



PROGETTAZIONE E INDUSTRIALIZZAZIONE DEL BASAMENTO DI UNA TRANCIA: dal prodotto al processo

Parte 1: analisi della funzionalità del prodotto

Parte 2: realizzazione del disegno del finito

Parte 3: scelta del materiale

Parte 4: dal disegno del finito al disegno del grezzo

Parte 5: dal disegno del grezzo al disegno del modello

Parte 6: il ciclo di formatura

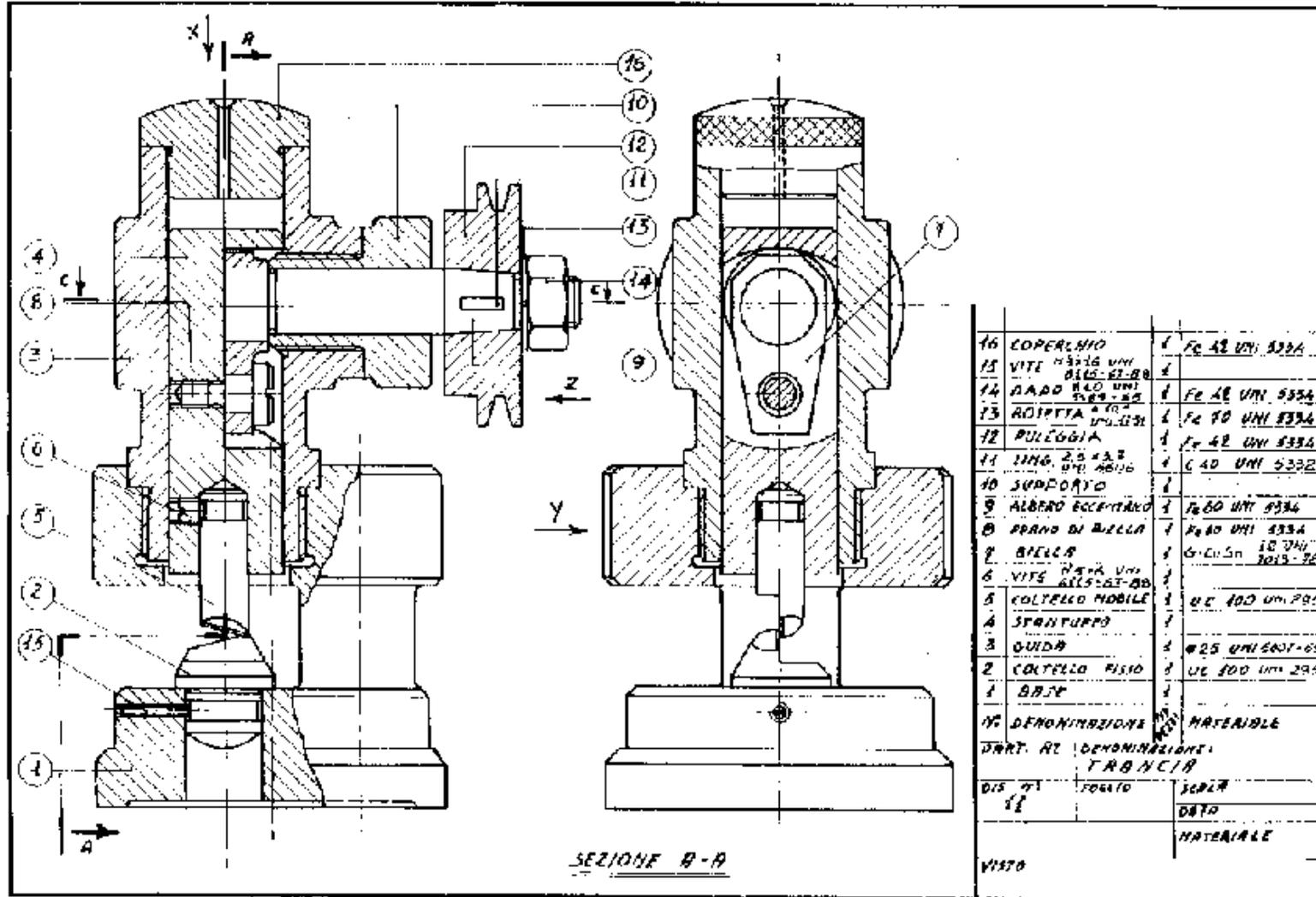
Parte 7: preparazione del materiale da fondere

