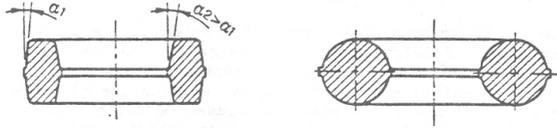


36

PROGETTAZIONE STAMPI – Angoli di spoglia

Per consentire l'estrazione del pezzo è necessario inclinare le pareti parallele alla direzione di estrazione.

In generale si inclinano maggiormente le superfici interne rispetto a quelle esterne (per queste è favorito il distacco dalla parete grazie al ritiro).



In generale $\alpha = 1^\circ - 7^\circ$ per le pareti esterne e $2^\circ - 10^\circ$ per quelle interne.

37

M.Strano - Tecnologia Meccanica

PROGETTAZIONE STAMPI – Sovrametallo

I valori di massima dei sovrametalli possono essere ricavati dalla tabella in relazione alla quota nominale e alle dimensioni del pezzo.

Sovrametalli

- dimensioni del pezzo
- ossidazione alta temperatura
- difetti superficiali
- incompleto riempimento
- ritiro

Dimensioni nominali (mm)	Lunghezza del pezzo (mm)			
	≤ 100	100 + 300	300 + 500	500 + 1000
≤ 50	1,8 + 2,3	1,8 + 2,3	2,3 + 3,1	3 + 3,4
50 + 75	2 + 3	2 + 3	2,5 + 3	3,5 + 4
75 + 100	2 + 3,5	2 + 3,5	3 + 3,5	3,5 + 4,5
100 + 400	3 + 3,5	3 + 4	3,5 + 4,5	4,5 + 5
400 + 800	4 + 4,5	4 + 5	4,5 + 5	5 + 5,5
800 + 1000	4 + 5	4,5 + 5,5	5,5 + 6	5 + 6,5

38

M.Strano - Tecnologia Meccanica

PROGETTAZIONE STAMPI – Ritiro

I valori di massima del ritiro lineare possono essere ricavati dalla tabella in relazione al materiale stampato.

Materiali	Salto termico (°C)	Ritiro medio %
Acciaio	1000 - 20	1,1
Bronzo	500 - 20	0,85
Ottone	500 - 20	0,95
Rame	500 - 20	0,85
Leghe leggere	400 - 20	0,95

39

M.Strano - Tecnologia Meccanica

PROGETTAZIONE STAMPI – Materiali

I materiali più comunemente utilizzati per gli stampi

tipo di acciaio		composizione chimica in %						campi d'impiego
sigla	materiale N°	C	Cr	Mo	Ni	V	W	
55 NiCrMoV 6	1.2713	0,55	0,7	0,3	1,7	0,1	-	stampi per magli, per medie e piccole dimensioni
56 NiCrMoV 7	1.2714	0,55	1,0	0,5	1,7	0,1	-	stampi per magli fino alle massime dimensioni, in particolare anche per impronte di forma complessa, stampi riportati
57 NiCrMoV 7.7	1.2744	0,57	1,1	0,8	2,0	0,1	-	stampi per magli
X 38 CrMoV 5.1	1.2343	0,38	5,3	1,1	-	0,4	-	stampi e stampi riportati, stampi per fucinatrici
X 40 CrMoV 5.1	1.2344	0,4	5,3	1,4	-	1,0	-	come 1.2343, ma con una maggiore resistenza all'usura a caldo
X 32 CrMoV 3.3	1.2365	0,32	3,0	2,8	-	0,5	-	stampi riportati, stampi per fucinatrici, buona tenacità, ottima resistenza all'usura a caldo
X 40 CrMoV 5.3	1.2367	0,4	5,0	3,0	-	1,0	-	come 1.2365
X 30 WCrV 5.3	1.2567	0,3	2,4	-	-	0,6	4,3	come 1.2365, ma con minore tenacità

40

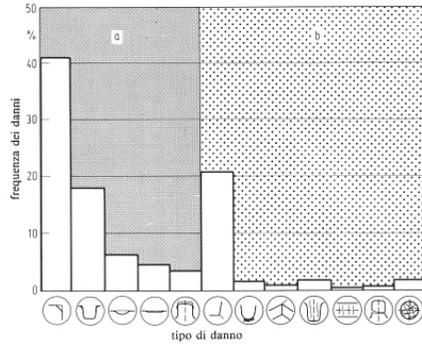
M.Strano - Tecnologia Meccanica

PROGETTAZIONE STAMPI – Vita utile

Il numero di battute utili nella vita di uno stampo variano tra i 20.000 e i 80.000 colpi in relazione anche alle tolleranze imposte al pezzo.

