



Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Meccanica e Tecnologie
Industriali



CORSO DI: *DISEGNO MECCANICO (FI)*

CORSO DI: *DISEGNO TECNICO IND.LE (PO)*

Anno accademico 2005-06

Modulo 4: Tecnologie di fabbricazione (I parte)

Docenti:

Prof. Paolo Rissone

Prof.ssa Monica Carfagni

Ing. Gaetano Cascini

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ PRINCIPALI PROCEDIMENTI TECNOLOGICI

- **Fonderia (casting processes)**
- Lavorazioni per **deformazione plastica (bulk deformation processes)**
- Lavorazione di **lamiere (sheet metal forming processes)**
- Lavorazioni per **asportazione di materiale (material removal processes)**
 - **asportazione di truciolo (chip-forming machining)**
 - **processi abrasivi, chimici, elettrici, raggi ad elevata energia**
- Lavorazione di **materie plastiche**
- **Sinterizzazione delle polveri metalliche e ceramiche (processing of powder metals and ceramics)**



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (1)

Insieme dei processi che consentono di ottenere dei pezzi semilavorati o finiti sfruttando le proprietà delle leghe di poter essere fuse e colate in appositi stampi di cui, solidificando, prendono la forma.

✓ Stampi a perdere

- fusione in sabbia (sand casting)
- fusione in guscio di sabbia e resina termoindurente (shell molding)
- fusioni in gesso (plaster molding, solo leghe non ferrose)
- microfusione o fusione a cera persa (investment casting)

✓ Stampi permanenti

- colata in conchiglia per gravità (gravity die-casting)
- pressofusione (pressure die-casting)

✓ Getti centrifugati (centrifugal casting)

✓ Colata e fucinatura (squeeze-casting)



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (2)

➤ Fusione in sabbia

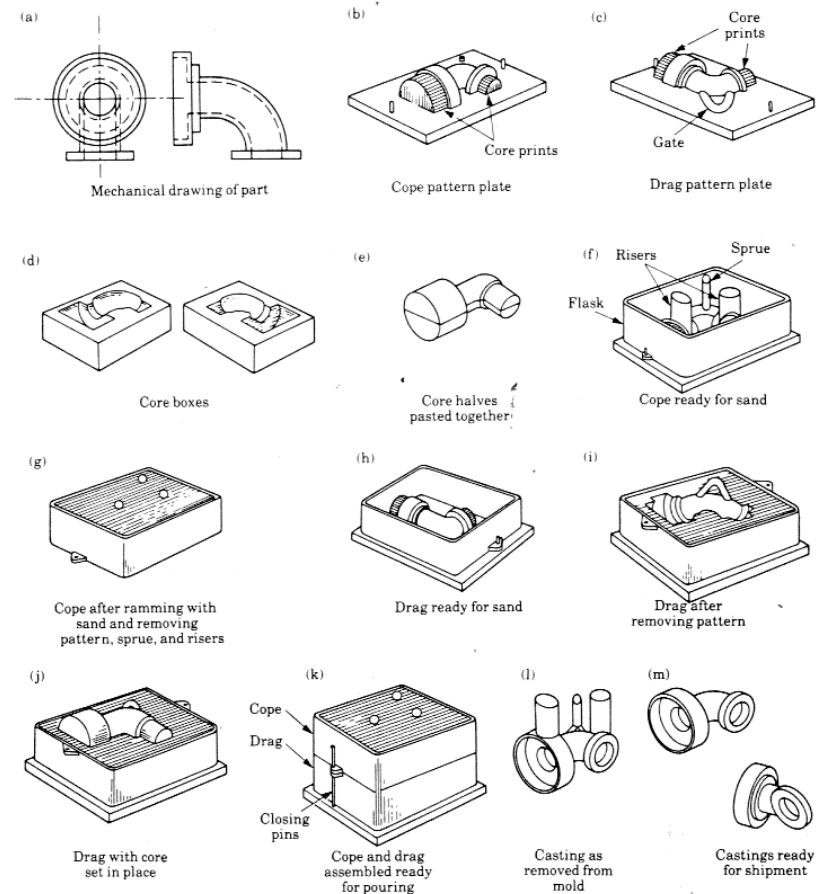
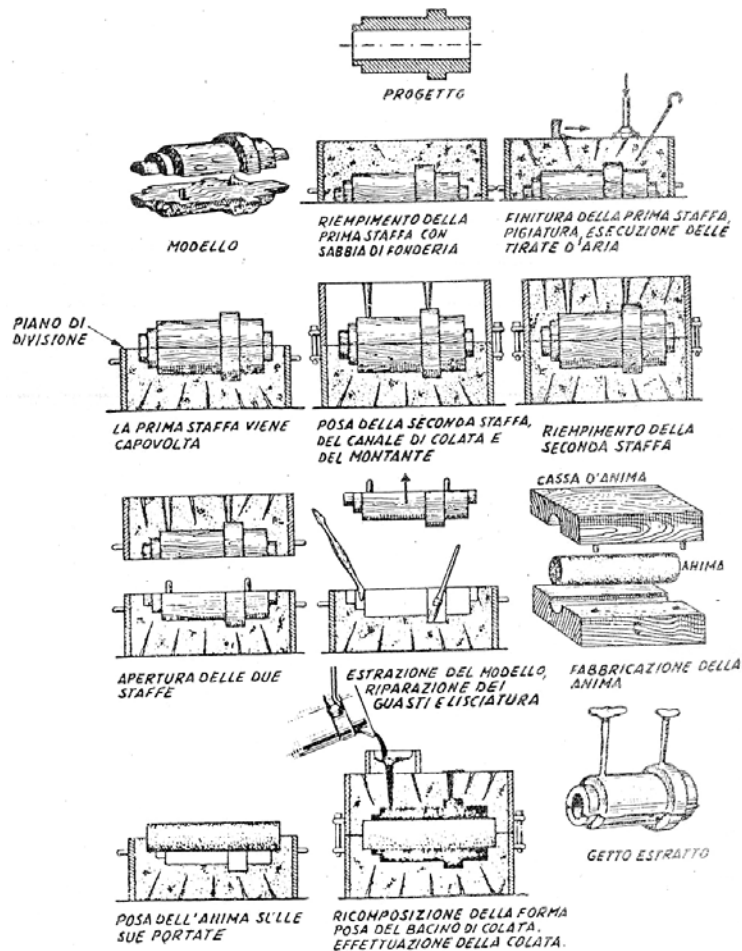
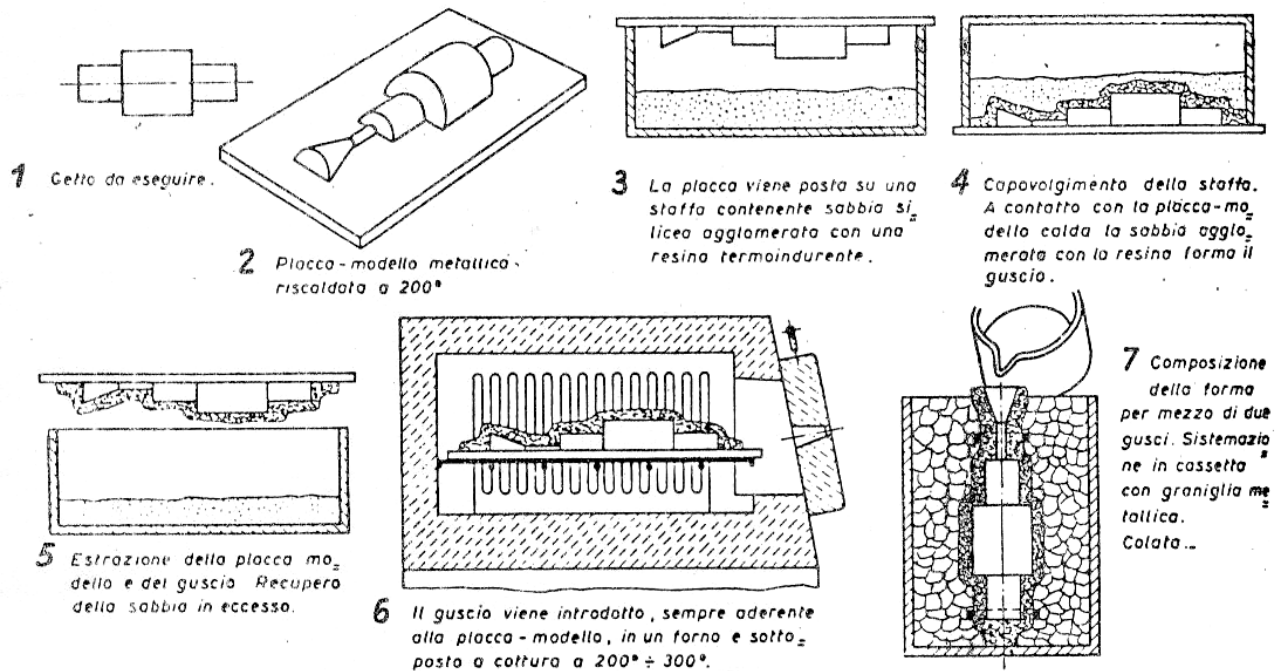


FIGURE 5.20 Schematic illustration of the sequence of operations for a typical part made by sand casting. Sand casting is one of the oldest manufacturing processes. Unlike other casting processes, there is virtually no limit to the size of a sand cast part. Source: Courtesy of Steel Founders' Society of America.

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (3)

➤ Fusione in conchiglia di resina



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (4)