Parte 8: lavorazioni finali dei getti

Parte 9: stima costi di produzione

Parte 10: lay-out del processo

IL PRODOTTO DA REALIZZARE



Parte 1: analisi della funzionalità del prodotto

La trancia

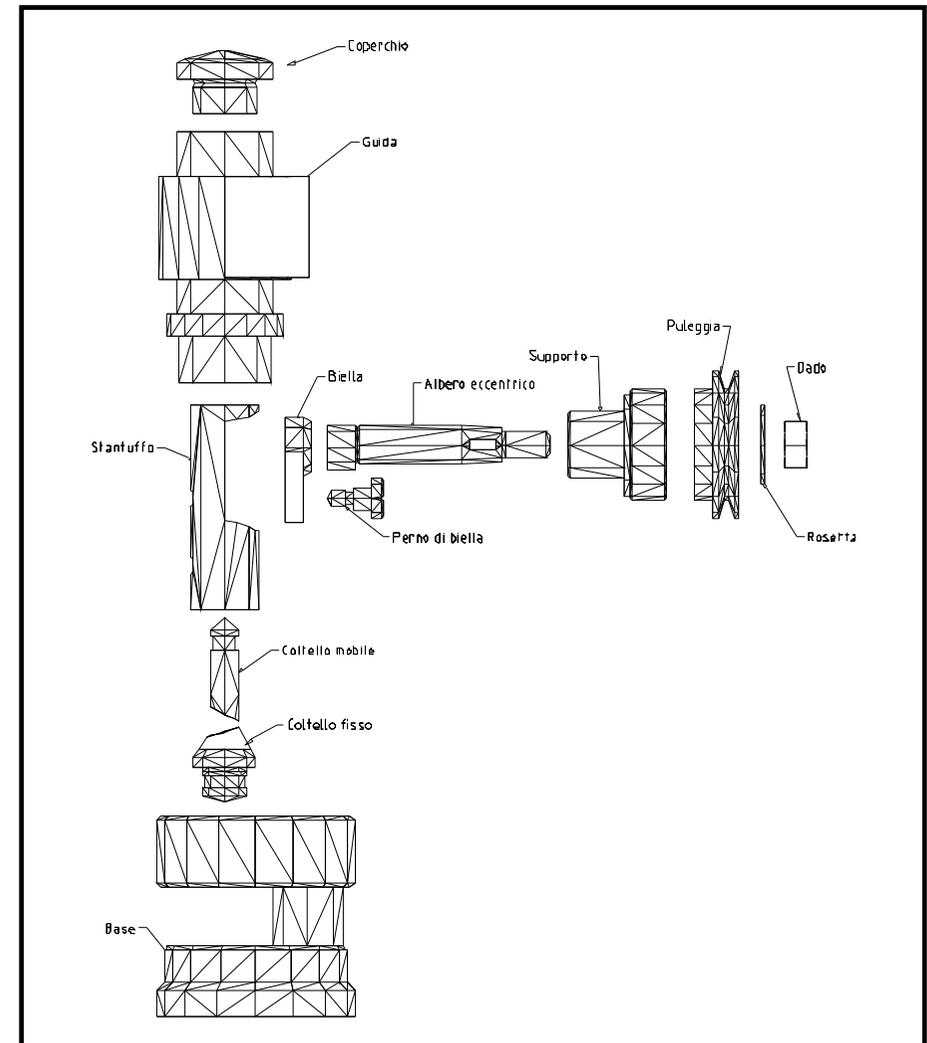
Una cinghia cui viene impresso un moto rotatorio da un motore esterno è collegata alla puleggia; la puleggia trasmette il moto all'albero eccentrico mediante l'utilizzo di una linguetta; a sua volta, la biella, che ruota intorno all'asse di rotazione dell'albero, è ancorata mediante il perno di biella allo stantuffo a cui è conferito un moto alternativo. Si rende così possibile la conversione del moto da rotativo ad alternativo. Il coltello mobile che, nella condizione di punto morto esterno, vede luce tra sé e il coltello fisso, durante il moto ingrana con questo e permette il taglio del lamierino. A questo deve essere impresso il moto di avanzamento, anche manualmente quando non si tratti di taglio di precisione.

La base (fonderia)

La base serve da piano di riferimento della struttura; è costituita da una pedana inferiore che, forata, permette l'alloggiamento del coltello fisso mediante l'utilizzo di una vite.

Abbiamo scelto un'acciaio di qualità per getti *UNI G27CrMn3*.
Il cromo garantisce un aumento del carico di rottura, etc etc.

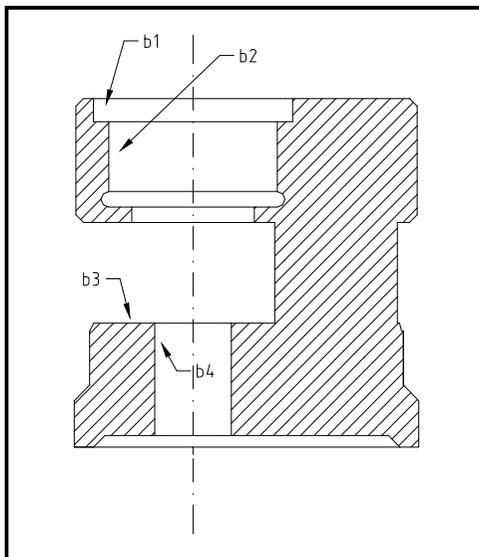
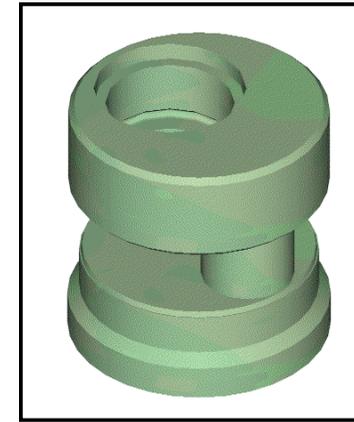
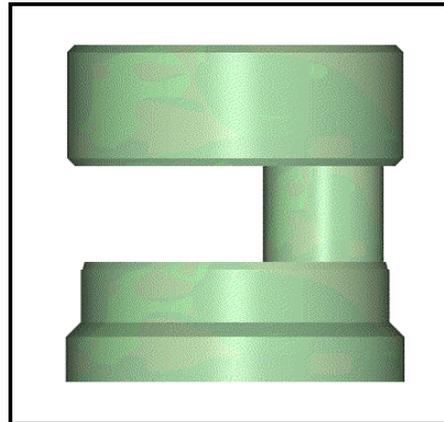
Le superfici cui va riservata una cura particolare, specialmente in sede di lavorazione superficiale alle macchine utensili, sono quelle di alloggiamento dei coltelli e quelle che dovranno prevedere filettatura, per le quali andranno previste opportune tolleranze superficiali di lavorazione.





Parte 2: realizzazione del disegno del finito

Estrazione dei componenti dal complessivo e disegni degli schizzi



Indicazione superfici funzionali



Tolleranze dimensionali

pag. 4 UNI ISO 2768/1

6. Criteri di accettazione

Salvo indicazione contraria, i pezzi non conformi alle tolleranze generali prescritte non devono essere automaticamente rifiutati quando la funzionalità del pezzo non risulta compromessa (vedere A 4).

Prospetto I - Scostamenti limite ammessi per dimensioni lineari, esclusi smussi e raccordi per eliminazione di spigoli (per raccordi esterni ed altezze di smusso, vedere prospetto II)

Valori in mm

Table with columns for tolerance class (fine, media, grossolana, molto grossolana) and nominal dimension ranges (da 0,5'1 fino a 3, oltre 3 fino a 6, etc.).

1) Per le dimensioni nominali minori di 0,5 mm, lo scostamento deve essere indicato dopo la dimensione nominale.

Nota nazionale - È inteso che il prospetto vale anche per i raccordi interni.

Prospetto I - Quadro sinottico delle zone di tolleranza per sberi

Synoptic chart for tolerance zones for holes, with columns for quality (5-11) and position (a-x).