Il motivo del termine della vita utile è il più delle volte legato all'usura.

- a: usura
- b: cricche



41

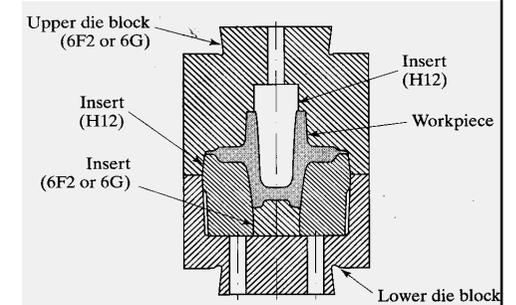
M.Strano - Tecnologia Meccanica

Impression Die Forging progettazione del processo

Determinazione delle dimensioni dello stampo

- materiale stampo
- lavorazioni meccaniche
- resistenza alle forze
- di stampaggio

Die inserts (inserti)

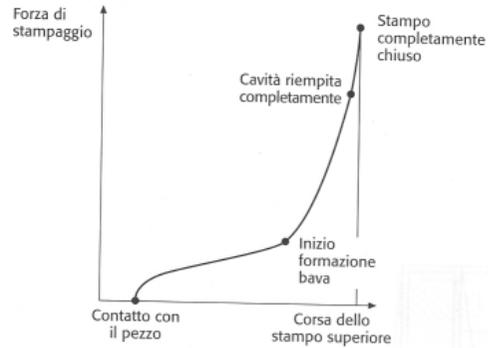


42

M.Strano - Tecnologia Meccanica

FORZA E ENERGIA NELLO STAMPAGGIO

L'andamento della forza in funzione della corsa è riportato in figura:

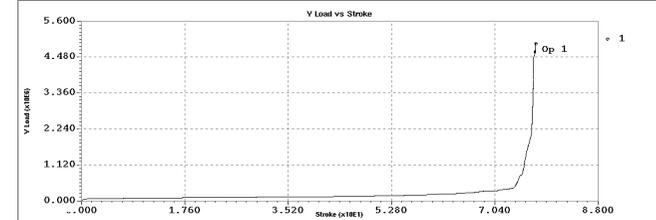


43

M.Strano - Tecnologia Meccanica

FORZA E ENERGIA NELLO STAMPAGGIO

Andamento dello sforzo normale e della forza di stampaggio al variare della corsa



M.Strano - Tecnologia Meccanica

FORZA E ENERGIA NELLO STAMPAGGIO

La forza massima può essere prevista considerando che:

- l'altezza media del pezzo è data da:

$$h_m = \frac{V}{A_f}$$

con V volume del pezzo e A_f area della sezione di bava compresi i canali di bava;

- la velocità di deformazione media è quindi data da:

$$\dot{\epsilon} = \frac{v}{h_m}$$

con v velocità di spostamento della pressa.

- la resistenza del materiale deformato a caldo è quindi data da:

$$\sigma_0 = K \dot{\epsilon}^m$$

45

M.Strano - Tecnologia Meccanica

FORZA E ENERGIA NELLO STAMPAGGIO

Valori sperimentali delle costanti reologiche K' e m dei principali materiali

Materiale	Temperatura (°C)	K'	m
P-CuZn 28	800	164	0,130
	700	104	0,150
	800	57	0,170
P-CuZn 35	800	140	0,160
	700	67	0,170
	800	35	0,230
P-CuZn 40	800	44	0,160
	700	25	0,140
	800	19	0,110
P-CuZn 39 Pb 3	800	54	0,200
	700	22	0,230
	750	16	0,170