➤ Fusione a cera persa

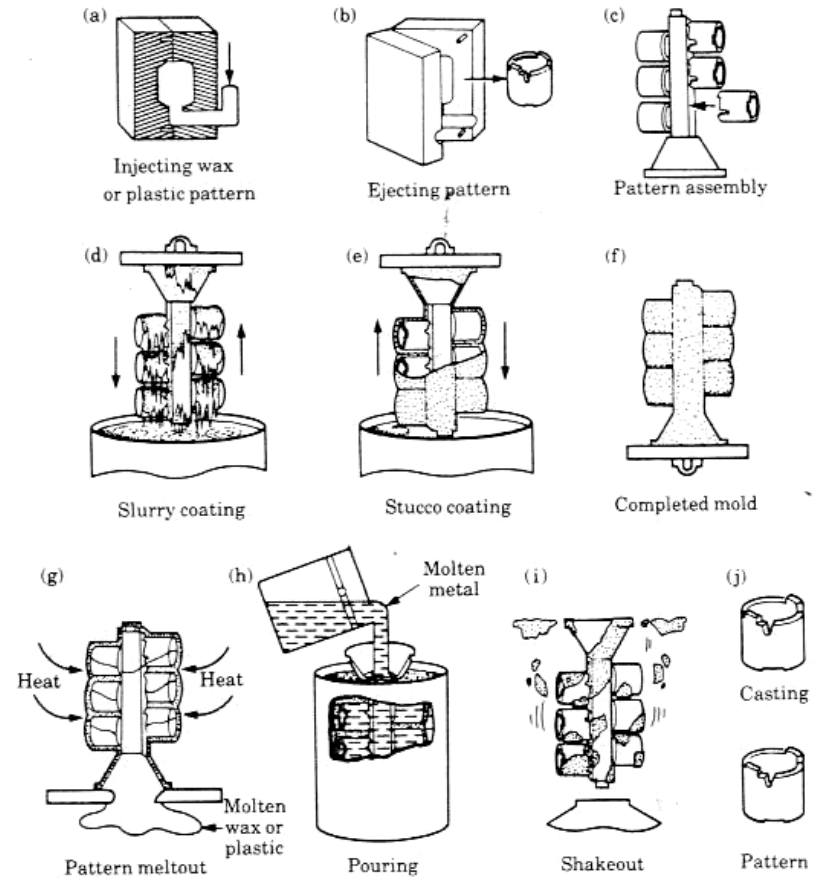
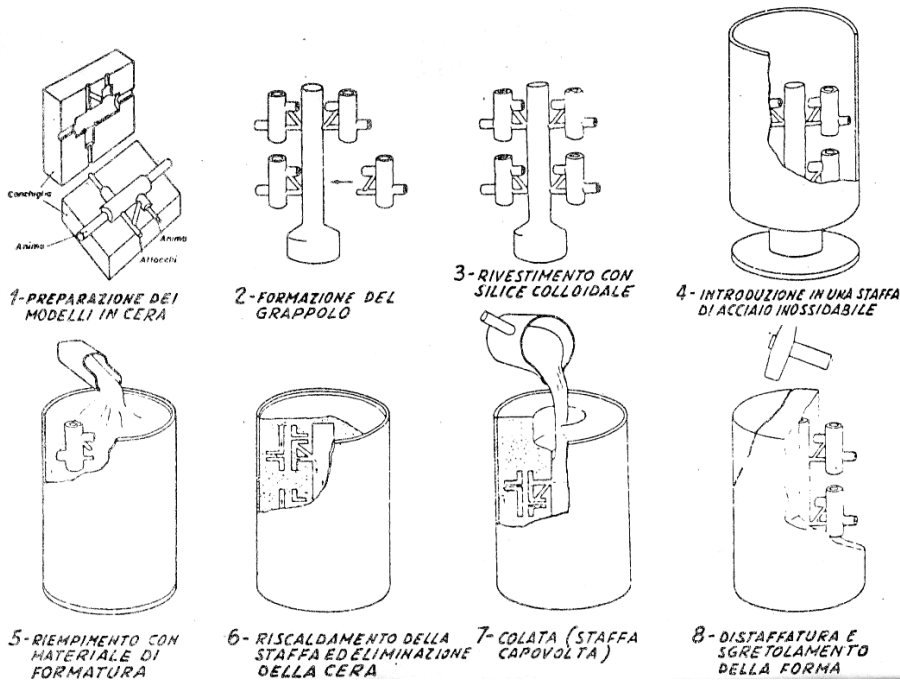


FIGURE 5.22 Schematic illustration of the investment casting (lost wax) process. This process, which dates back to 4000–3000 B.C., produces castings from a variety of materials and with very fine detail. Source: Courtesy of Steel Founders' Society of America.

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (5)

➤ Pressofusione

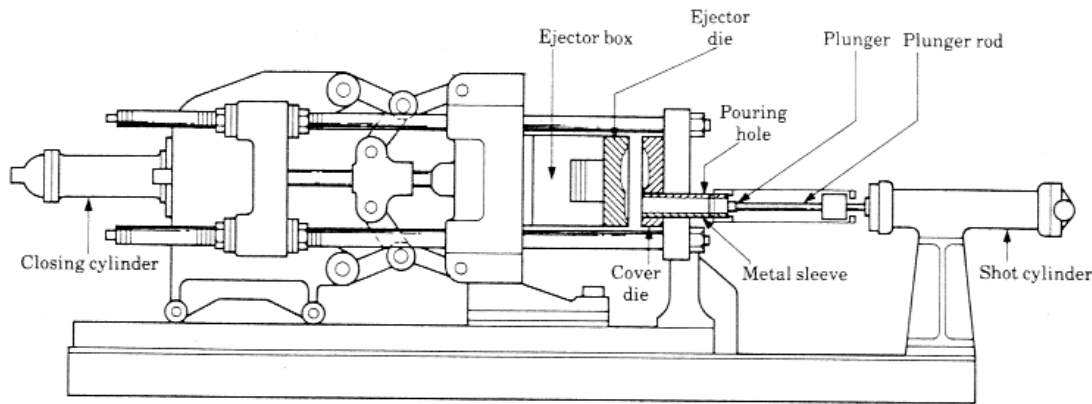
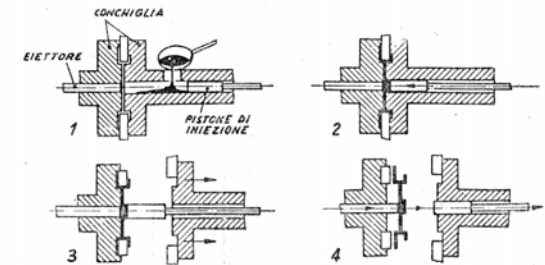
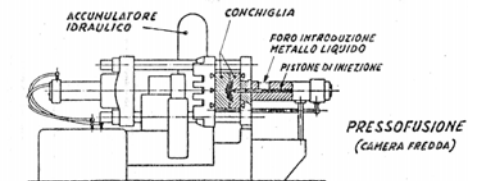
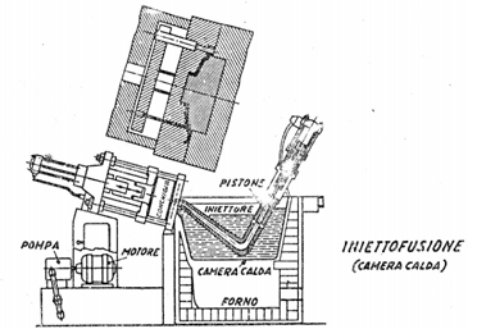
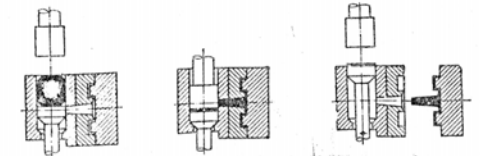


FIGURE 5.25 Schematic illustration of a die-casting machine. These machines are large compared to the size of the casting, because of the high forces required to keep the two halves of the die closed under the pressure of the molten metal in the die cavities.



FASI DI PRODUZIONE DI UN GETTO CON LA PRESSOFUSIONE (MACCHINA A CAMERA FREDDA)



INIEZIONE DEL METALLO ALLO STATO PLASTICO O SEMILIQUIDO (METODO POLAK)



✓ ELEMENTI DI FONDERIA (6)

➤ Getto centrifugato

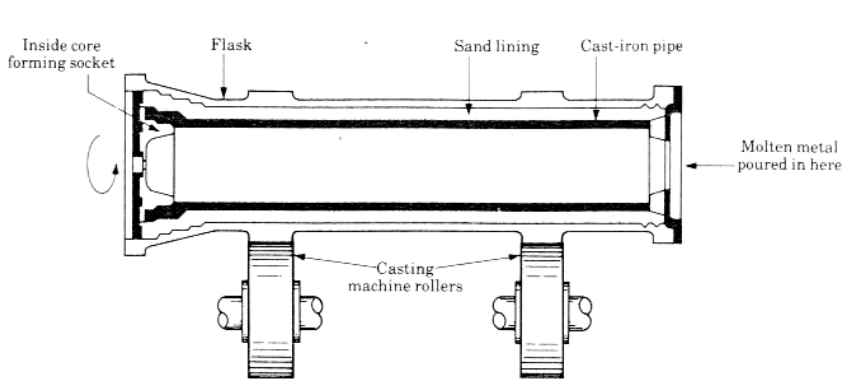


FIGURE 5.27 Schematic illustration of true centrifugal casting. Cast iron pipes of varying cross-section and lamp posts can be made by this process. Outside diameters may be on the order of a few feet. Due to centrifugal forces, the outer skin of the cast parts has higher purity than the inner regions, where the lower-density impurities and nonmetallic inclusions tend to segregate.

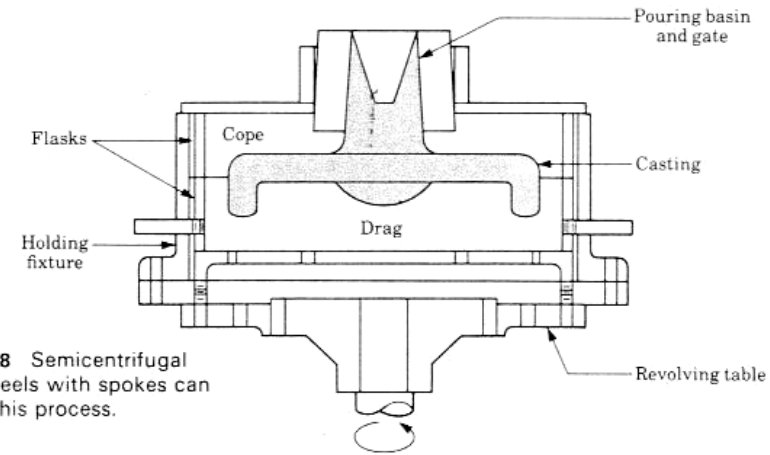


FIGURE 5.28 Semicentrifugal casting. Wheels with spokes can be cast by this process.

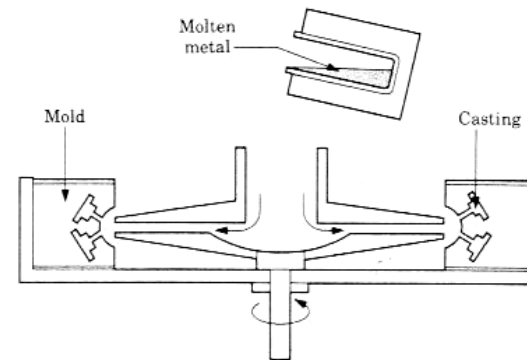
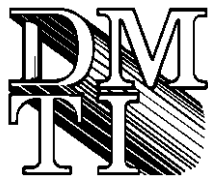


FIGURE 5.29 Schematic illustration of centrifuging. The molds are placed at the periphery of the machine and are filled with molten metal by the action of centrifugal forces.