Prospetto II - Quadro sinottico delle zone di tolleranza per fori

Synoptic chart for tolerance zones for holes, with columns for quality (6-13) and position (A-ZC).

generali

particolari

Tolleranze geometriche

COM DT Norma italiana Disegni tecnici UNI 7226/1 ISO 1101 Allegato Settembre 1986

Technical document for geometric tolerances, including a table of symbols, diagrams (Fig. 1-5), and a detailed table of tolerance zones and interpretations.

Reproduzione vietata - LEGGE 22 aprile 1941, N° 633 e successivi aggiornamenti - UNI - ENITE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE - 20125 MARANO, piazza A. Dini, 2

500 Litostampa B. Naital

Gr 1



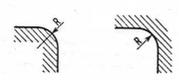
Raggi di raccordo per applicazioni meccaniche

C.D. 821.81 Febbraio 1980

Arrotondamenti per applicazioni meccaniche UNI
4429

Sostituisce UNI 148

Dimensioni in mm



R	R
0,2	20
0,3	22
0,4	25
0,5	28
0,6	32
0,8	36
1	40
1,2	45
1,6	50
2	56
2,5	63
3	70
4	80
5	90
6	100
8	110
8	125
10	140
12	160
16	180
18	200

Nella scelta degli arrotondamenti sono da preferire i valori indicati in carattere neretto.

72

Stato delle superfici

Segni grafici senza iscrizione

N° d'ordine	Segno grafico	Significato
A 1.1.	✓	Segno grafico di base. Può essere utilizzato da solo quando il suo significato è precisato da una nota o nel caso previsto in 4.4.
A 1.2.	✓	Superficie lavorata con asportazione di materiale.
A 1.3.	✓	Superficie dalla quale è vietata asportazione di materiale. Questo segno grafico può ugualmente essere utilizzato nel disegno relativo alle operazioni di officina per indicare che una superficie deve rimanere quale è stata ottenuta, con o senza asportazione di materiale, in una precedente fase del ciclo di lavorazione.

Segni grafici con l'indicazione del parametro principale di rugosità R_a

N° d'ordine	Segno grafico			Significato
	La lavorazione con asportazione di materiale è facoltativa	obbligatoria	vietata	
A 2.1.	$\sqrt{3.2}$	$\sqrt{3.2}$	$\sqrt{3.2}$	Superficie avente rugosità R_a del valore massimo di 3,2 μm .
A 2.2.	$\sqrt{6.3}$ $\sqrt{1.6}$	$\sqrt{6.3}$ $\sqrt{1.6}$	$\sqrt{6.3}$ $\sqrt{1.6}$	Superficie avente rugosità R_a del valore massimo di 6,3 μm e del valore minimo di 1,6 μm .

Le altre indicazioni aggiuntive da aggiungere al segno grafico devono essere disposte come indicato in fig. 37.
Per le dimensioni d' ed h , vedere B 3.
Per il significato delle lettere d'identificazione che indicano la posizione delle prescrizioni relative allo stato della superficie nelle aree a ad f, vedere fig. 8 e 14.

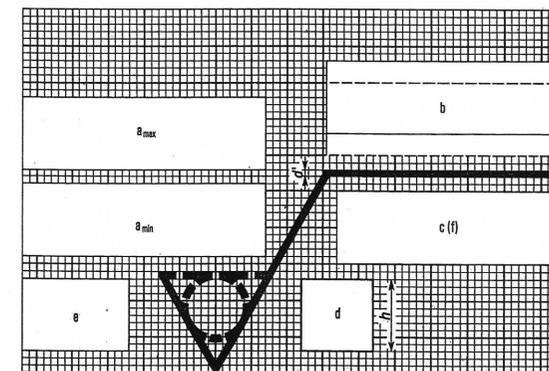


Fig. 37

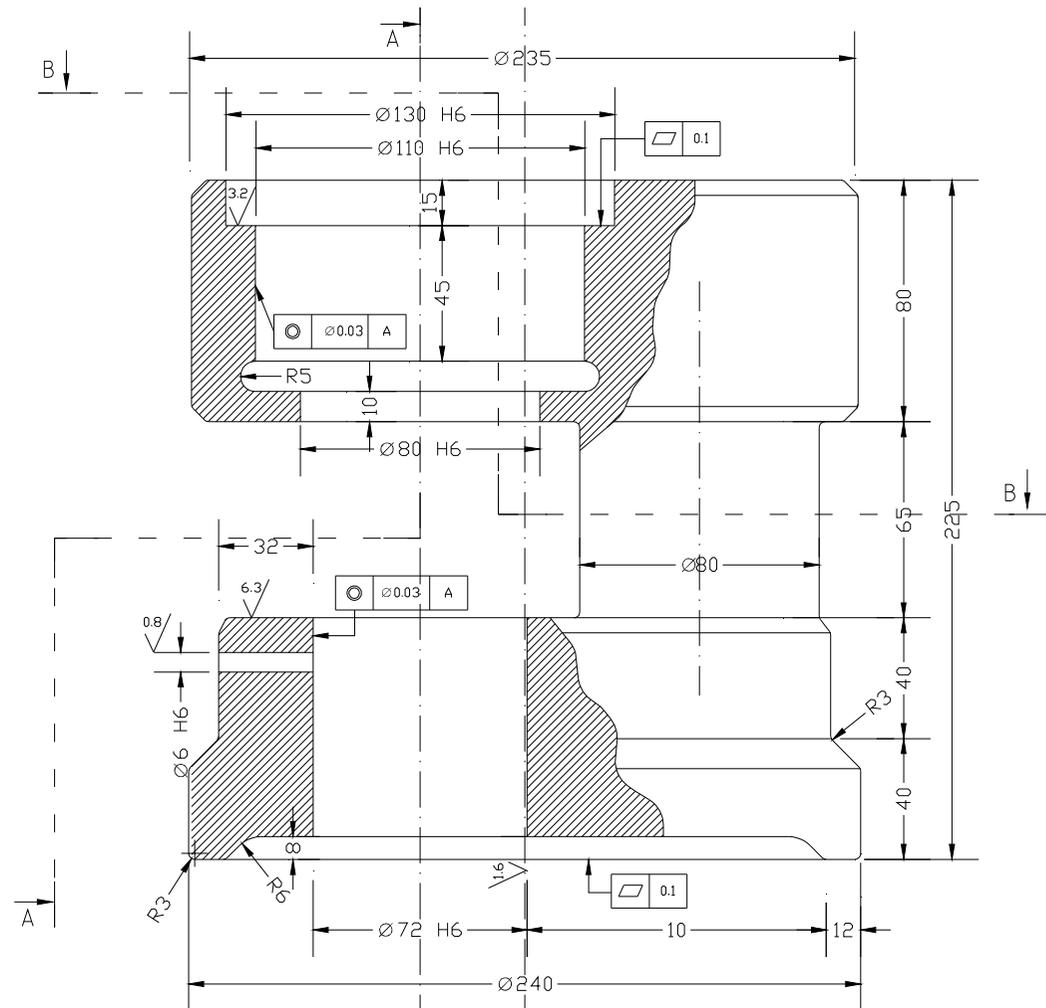
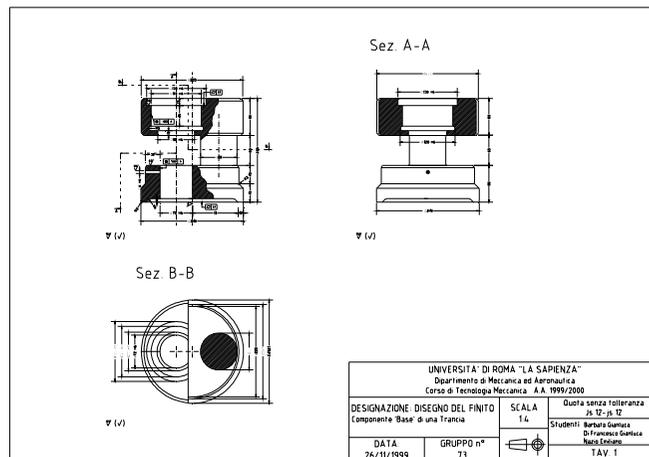
(segue)