Materiale	Temperatura (°C)	K'	m
P-Al 99,5 (Al commerciale)	380	47	0,130
	480	25	0,160
	400	51	0,150
P-Al Mg 0,5 Si 0,4 Fe (Anticorrosal 62)	350	65	0,120
	400	38	0,140
	450	32	0,170
P-AL Cu 4 Mg Mn Si (Avional 22)	400	88	0,120
	450	80	0,140
	500	32	0,170
P-Al Mg 3,5 (Peraluman 25)	380	121	0,095
	480	83	0,150
	400	71	0,110
P-Al Zn 5,8 Mg Cu Cr (Ergal 55)	450	44	0,120
	480	34	0,130
	500	34	0,130

Materiale	Temperatura (°C)	K'	m
C 15	900	158	0,102
	1000	123	0,121
	1100	88	0,147
	1200	59	0,185
C 40	900	145	0,130
	1000	105	0,140
	1100	80	0,170
	1200	52	0,200
C 60	900	142	0,129
	1000	109	0,135
	1100	77	0,162
	1200	53	0,189
39 NiCrMo 3	900	158	0,085
	1000	130	0,100
	1100	80	0,140
	1150	51	0,160
X 5 CrNi 18 10	900	257	0,040
	1000	185	0,081
	1100	138	0,091
	1200	94	0,108
100 Cr 6	900	167	0,117
	1000	112	0,128
	1100	85	0,141
	1200	77	0,118

ica

FORZA E ENERGIA NELLO STAMPAGGIO

Sperimentalmente si osserva che la forza massima è data da:

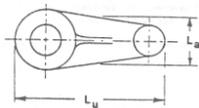
$$F_{\max} = \sigma_0 S \left(1 + 2f \frac{m}{l} \right) \eta$$

con f coefficiente di attrito, b ed s sono le dimensioni del canale di bava e η coefficiente che dipende dal grado di simmetria del pezzo.

Il coefficiente di attrito f dipende principalmente dal materiale stampato:

Materiale	f
acciai	0,20 + 0,25
ottoni	0,12 + 0,17
leghe Al	0,30 + 0,35

Il coefficiente η può essere determinato qualitativamente come riportato qui sotto:



L_u/L_a	η
1	1,00
2	1,08
5	1,20
10	1,35

47

M.Strano - Tecnologia Meccanica

FORZA E ENERGIA NELLO STAMPAGGIO

La forza media può essere determinata come una percentuale della forza massima:

$$F_{\text{med}} = \lambda F_{\max} = (0,15 \div 0,25) F_{\max}$$

L'energia di stampaggio è quindi data da:

$$E = c F_{\text{med}} = c \lambda F_{\max}$$

con c corsa della pressa.

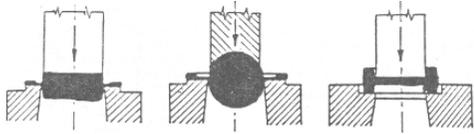
Sia la forza che l'energia devono essere fornite dalla pressa.

48

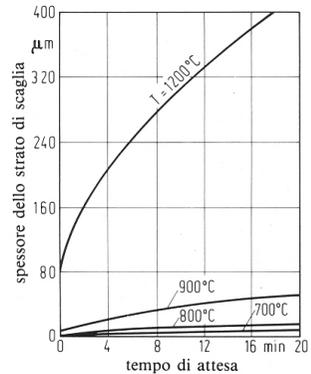
M.Strano - Tecnologia Meccanica

FINITURA DEL PEZZO

Il pezzo stampato subisce una operazione di tranciatura (realizzazione fori) e di tranciatura delle bave



In alcuni casi segue la sabbiatura del pezzo per eliminare gli ossidi superficiali che si formano durante lo stampaggio.



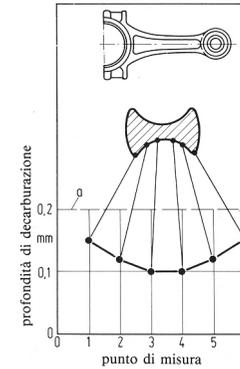
49

M.Strano - Tecnologia Meccanica

DIFETTI DEL PEZZO

Il principale difetto dei pezzi stampati è la decarburazione superficiale legata alla lavorazione ad alta temperatura.