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (7)

- **Angolo di spoglia:** inclinazione fornita alle pareti che risulterebbero perpendicolari al piano di divisione dello stampo; il valore di spoglia dipende dal materiale, dalle dimensioni del pezzo e dal processo di formatura.
- **Ritiro:** i materiali fusi si contraggono durante il raffreddamento, per cui è necessario considerare vari aspetti fra cui il fatto che le pareti sottili si raffreddano prima di quelle di maggiore spessore, per cui si possono avere diverse strutture cristalline, nonché la nascita di tensioni interne per il fatto che le sezioni grosse “tirano” quelle sottili;
- **Spessori:** le diverse parti del getto devono avere per quanto possibile spessori uniformi ed in generale una distribuzione uniforme dei volumi



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (8)

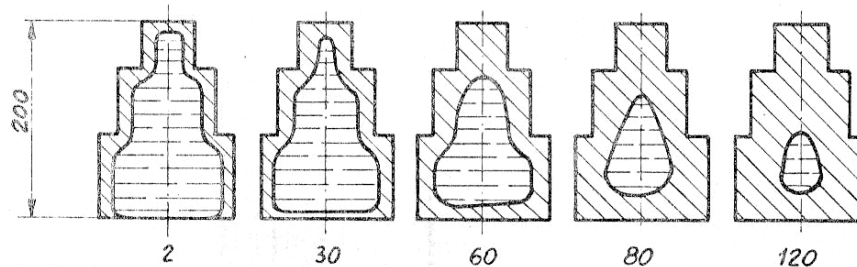


Fig.12.2
SCHEMA DI SOLIDIFICAZIONE IN SABBIA. TEMPI IN MINUTI

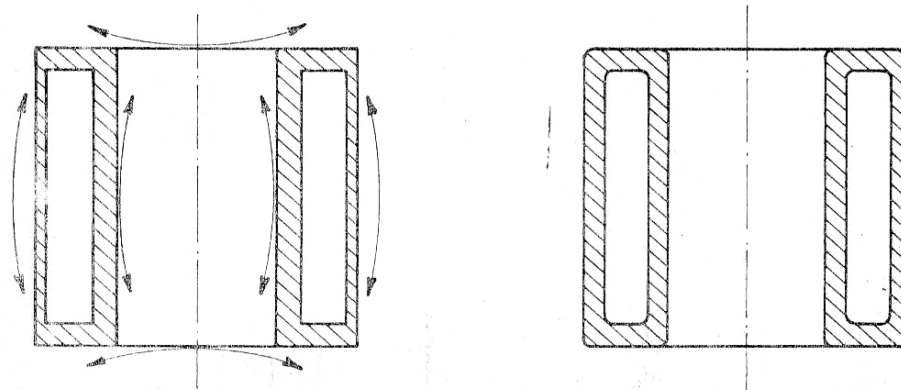


Fig.12.3
UNIFORMARE GLI SPESSORI - LA PARTE PIU' SPESSA SI
RAFFREDDA PIU' LENTAMENTE E "TIRA" QUELLA PIU' SOTTILE

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (9)

Il disegno di un pezzo da realizzare per fusione deve tenere conto del ritiro del materiale in seguito al raffreddamento, non solo in termini di dimensioni del materiale solidificato, ma anche per evitare possibili distorsioni e difetti:

- **soffiature, cavità sulla superficie del getto, bolle (blow, scar, blister)**
- **inclusioni di terra (scab)**
- **colate incomplete (misrun)**
- **cavità interne dovute al ritiro (shrinkage cavity)**



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (11)

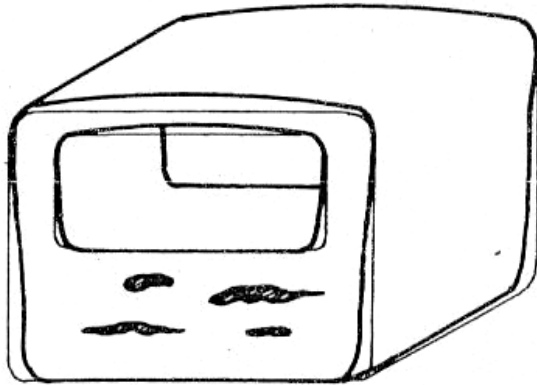
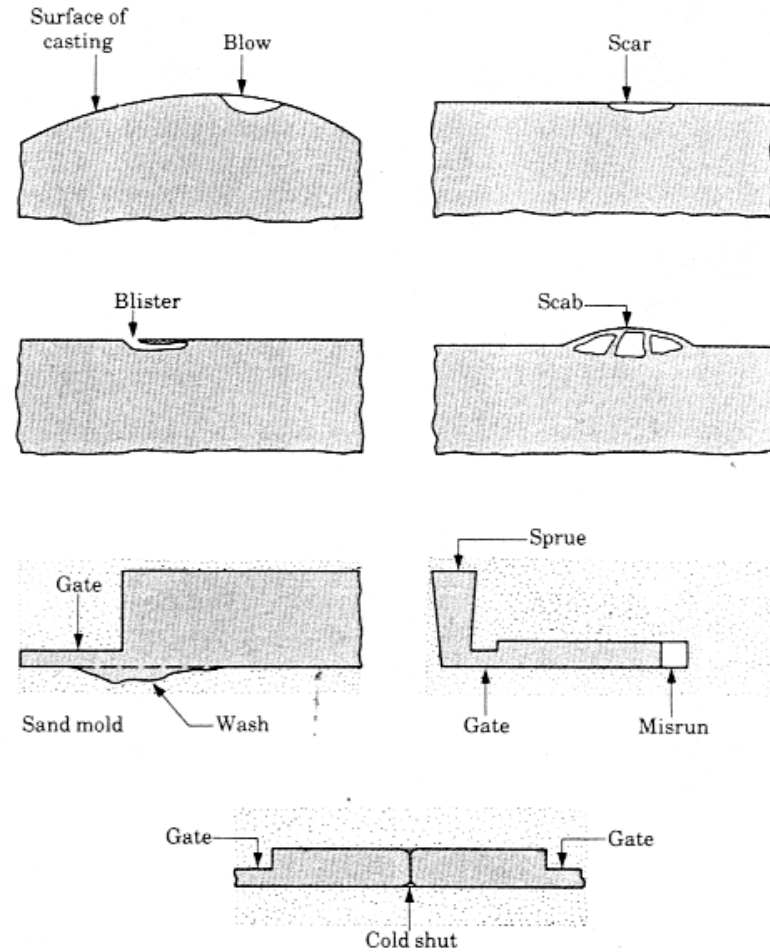


Fig. 43

FIGURE 5.34 Some examples of common casting defects. These defects can be minimized or eliminated by proper design of castings, preparation of molds, and control of melting and pouring procedures. Source: After J. Datsko.



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (12)

➤ Accorgimenti in fase di disegno di pezzi da realizzare per fusione:

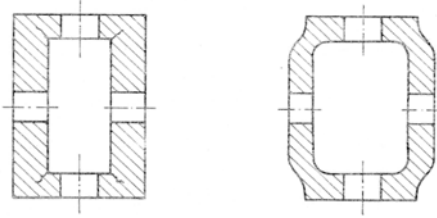


Fig.12.4
PER EVITARE GLI INNESCHI ALLA ROTTURA FARE SPESSORI UNIFORMI E ELIMINARE GLI SPIGOLI VIVI



Fig.12.7
EVITARE IL CONCORSO DI PIÙ PARETI NELLO STESSO PUNTO CON CONSEGUENTE DISUNIFORMITÀ DEL VOLUME

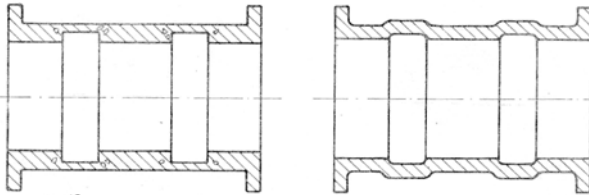


Fig.12.5
PER EVITARE I RISUCCHI E LE CAVITÀ UNIFORMARE GLI SPESSORI - EVITARE BRUSCHI PASSAGGI DI SEZIONE



Fig.12.8
FRAGILITÀ DI SPIGOLI E RISUCCHI SI ELIMINANO CON CONVENIENTI RACCORDI

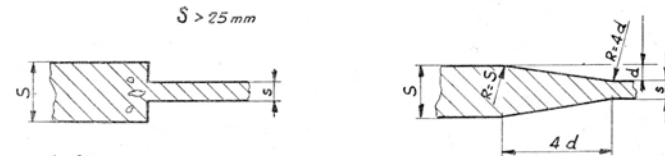


Fig.12.9
PER EVITARE I RISUCCHI OCCORRE RACCORDARE CONVENIENTEMENTE LE PARETI A DIVERSO SPESSORE

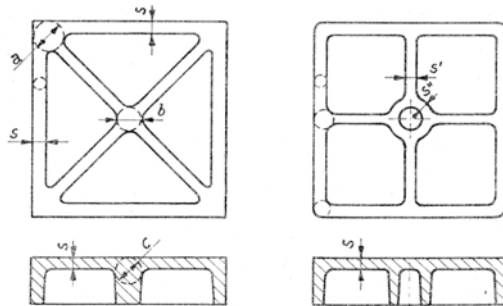


Fig.12.6
L'UNIFORMITÀ DEGLI SPESSORI DEVE ESSERE TALE DA REALIZZARE ANCHE UN'UNIFORMITÀ DI VOLUMI

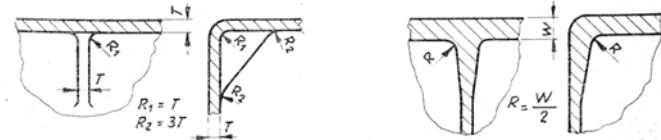


Fig.12.10
RACCORDARE OPPORTUNAMENTE LE NERVATURE

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (12)

➤ Accorgimenti in fase di disegno di pezzi da realizzare per fusione:

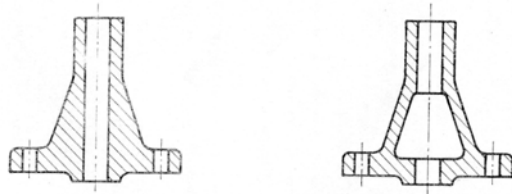


Fig.12.11
EVITARE ACCUMULI DI MATERIALE



Fig.12.12
EVITARE ACCUMULI DI MATERIALE (RINGROSSI)



Fig.12.13
DISEGNARE I BORDI DI RINFORZO IN MODO DA NON CREARE SOTTOSQUADRI

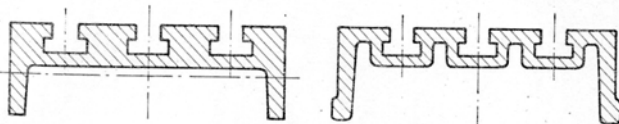


Fig.12.14
RIDURRE AL MINIMO LE DISSIMMETRIE RISPETTO AL PIANO MERIDIANO.
EVITARE ACCUMULI DI MATERIALE.