Segni grafici (?)



Il disegno del finito

- correzione degli errori di rappresentazione ed adeguamento delle indicazioni alle norme sul disegno tecnico vigenti
- adeguamento di alcuni particolari del pezzo da realizzare alle prescrizioni della normativa in uso
- indicazione delle tolleranze dimensionali e geometriche e della finitura superficiale delle superfici funzionali del pezzo



12.5/ (✓)



Parte 3: scelta del materiale

		proprietà meccaniche
		fisiche
		chimiche
- processo	fonderia in terra + lavorazione alle MU	(riciclabilità) (machinability)
- impiego del manufatto	specifiche di prodotto	(welding)
- considerazioni economiche		

Nota: l'utilizzo di un acciaio per getti è in questo caso uno dei dati di progetto, l'impiego di un acciaio al carbonio risponderebbe a criteri di economicità, funzionalità, lavorabilità alle macchine utensili, meno per la fonderia



Per la selezione dell'acciaio per getti da impiegare ci si riferisce alle Tabelle UNI che riportano alle Norme

in particolare dalla UNI 3158

Fe G520

acciaio designato a partire dalle sue caratteristiche meccaniche in particolare con carico di rottura minimo garantito di 520 N/mm²

oppure dalla UNI 3150

UNI G27CrMn3

acciaio designato a partire dalla composizione chimica, per getti

Tabella UNI	Argomento
	Acciai
6900 EU 156	Acciai legati speciali inossidabili resistenti alla corrosione ed al calore Acciai per costruzione navale, - Qualità da scalo ordinarie e ad alta resistenza
	Acciai per getti
3158	Acciai non legati di qualità in getti per costruzioni meccaniche di impiego generale
3608	Acciai speciali per getti resistenti a caldo a sollecitazioni meccaniche
4010	Acciai speciali per getti di elevate caratteristiche meccaniche
7316	Acciai per getti impiegabili in costruzioni saldate sottoposte a pressione
7317	Acciai con tenacità a bassa temperatura per getti sottoposti a pressione
3595	Acciai non legati di qualità per getti con proprietà magnetiche
	Getti di acciaio
3159	Getti di acciaio inossidabile o di lega colati in sabbia, resistenti al calore (refrattari)
3160	Getti di acciaio speciale colati in sabbia, resistenti all'usura
3161	Getti di acciaio inossidabile colati in sabbia, resistenti alla corrosione
6325	Getti di acciaio non legato colati in sabbia - Scostamenti per quote senza indicazione di tolleranze e sovrappuntamenti



Parte 4: dal disegno del finito al disegno del grezzo

- scelta del piano di separazione

- verifica spessori minimi realizzabili
nei getti colati in terra

- eliminazione dei fori ciechi o
passanti di piccolo diametro

- valutazione delle tolleranze tipiche
del processo e dei sovrametalli (UNI 6325)
(da non confondere con le tolleranze
del disegno del finito)

- raggi di raccordo di fonderia

- design for casting

Spessore minimo della parete in funzione della lunghezza

metallo del getto

lunghezza della parete
<200 400 600 800 1000

ghisa

8 10 12 14 16

acciaio

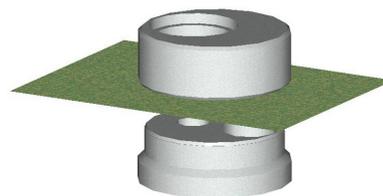
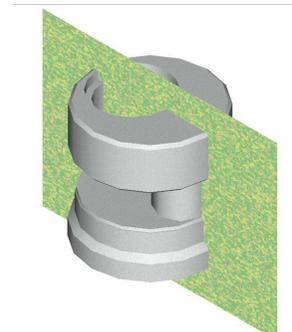
6 8 10 12 14