In figura un esempio di decarburazione al 90% dello stelo di una biella.



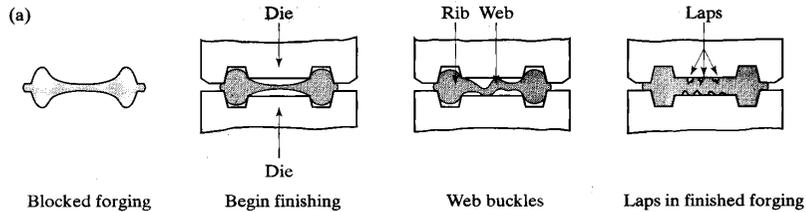
50

M.Strano - Tecnologia Meccanica

Forgeability

Defects

- Buckling
- Laps



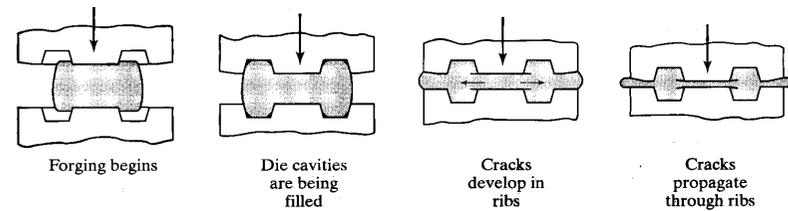
51

M.Strano - Tecnologia Meccanica

Forgeability

Defects

- Surface cracks (cricche superficiali)
- Internal cracks (cricche interne)



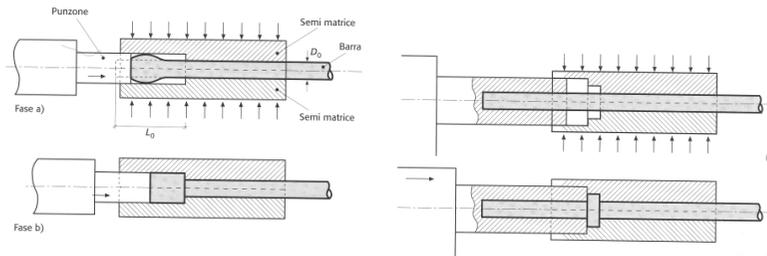
(b) Internal defects caused by oversized billet; die cavities are filled prematurely, and the material at the center flows past the filled regions as the dies close.

52

M.Strano - Tecnologia Meccanica

LA RICALCATURA

Nella ricalcatura il pezzo (una barra) viene ricalcato per aumentare localmente il diametro. Il processo può avvenire sia in stampo aperto che in stampo chiuso. Il processo può avvenire sia a caldo che a freddo ed è adatto a serie medio-grandi. Le precisioni dimensionali ottenibili sono discrete, anche se generalmente la zona ricalcata subisce una lavorazione per asportazione di truciolo.

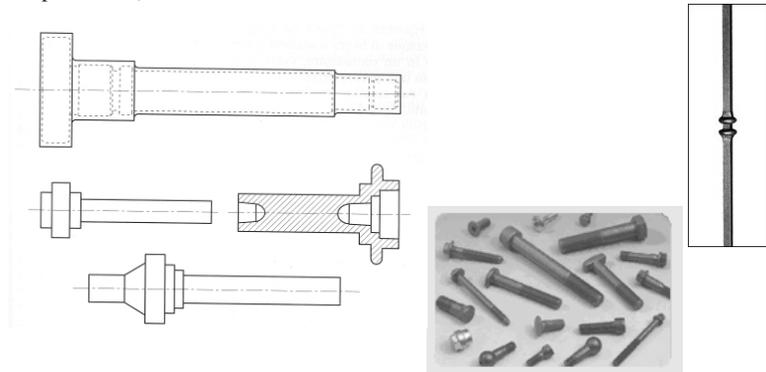


53

M.Strano - Tecnologia Meccanica

LA RICALCATURA

I pezzi che generalmente vengono prodotti sono i più disparati (in generale alto volume di produzione)