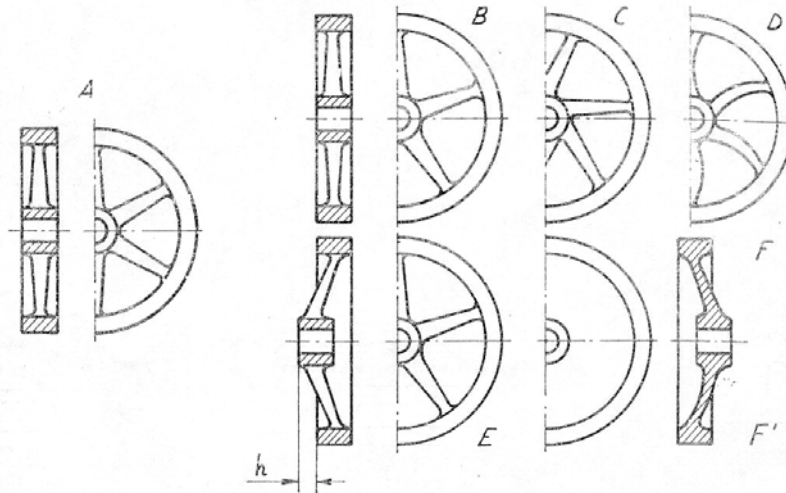


Fig.12.15
LIMITARE LE TENSIONI DOVUTE AL RITIRO DANDO ALLE SUPERFICI
INTERESSATE UN'OPPORTUNA CURVATURA

Fig. 12.15: la soluzione A è da evitare perché le razze sono in numero pari, quindi le razze opposte contrastano l'una il ritiro dell'altra; la soluzione C è meglio della B perché il ritiro in lunghezza delle razze determina una rotazione incontrastata del mozzo, mentre nella D a questo si aggiunge una non desiderata variazione di curvatura delle razze. Buone anche le soluzioni E ed F per le quali il ritiro si traduce in una riduzione dell'altezza h .

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (12)

➤ Accorgimenti in fase di disegno di pezzi da realizzare per fusione:

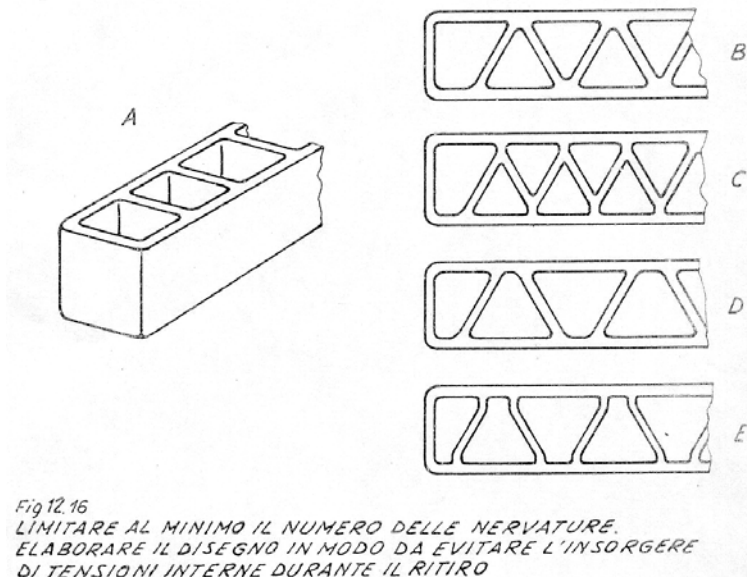
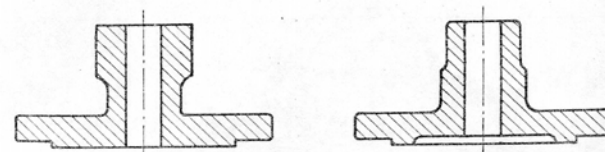
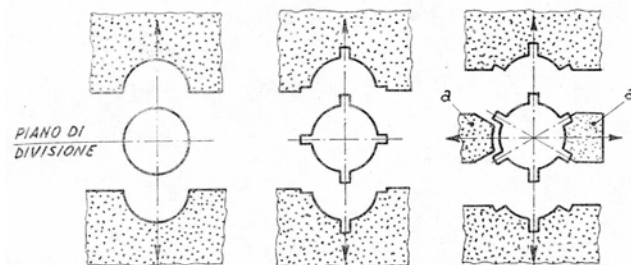


Fig. 12.16: la soluzione A è da scartare perché il ritiro delle nervature distorce la geometria delle pareti esterne anche se queste vengono disegnate di spessore maggiore. La soluzione B risolve questo problema, ma il punto di incontro con la parete determina un “ringrosso” eccessivo, eliminato con la soluzione C; quando le nervature possono essere distanziate meglio le soluzioni D ed E.



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (12)

- Accorgimenti in fase di disegno di pezzi da realizzare per fusione:

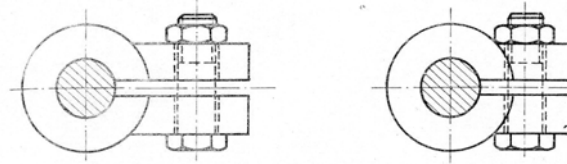


Fig 12.20
LIMITARE LE SOLLECITAZIONI DI TRAZIONE E DI FLESSIONE

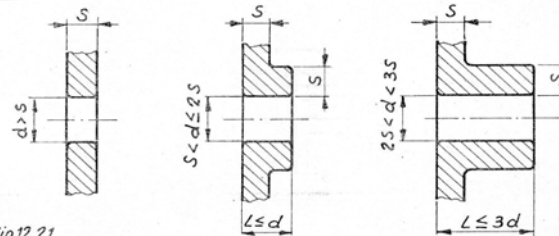


Fig 12.21
EVITARE NEI GETTI FORI DI DIAMETRO INFERIORE A 15-20 mm

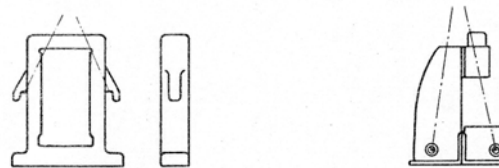


Fig 12.22
PREVEDERE I GANCI ED I FORI NECESSARI PER IL TRASPORTO DEI GETTI PESANTI

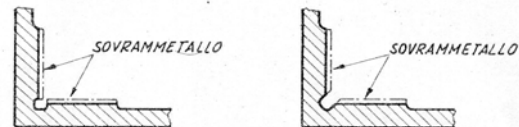


Fig 12.23
SPESSE E' INOPPORTUNO PREVEDERE, NELLE FUSIONI, GLI SCARICHI DI LAVORAZIONE PERCHE' PROVOCANO SOTTOSQUADRI. QUANTO MENO OCCORRE DAR LORO FORMA OPPORTUNA

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (12)

➤ Accorgimenti in fase di disegno dei pezzi da realizzare per fusione

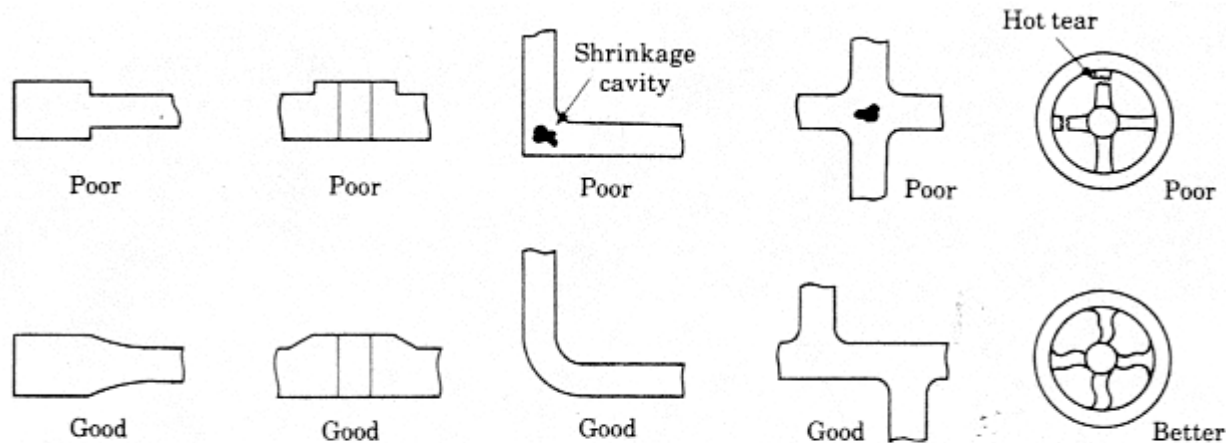
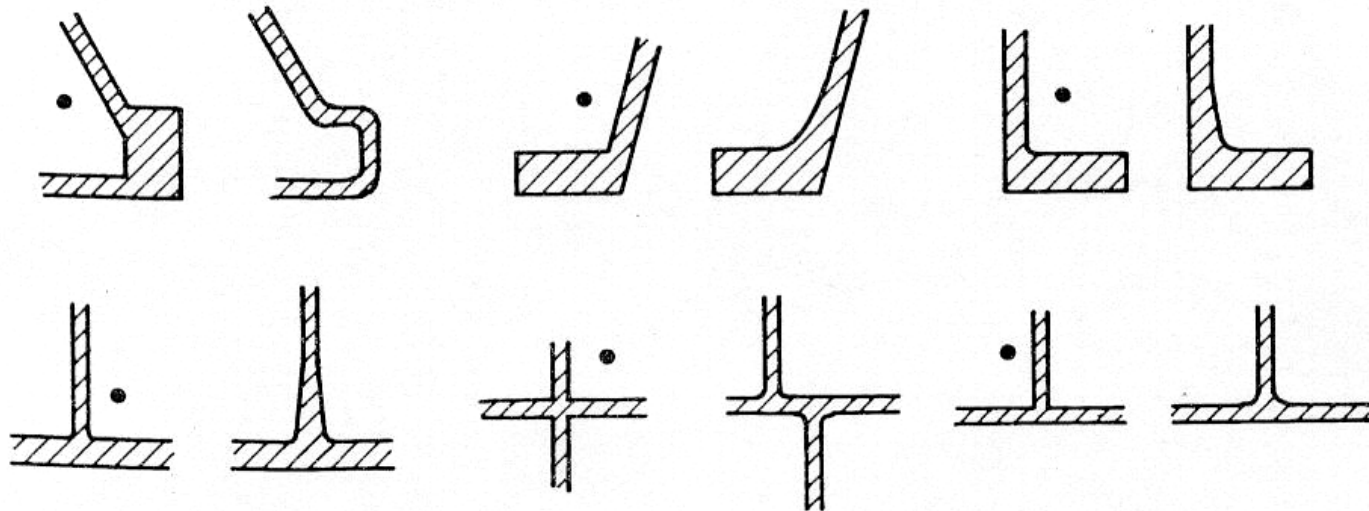


FIGURE 5.35 Suggested design modifications to avoid common defects in castings. Note that good design requires that sharp corners be avoided, section uniformity be maintained, and allowance be made for shrinkage, as in the spokes of the wheel.

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (12)

➤ Accorgimenti in fase di disegno dei pezzi da realizzare per fusione



• Soluzione da evitare

Fig. 44

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (13)

➤ Accorgimenti in fase di disegno di elementi pressofusi:

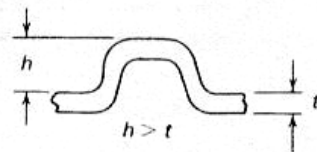
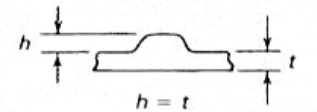
- lo spessore delle pareti deve essere il più uniforme possibile in modo da evitare punti caldi localizzati durante la solidificazione, che potrebbero portare a porosità, cavità e soffiature; come criterio generale lo spessore minimo dovrebbe essere maggiore o uguale ad un centesimo della massima distanza della parete dal punto di iniezione;
- gli angoli di sforno tipicamente impiegati sono compresi fra 2 e 5° , ma si possono imporre anche sforni di $1-3^\circ$; in casi particolari, grazie all'elevato ritiro del materiale, sono stati realizzati particolari senza angoli di sforno;
- le forze che si hanno durante il ritiro del materiale in fase di raffreddamento sono molto elevate; alcuni possibili accorgimenti da adottare per limitare le tensioni dovute al raffreddamento sono illustrati nelle figure successive
- è opportuno introdurre ampi raggi di raccordo e in ogni caso evitare che le sezioni di maggiore spessore siano lontane dal punto di iniezione.