leghe leggere

4 6 8 10 12



Scelta del piano di separazione



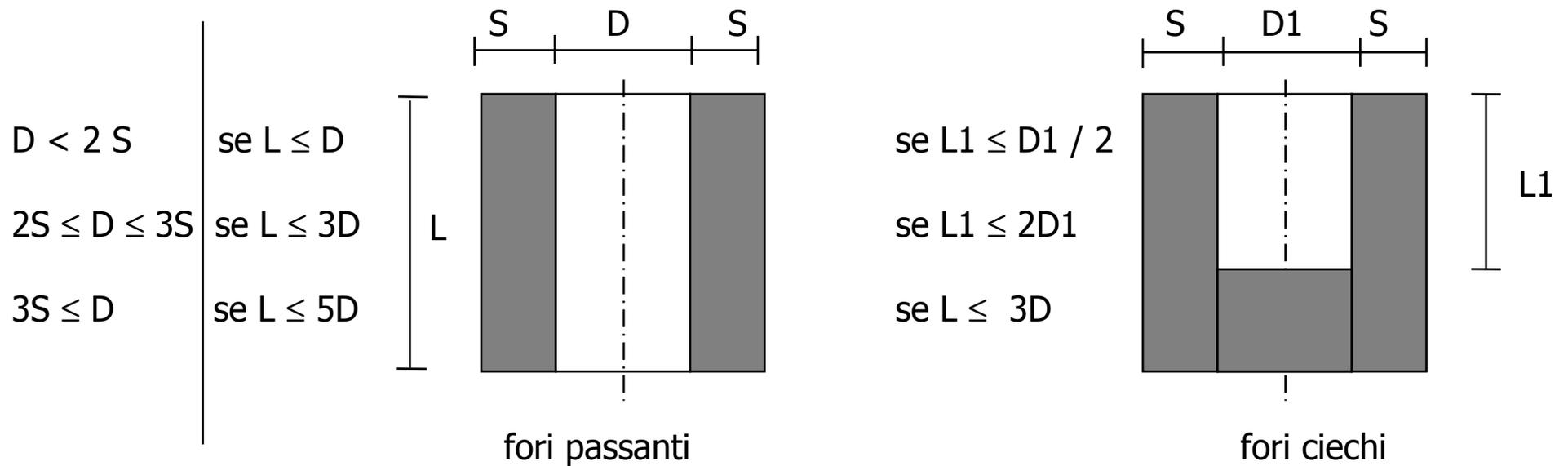
Problemi di sottosquadro	☹
Vantaggi per la solidificazione direzionale	☹
Facilità d'uso di anime	😊😊😊
Realizzabilità di valido sistema di colata	☹☹
Altezza delle staffe	☹
Limitate spinte metallostatiche	☹
Costi di formatura	☹
RISULTATO	10

Problemi di sottosquadro	😊😊😊
Vantaggi per la solidificazione direzionale	😊😊😊
Facilità d'uso di anime	☹☹
Realizzabilità di valido sistema di colata	😊😊😊
Altezza delle staffe	☹☹
Limitate spinte metallostatiche	☹☹
Costi di formatura	☹☹
RISULTATO	17

Problemi di sottosquadro	☹☹
Vantaggi per la solidificazione direzionale	😊😊😊
Facilità d'uso di anime	☹☹
Realizzabilità di valido sistema di colata	☹
Altezza delle staffe	☹
Limitate spinte metallostatiche	☹☹
Costi di formatura	☹☹
RISULTATO	13



Diametro minimo dei fori greggi di fusione



CAVITA'	Diametro (D)	Lunghezza (L)	Spessore (S)	Controllo
Superiore	70 mm	80 mm	35 mm	$L < 3D$ Positivo
Inferiore	70 mm	80 mm	40 mm	$L < 3D$ Positivo

Calcolo sovrametalli di lavorazione

- individuate le superfici da lavorare
- individuate le distanze dai piani o assi di riferimento
- individuate le dimensioni max del getto
- individuata la qualità e/o la lavorazione necessaria

usando la tabella UNI relativa alle tolleranze intrinseche del processo e ai sovrametalli necessari per le varie lavorazioni