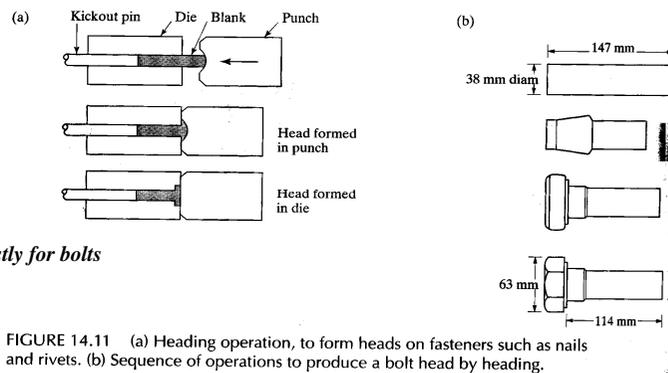


54

M.Strano - Tecnologia Meccanica

LA RICALCATURA

Heading



used mostly for bolts

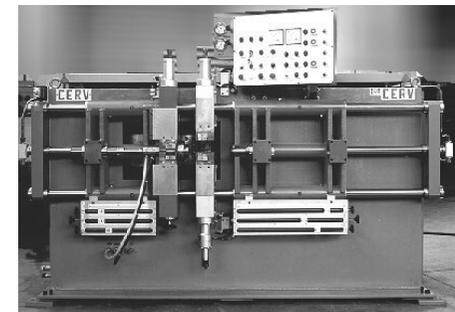
FIGURE 14.11 (a) Heading operation, to form heads on fasteners such as nails and rivets. (b) Sequence of operations to produce a bolt head by heading.

55

M.Strano - Tecnologia Meccanica

LA RICALCATURA

Le macchine su cui viene realizzata la ricalcatura sono presse orizzontali con possibilità di controllo dello spostamento e/o della forza applicata. In alcuni casi sono presenti degli attuatori trasversali che chiudono lo stampo che è realizzato in due o più pezzi, con lo scopo di facilitare l'estrazione del componente ricalcato.



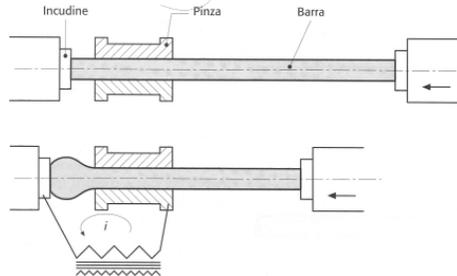
56

M.Strano - Tecnologia Meccanica

L'ELETTRO-RICALCATURA

Nell'elettro-ricalcatura la ricalcatura avviene a caldo con riscaldamento del pezzo a bordo macchina. Il riscaldamento viene ottenuto per effetto Joule.

Mancando lo stampo, la geometria ottenuta è particolarmente semplice e in generale il pezzo subisce una successiva lavorazione per asportazione di truciolo o di stampaggio.

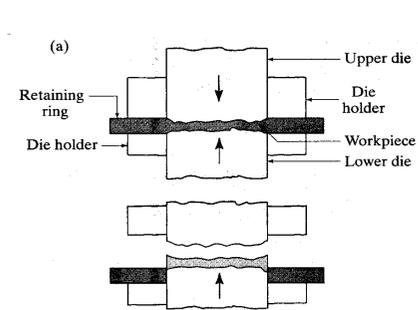


Il diametro massimo ricalcabile con questa tecnica è circa 100mm.

57

M.Strano - Tecnologia Meccanica

LA Coniatura



Coining

- Similar to precision forging but much older

- Die cavity completely closed
- Very high pressures involved
- Used in coin making

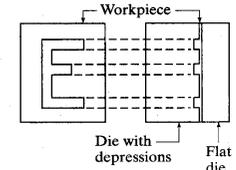


FIGURE 14.10 (a) Schematic illustration of the coining process. The earliest coins were made by open-die forging and lacked sharp details. (b) An example of a coining operation to produce an impression of the letter E on a block of metal.

58

M.Strano - Tecnologia Meccanica