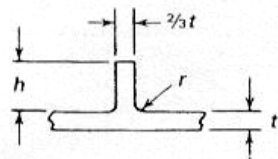
ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (13)

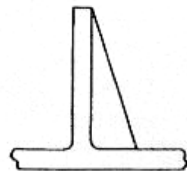
➤ Accorgimenti in fase di disegno di elementi pressofusi:



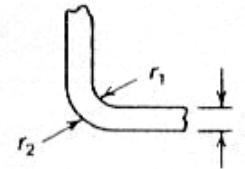
Cored out to avoid undesirable heavy section



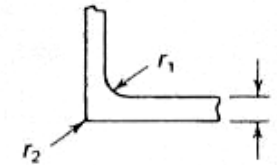
Rounded-off corner is desirable,
 $r = 0.5$ to 1 mm min



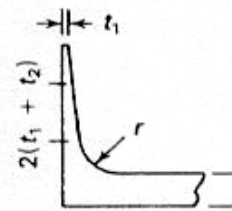
Uniform wall thickness
rib reinforcement



$$r_1 = t$$
$$r_2 = r_1 + t$$



$$r_1 = t$$
$$r_2 = 0$$



Angular transition
increases strength.

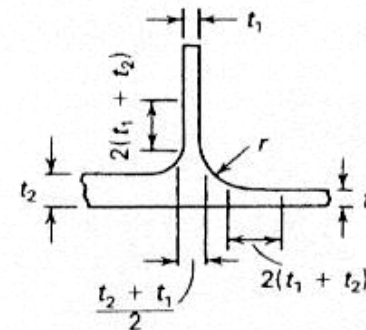


Fig. 21 Design parameters to aid stress reduction in magnesium-alloy die castings

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ ELEMENTI DI FONDERIA (13)

➤ Accorgimenti in fase di disegno di elementi pressofusi:

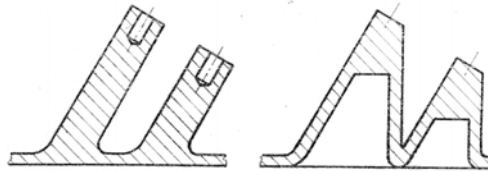


Fig 12.24 I SOTTOSQUADRA DEVONO ESSERE ELIMINATI SE E' POSSIBILE

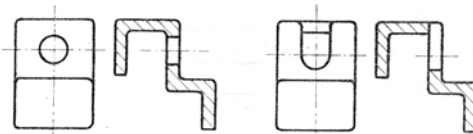


Fig 12.25 SPESSO SI POSSONO EVITARE LE ANIME LATERALI ADOTTANDO QUESTE SOLUZIONI

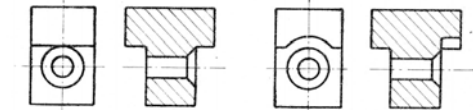


Fig 12.26 EVITARE PARETI SOTTILI INTORNO ALLE ANIME

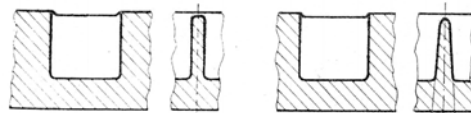


Fig 12.27 L'OTTENIMENTO DI NERVATURE PROFONDE SARA' FACILITATO ADOTTANDO SPOGLIE MASSIME



Fig 12.28 LE DICITURE IN RILIEVO SONO SEMPLICI DA OTTENERE, QUELLE INCAVATE CONO DURI' COSTARE

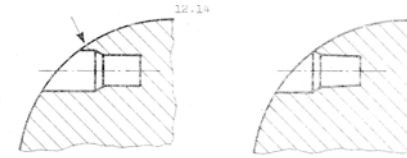


Fig. 12.29 LE SEZIONI SOTTILI SONO SEMPRE DIFFICILI DA RIEMPIRE

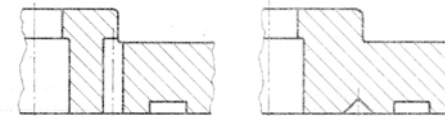


Fig 12.30 PER EVITARE L'USO DI ANIME E' PREFERIBILE OTTENERE DI FUSIONE SOLO DEI CENTRINI. L'OPERAZIONE SEGUENTE DI FORATURA E' MOLTO FACILE

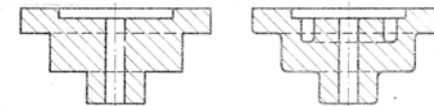


Fig 12.31 PREVEDERE DEGLI ALLEGGERIMENTI IN CORRISPONDENZA DI SEZIONI SPESSO PER OTTENERE SPESSORI COSTANTI



Fig 12.32 EVITARE SUPERFICI GRANDI E PIANE ED ADOTTARE NERVATURE, PUNTIATURE, ECC.



Fig 12.33 PREVEDERE UN PIANO VERTICALE DI ALTEZZA DA 0.7 AD 1.2 mm PER GLI ATTACCHI DI COLATA E PER LE OPERAZIONI DI TRANCIAURA

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (1)

Insieme dei processi che sfruttano la proprietà che hanno alcuni materiali metallici di deformarsi permanentemente sotto l'azione di adeguate forze esterne. Le lavorazioni per deformazione plastica possono essere eseguite a **caldo** (forze minori) o a **freddo** (maggiore precisione)

- **Fucinatura (forging)**
- **Laminazione (rolling)**
- **Estrusione (extrusion)**
- **Trafilatura (drawing)**
- **Martellatura rotativa (swaging)**



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (2)

➤ **Fucinatura:** consiste nel deformare, generalmente a caldo, un massello mediante magli o presse in modo da fargli assumere la forma voluta.

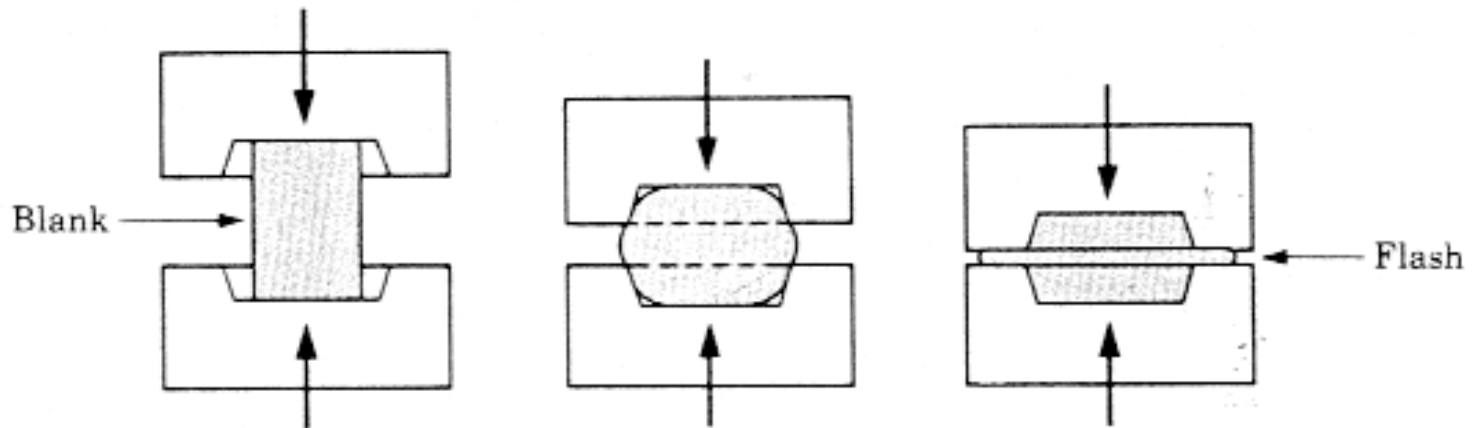


FIGURE 6.9 Schematic illustration of stages in impression-die forging. Note the formation of a flash, which is excess material that is subsequently trimmed off.



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (2)

➤ **Fucinatura:** consiste nel deformare, generalmente a caldo, un massello mediante magli o presse in modo da fargli assumere la forma voluta.

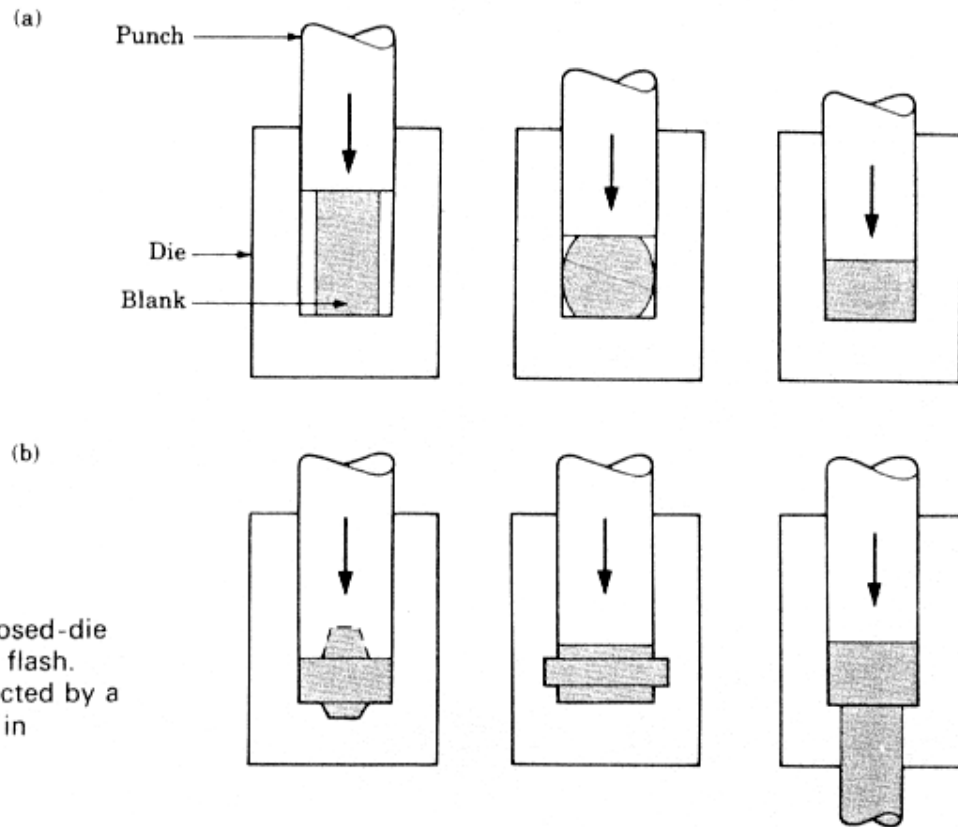


FIGURE 6.12 Examples of closed-die forging. Note the absence of a flash. Powder metals are also compacted by a similar operation, as described in Chapter 11.