si ottiene

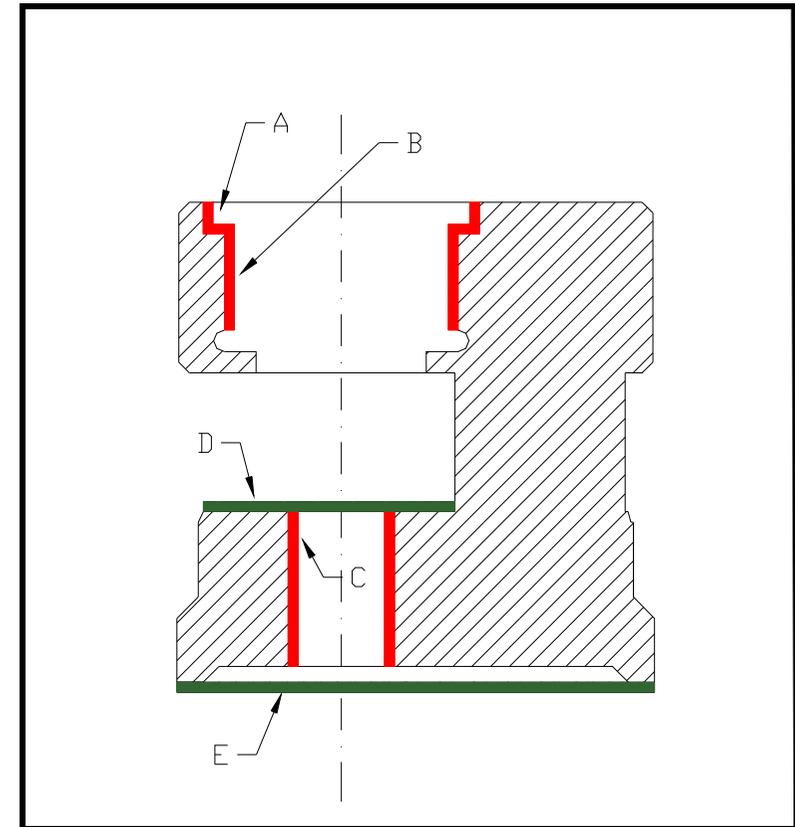
$$A = 5$$

$$B = 5$$

$$C = 5$$

$$D = 6$$

$$E = 6$$

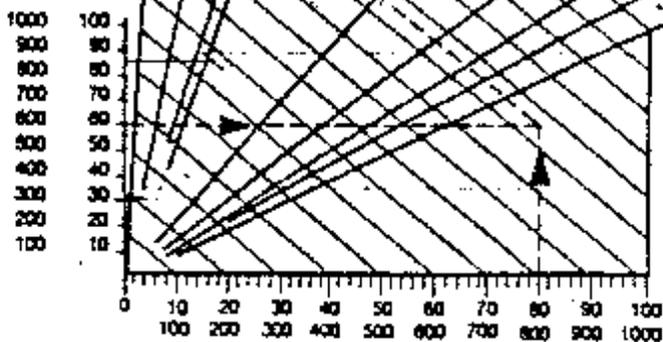


Massima dimensione del getto grezzo (mm)	Dimensione nominale (mm)																								
	< 80			80+180			180+315			315+500			500+800			800+1250			1250+1600			1600+2500			
	Sup. C	Sup. A e B		Sup. C		Sup. A e B		Sup. C		Sup. A e B		Sup. C		Sup. A e B		Sup. C		Sup. A e B		Sup. C		Sup. A e B			
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
< 120	6	4	3	7	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
120+500	7	5	4	8	6	5	10	6	6	14	8	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
500+1250	8	5	5	9	6	6	11	7	7	15	9	8	18	11	8	20	13	-	-	-	-	-	-	-	
1250+2500	9	6	6	10	7	7	11	8	8	16	10	9	20	12	10	22	14	11	25	15	-	-	30	17	-



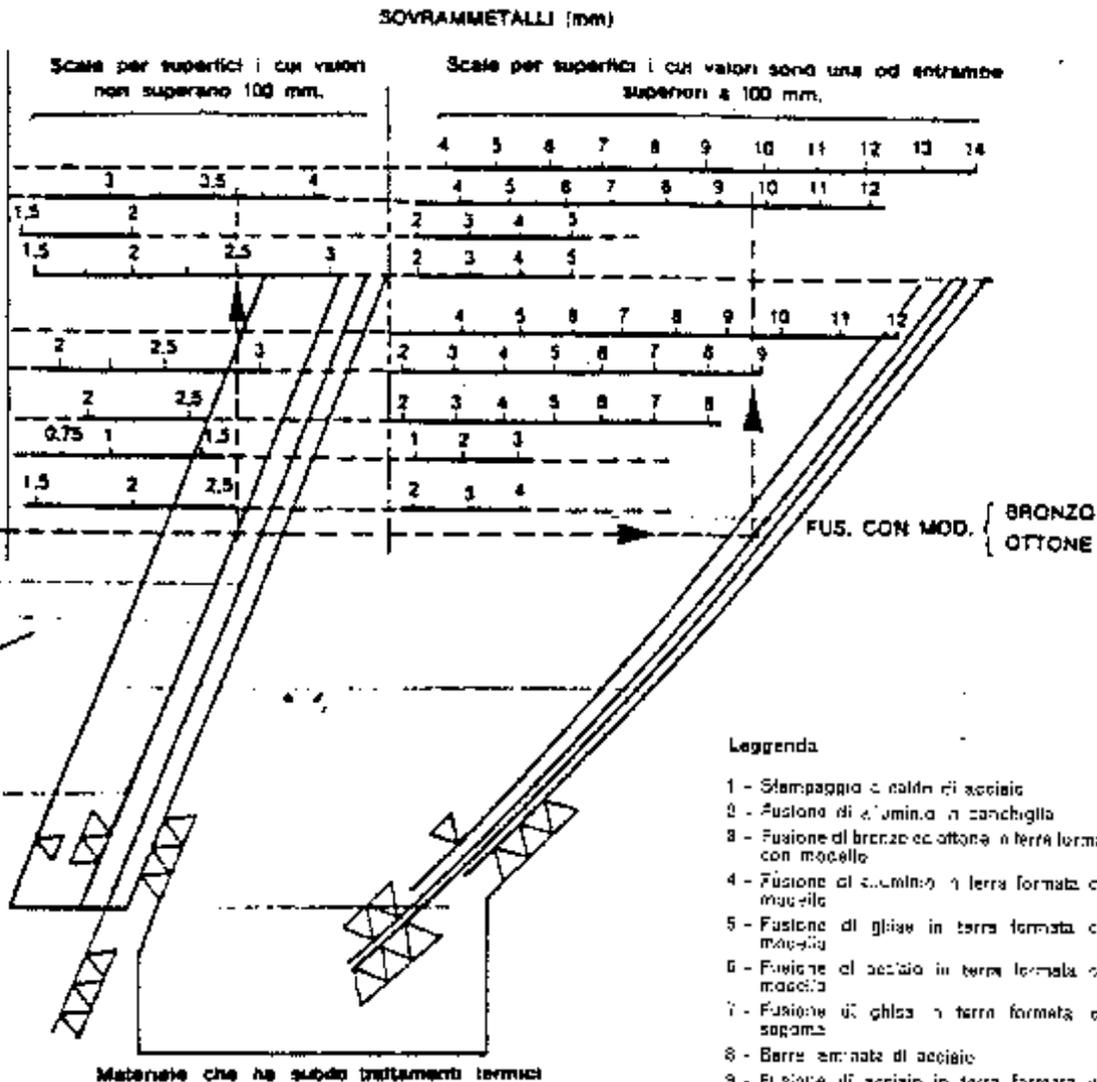
Nomogramma di Loazzolo

Quota tra la superficie da lavorare e il piano o l'asse di riferimento del pezzo



Valutazione della superficie come misura tra due punti più lontani sulla superficie stessa.

- Acciaio { FUS. CON SAGOMA
- - MOD.
- STAMP. A CALDO
- BARRE LAMIN.
- GHISA { FUS. CON MOD.
- - MOD.
- ALLUM. { - - IN CONCH.

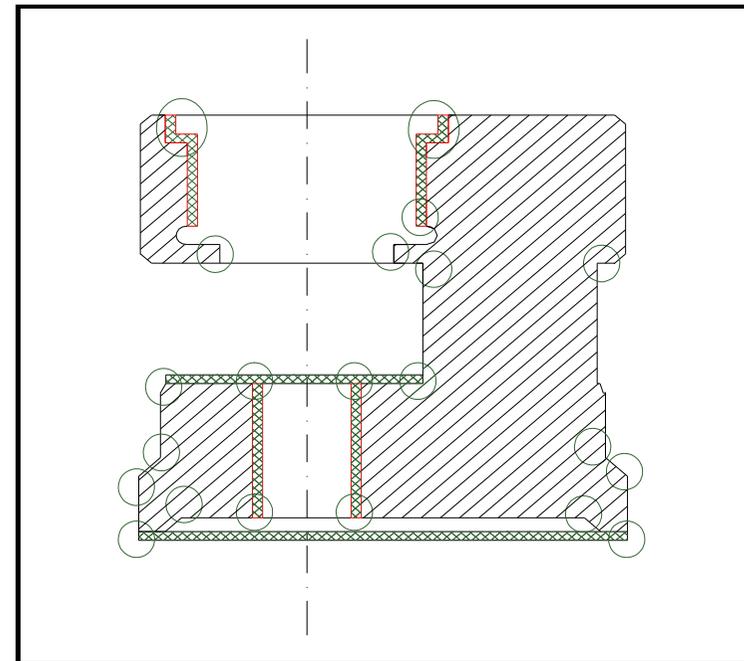
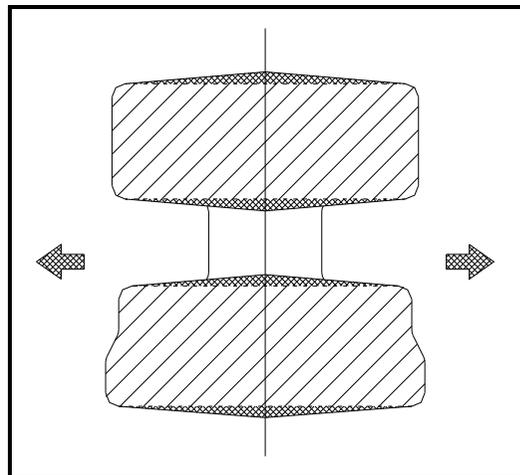


- Leggenda**
- 1 - Stampaggio a caldo di acciai
 - 2 - Fusione di alluminio in sanchiglia
 - 3 - Fusione di bronzo ed ottone in terra formata con modello
 - 4 - Fusione di alluminio in terra formata con modello
 - 5 - Fusione di ghisa in terra formata con modello
 - 6 - Fusione di acciaio in terra formata con modello
 - 7 - Fusione di ghisa in terra formata con sagoma
 - 8 - Barre laminate di acciaio
 - 9 - Fusione di acciaio in terra formata con sagoma.



Individuazione delle zone critiche e conseguenti raggi di raccordo

Angoli di sforno del modello



Design for casting

Norme tecniche di disegno per i pezzi metallici fusi

E' molto importante, nella progettazione di un getto, seguire criteri che riducano le possibilità di scarti eliminando risucchi, cricche, tensioni, rotture, ecc. e a parità di resistenza meccanica, ridurre il peso. Alcuni esempi consigliati anche dalla Microfusione Italiana S.p.A. Milano.

Errato: grosse pareti

Corretto: pareti sottili nervate

Errato: ingrossamenti, spessori non costanti

Corretto: spessori costanti

Errato: spigoli vivi

Corretti: arrotondamento degli spigoli

Errato **Corretto** **Errato** **Corretto**

Errato **Corretto**

Errato **Corretto**

Evitare spigoli vivi, incroci, di sezione, cambiamenti bruschi di sezione

Norme tecniche di disegno per i pezzi metallici fusi

Una miglioria nella forma delle pulegge

Errato **Corretto**

Prevedere appigli o sporgenze per la piazzatura.

Normalmente i getti sono poco resistenti alla flessione. Eliminare le parti soggette a flessione.

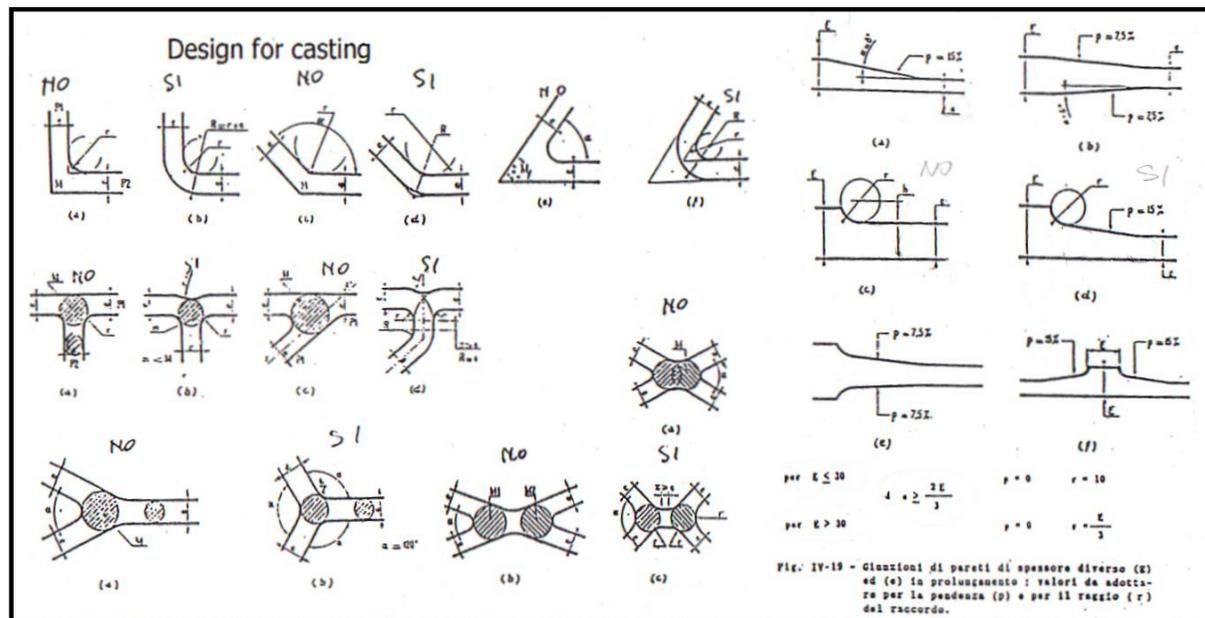
Errato **Corretto**

Le pareti interne dovranno essere più sottili delle pareti esterne

Errato **Corretto**

Molte volte, con semplici accorgimenti di progettazione, il getto può divenire di più facile formatura e risparmiare casse d'anima.