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (3)

➤Coniatura

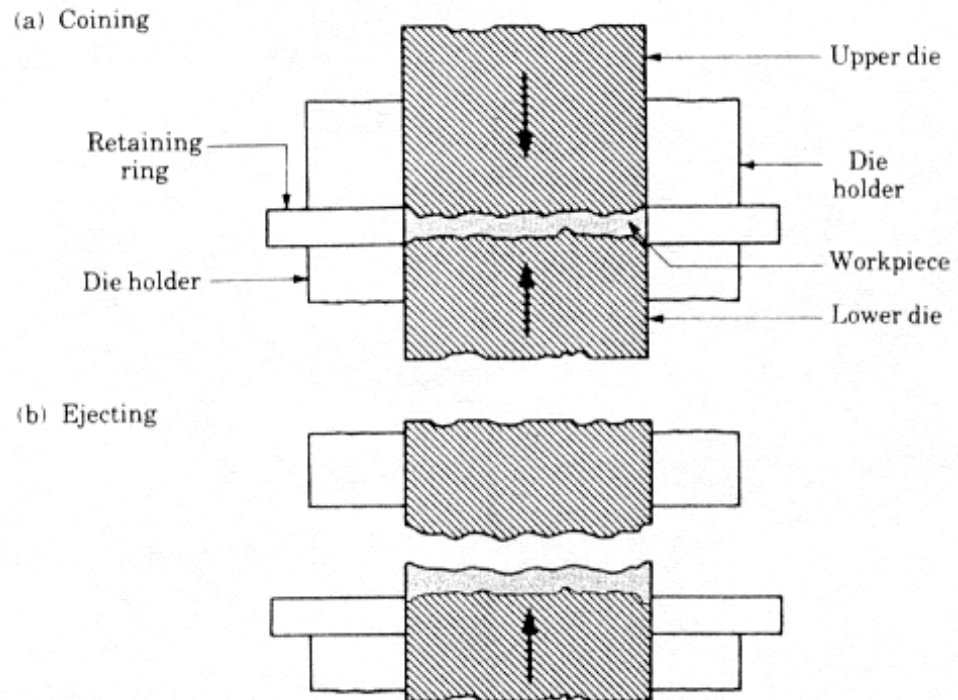


FIGURE 6.14 Schematic illustration of coining. The earliest coins were made by the Romans using simple tools. This process is also used for decorative items, medallions, patterned tableware, and in sizing parts.

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (4)

➤ Rullatura

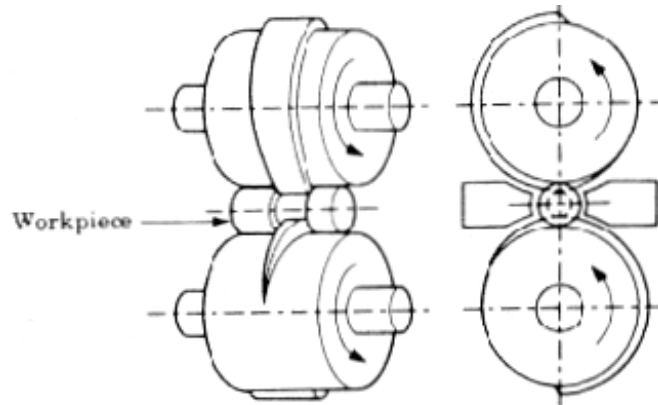


FIGURE 6.20 Schematic illustration of a roll forging (cross rolling) operation. Tapered leaf springs and knives can also be made by this process with specially designed rolls. *Source:* After J. Holub, *Machinery*, vol. 102, Jan. 16, 1963.

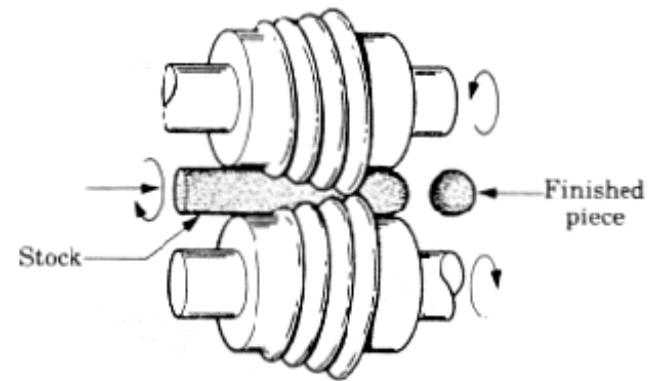


FIGURE 6.21 Production of steel balls for bearings by the skew rolling process. Balls for bearings can also be made by the forging process shown in Fig. 6.22.



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (5)

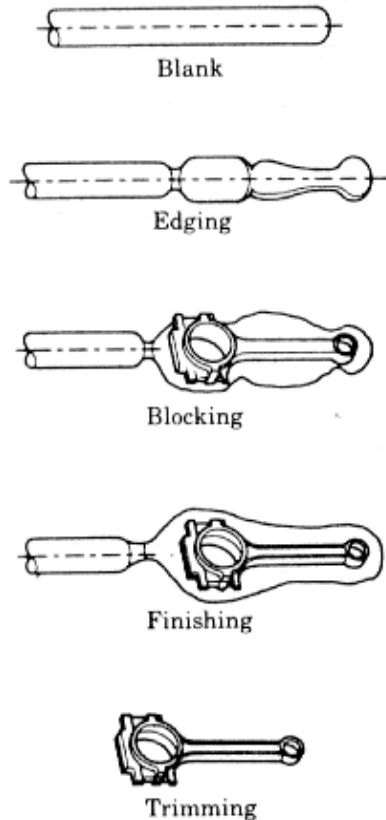


FIGURE 6.25 Stages in forging a connecting rod for an internal combustion engine. Note the amount of flash that is necessary to fill the die cavities properly.

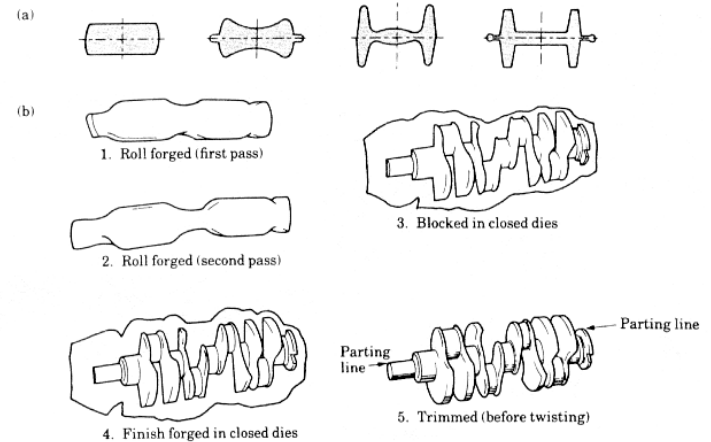


FIGURE 6.26 Intermediate stages in forging two different parts. (a) H-section. (b) Crankshaft. These intermediate stages are important for distributing the material and filling the die cavities properly. Crankshafts are also made by casting processes, as shown in Fig. 5.39.

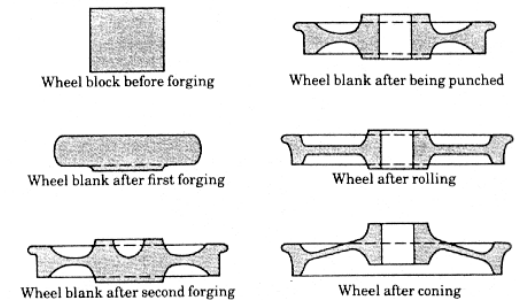


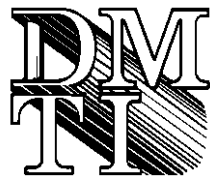
FIGURE 6.27 Stages in the manufacture of a railroad wheel. Wheels are also made by casting, as shown in Figs. 5.21 (a) and (b).
Source: Copyright 1964 by United States Steel Corporation.



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (7)

Difetti di fucinatura	Possibili cause
Ingobbature (buckles)	Spessore ridotto del semilavorato
Pieghe (laps)	
Cricche interne	Spessore elevato del semilavorato
Cavitá (voids)	Smussi e raccordi mancanti o insufficienti
Giunti freddi (cold-shuts)	



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (7)

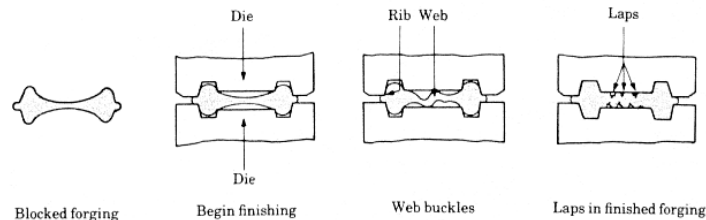


FIGURE 6.34 Laps formed due to buckling of the web during forging. The solution to this problem is to increase the initial web thickness to avoid buckling.

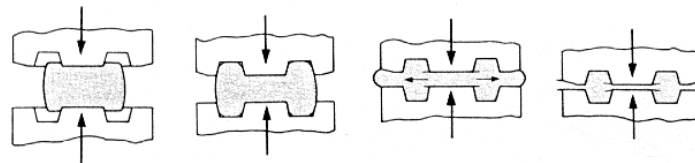


FIGURE 6.35 Internal defects produced in a forging because of an oversized billet. The die cavities are filled prematurely and the material at the center of the part flows past the filled regions as deformation continues.

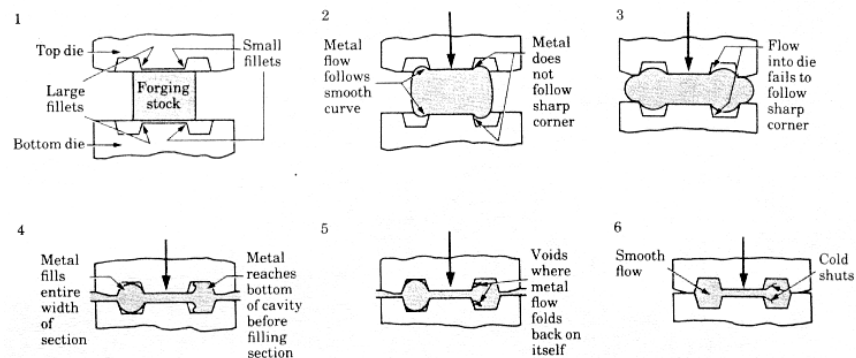


FIGURE 6.36 Effect of fillet radius on defect formation in forging. Small fillets (right side of drawings) cause the defects. *Source: ALCOA.*

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (8)

➤ Disegno di parti da ottenere per fucinatura a per stampaggio a caldo

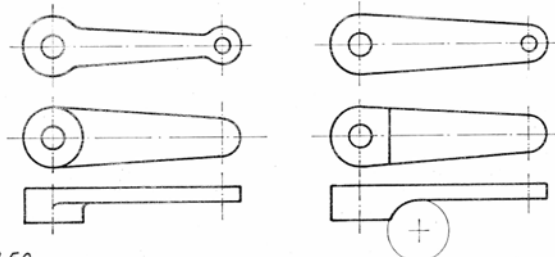
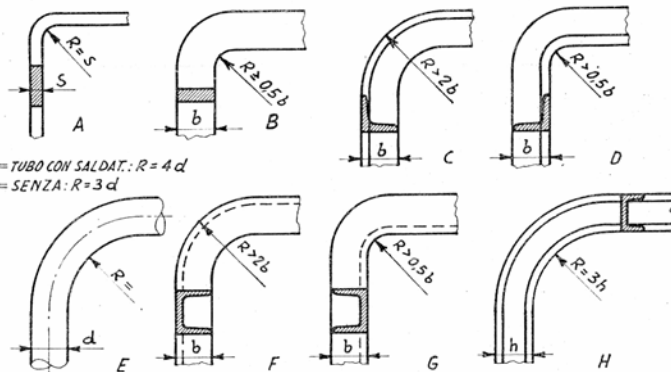


Fig 12.50
ADOTTARE FORME SEMPLICI - EVITARE BRUSCHE VARIAZIONI, RIENTRANZE
E MOZZI CILINDRICI



= TUBO CON SALDAT.: $R=4d$
= SENZA: $R=3d$

Fig 12.51
PIEGATURA DI ALCUNI PROFILATI DI COMUNE IMPIEGO

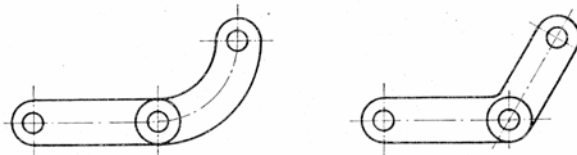


Fig 12.52
EVITARE, QUANDO POSSIBILE, COSTOSI LAVORI DI PIEGATURA



Fig 12.53
EVITARE LA RICALCATURA DELLE TESTE DI ESTREMITA' PER PARTI
FORTEMENTE SOLLECITATE POICHE' IL MATERIALE VIENE
COMPRESSO IN MODO ECCESSIVO



Fig 12.54
EVITARE LA RICALCATURA DEI COLLARI SUGLI ALBERI POICHE' MOLTO COSTOSA.
E' PREFERIBILE RIPORTARE I COLLARI MEDIANTE ACCOPPIAMENTI STABILI
A CALDO O A FREDDO



Fig 12.55
LA FUCINATURA DI FORME COMPLESSE E' MOLTO COSTOSA. ADOTTARE
QUINDI, SE POSSIBILE, LA SOLUZIONE IN PIU' PEZZI.



Fig 12.56
EVITARE LA FUCINATURA DI FORME COMPLESSE IN UN SOL

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

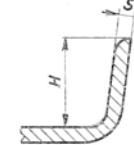
✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (8)

➤ Disegno di parti da ottenere per fucinatura a per stampaggio a caldo



Fig 12.57
PREVEDERE FORME SIMMETRICHE PER EVITARE DIFFICOLTÀ DI ESECUZIONE, CRICCHE E REAZIONI LATERALI NON COMPENSATE SUGLI STAMPI

S	H
1	<10
2,5	14 ÷ 10
3	22 ÷ 14
4	32 ÷ 22
5	50 ÷ 32
6	>50



S	H
2	<4
2,5	6 ÷ 4
3	10 ÷ 6
4	16 ÷ 10
5	25 ÷ 16
6	40 ÷ 25
8	>10

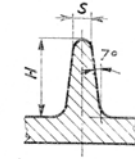


Fig 12.61
SPESSORI DI PARETI E NERVATURE

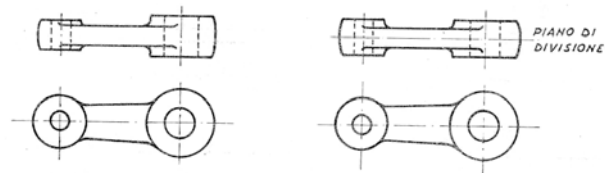


Fig 12.58
PREVEDERE FORME SEMPLICI E REGOLARI EVITANDO INCAVI PROFONDI, RIENTRANZE E SOTTOSQUADRI

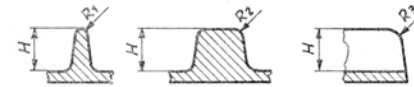


Fig 12.62
ARROTONDAMENTI DI TESTA

H	5	10	15	25	50	75	100	125	150	175	200
R ₁	1,5	1,5	2	3	4,5	6	7,5	9	11	12,5	14
R ₂	1,5	1,5	2	3	6,5	8	11	13	15	17	20
R ₃	4,5	4,5	6	8	13	19	24	28	32	37	44

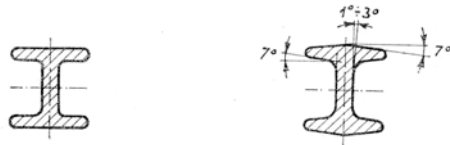


Fig 12.59
PREVEDERE GLI ANGOLI DI SPOGLIA

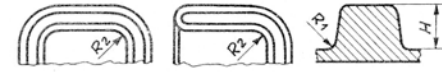


Fig 12.63
ARROTONDAMENTI DI FONDO

H	5	10	15	25	50	75	100	125	150	175	200
R ₁	3	3	3,5	6	13	19	25	32	38	44	50
R ₂	3	3	4,5	9	16	25	34	43	52	61	70

H	α		β		δ
	ACCIAIO	ALLUMINIO E BRONZO	ACCIAIO	ALLUMINIO E BRONZO	
≤ 60	7°	7°	3°	3°	1°
> 60	12°	10°	7°	7°	2°

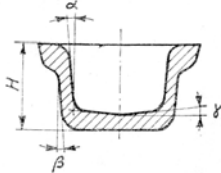


Fig 12.60
VALORI CONSIGLIATI DEGLI ANGOLI DI SPOGLIA

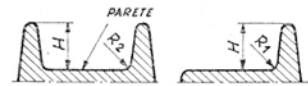


Fig 12.64
SPESSORE MINIMO DELLE PARETI

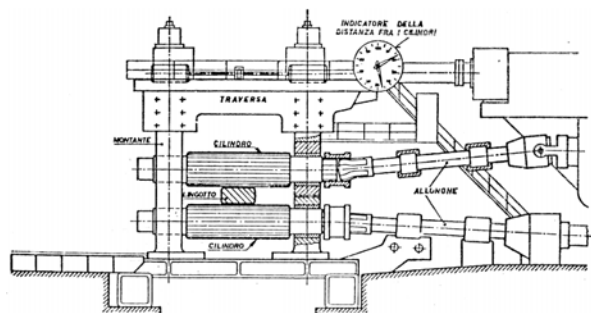
AREA PARETE (cm ²)	25	100	250	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000
SPESSORE MINIMO (mm)	2,5	3	3,5	4,5	5,5	7	8,5	9,5	11	12,5



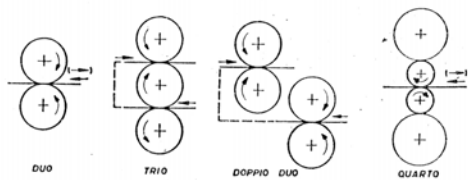
ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (9)

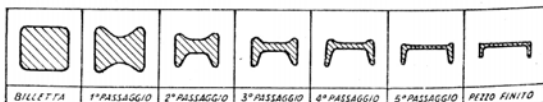
➤ **Laminazione:** la laminazione consiste nel forzare un massello di materiale a passare fra due cilindri, lisci o sagomati, controrotanti



LAMINATOIO SBIZZATORE (BLOOMING)



DISPOSIZIONE E MOVIMENTI DEI CILINDRI NEI LAMINATOI



CALIBRAZIONE DI UN PROFILATO A U

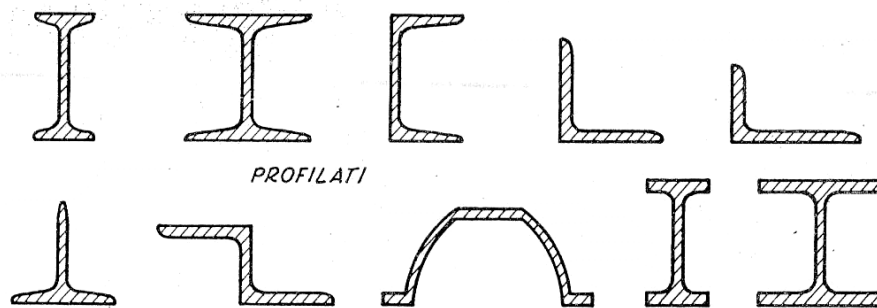
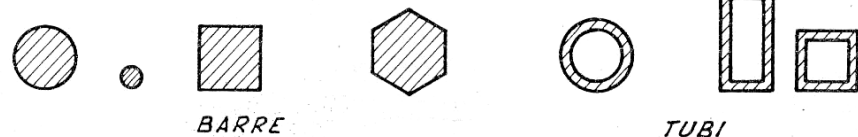
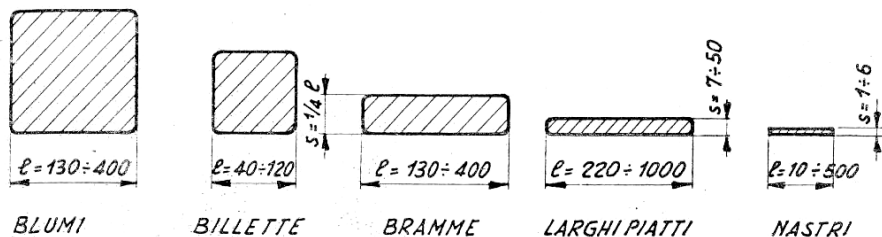


Fig 12.76 SEZIONI DI BARRE, TUBI E PROFILATI LAMINATI



ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (9)

- **Laminazione:** la laminazione consiste nel forzare un massello di materiale a passare fra due cilindri, lisci o sagomati, controrotanti

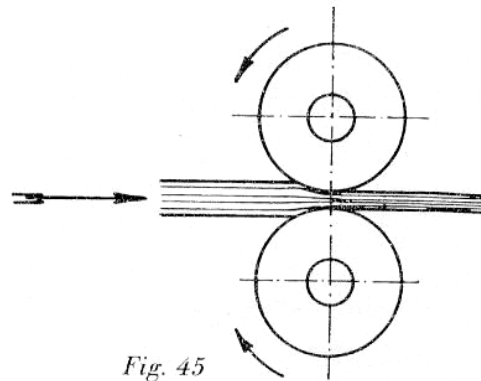


Fig. 45

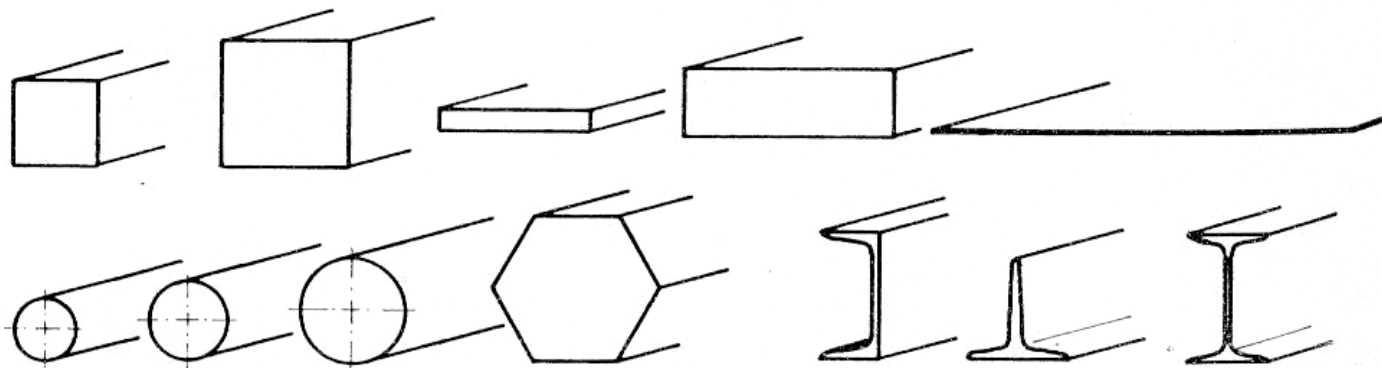


Fig. 46

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (9)

➤ **Laminazione:** la laminazione consiste nel forzare un massello di materiale a passare fra due cilindri, lisci o sagomati, controrotanti

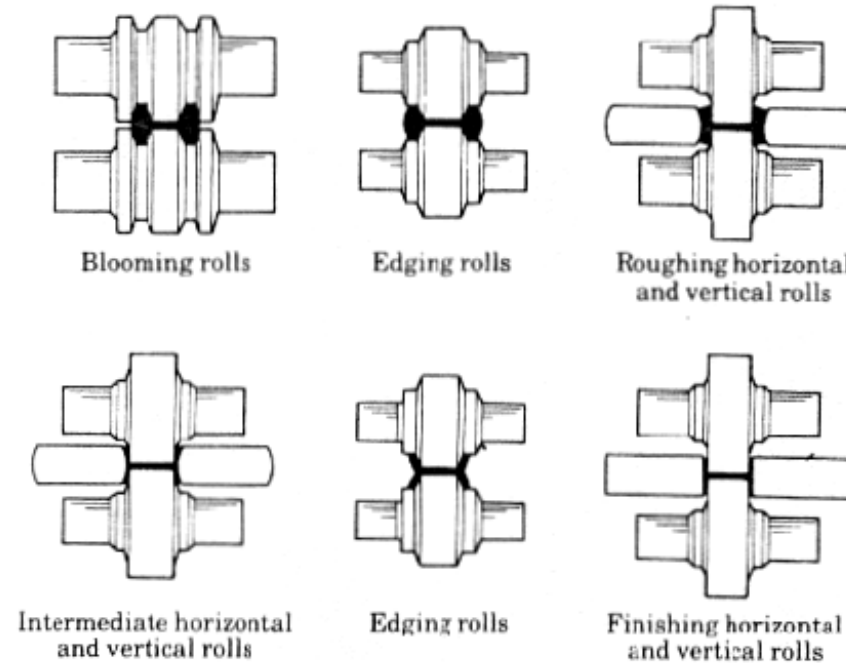


FIGURE 6.55 Stages in shape rolling of an H-section. Various large structural sections, such as I-beams, are made by this process.

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (9)

➤ **Laminazione:** la laminazione consiste nel forzare un massello di materiale a passare fra due cilindri, lisci o sagomati, controrotanti

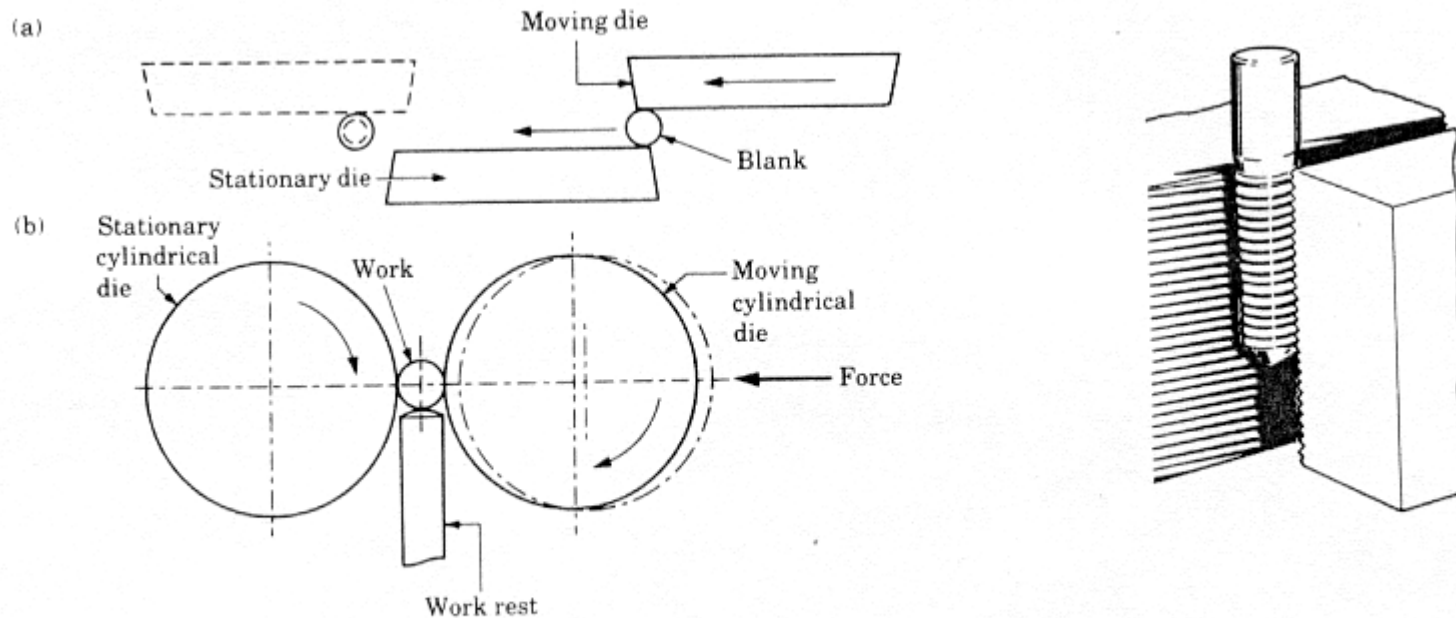


FIGURE 6.59 Thread rolling processes. (a) Flat dies. (b) Two-roller dies. These processes are used extensively in making threaded fasteners at high rates of production.

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (9)

➤ **Laminazione:** la laminazione consiste nel forzare un massello di materiale a passare fra due cilindri, lisci o sagomati, controrotanti

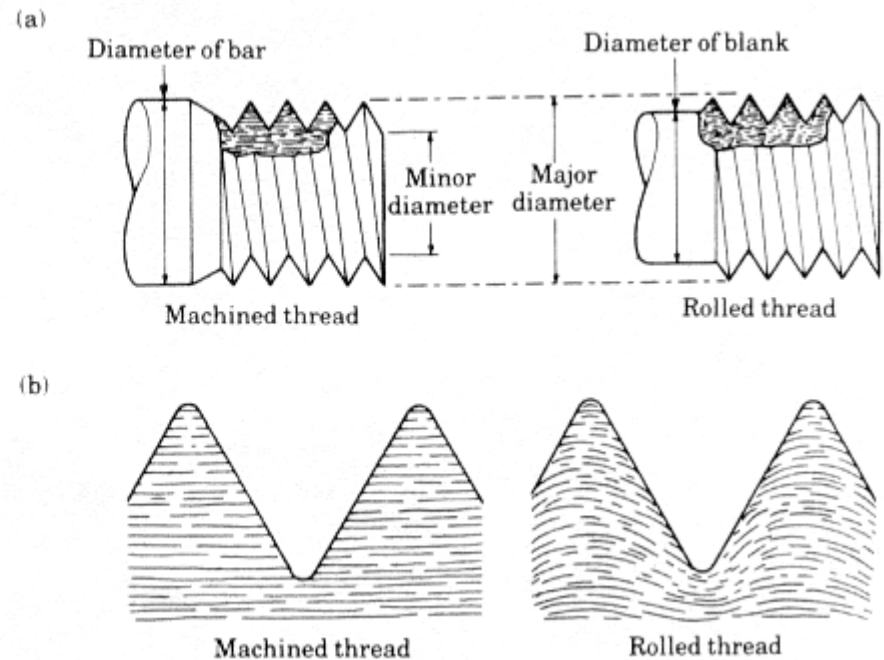


FIGURE 6.60 (a) Schematic illustration of machined and rolled threads. Note the increase in the blank diameter for the rolled thread. (b) Grain flow lines in machined and rolled threads. Unlike machining, which cuts through the grains of the metal, rolled threads have improved strength due to cold working.

ELEMENTI DI TECNOLOGIA MECCANICA

✓ LAVORAZIONI PER DEFORMAZIONE PLASTICA (9)

➤ **Laminazione:** la laminazione consiste nel forzare un massello di materiale a passare fra due cilindri, lisci o sagomati, controrotanti

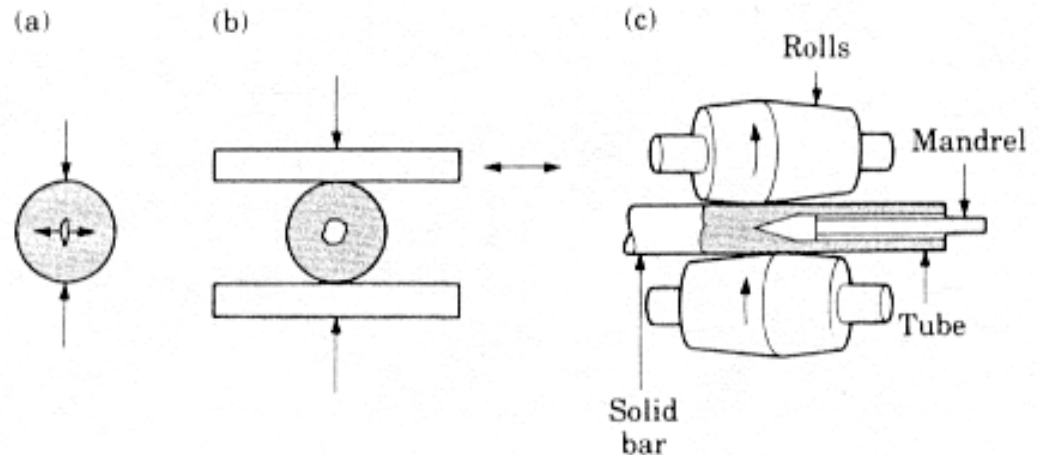


FIGURE 6.61 Cavity formation by secondary tensile stresses in a solid round bar and its utilization in the rotary tube piercing process. This is the principle of the Mannesmann mill for seamless tubemaking.