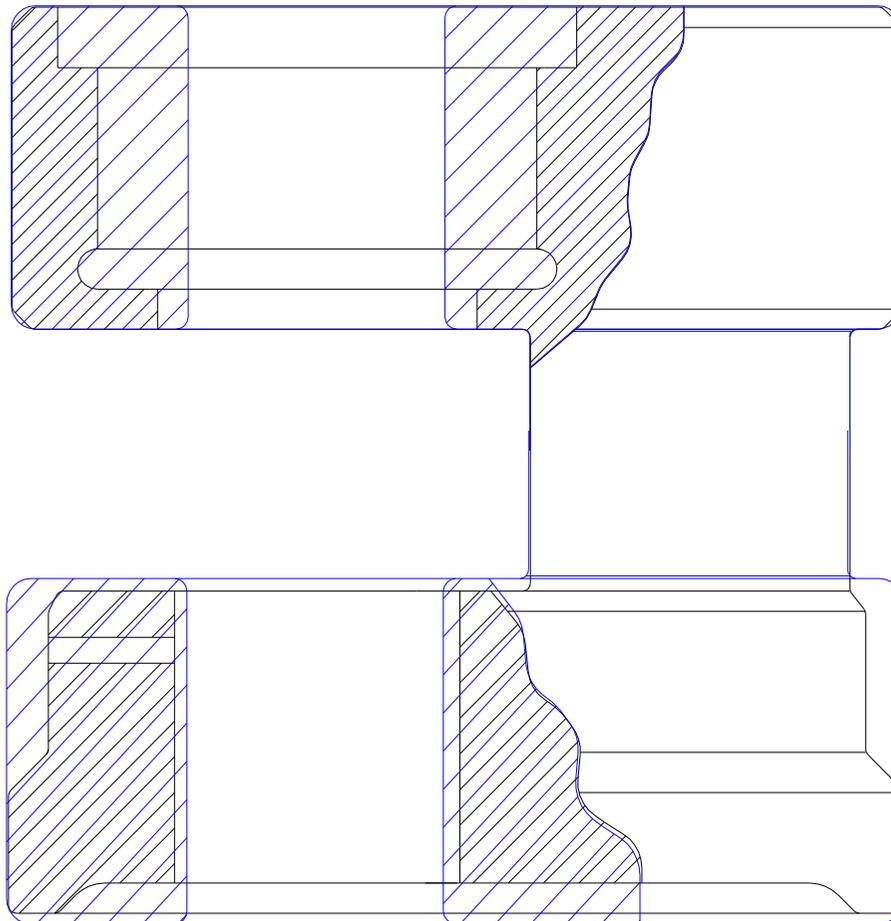
Design for casting





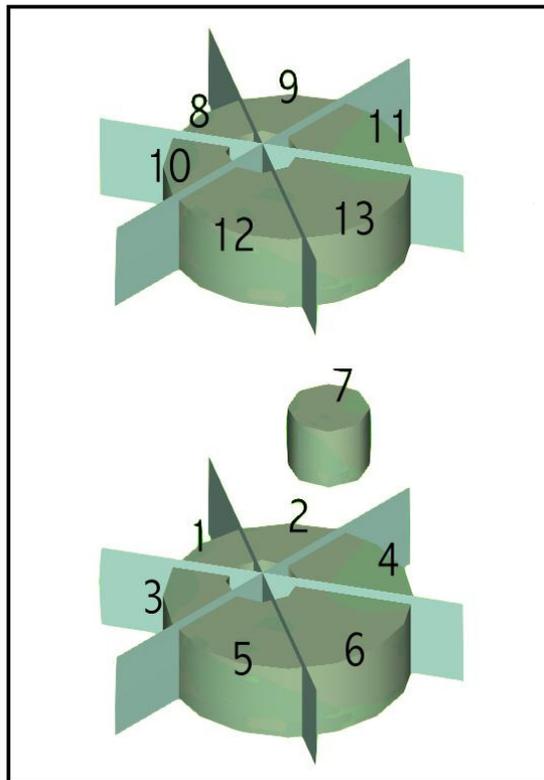
Disegno del finito

Disegno del grezzo



Analisi termica del getto

Suddivisione del getto in parti geometricamente semplici per il calcolo dei moduli termici



CALCOLO MODULI

n° gruppo	xxx	altezza	475
		scala X	5
		larghezza	235
		scala Y	5

parte inferiore						
dati (mm)	D base inf	D base sup	alt base	D foro inf	L foro inf	ecc foro
reale	235.00	200.00	80	70.00	75.00	35.00
ritiro (2%)	4.70	4.00	1.60	1.40	1.50	0.70
sovrametal	-----	-----	-----	5.00	-----	-----
sforno	4.00	3.50	-----	-----	-----	-----
moduli termici (cm)	pezzo 1	pezzo 2	pezzo 3	pezzo 4	pezzo 5	pezzo 6
volume	259.50	366.90	366.90	694.40	694.40	929.10
superficie	166.60	207.20	207.20	317.80	317.80	391.00
modulo	1.56	1.77	1.77	2.19	2.19	2.38

parte centrale		
dati (mm)	D base	alt
reale	80.00	65.00
ritiro (2%)	1.60	1.30
sforno	-----	-----
moduli termici (cm)	pezzo 7	
volume	326.70	
superficie	163.40	
modulo	2.00	

Questo è il calcolo dei moduli con i valori calcolati nella prima parte dello studio; qualora non sia verificata la direzionalità della solidificazione si dovranno rifare i conti con delle dimensioni appropriate

parte superiore										
dati (mm)	alt	D appoggio	D foro sup	alt foro sup	D for inf	alt 2	o	p	q	
reale	80	230.00	130.00	20	110.00	45.00	15.00	90.00	235.00	
ritiro (2%)	1.60	4.60	2.60	0.40	2.20	0.90	0.30	1.80	4.70	
sovrametal	-----	-----	5.00	-----	4.00	-----	-----	-----	-----	
sforno	-----	4.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
moduli termici (cm)	pezzo8	pezzo9	pezzo10	pezzo11	pezzo12	pezzo13				
volume	259.50	366.90	366.90	694.40	694.40	929.10				
superficie	166.60	207.20	207.20	317.80	317.80	391.00				
modulo	1.56	1.77	1.77	2.19	2.19	2.38				

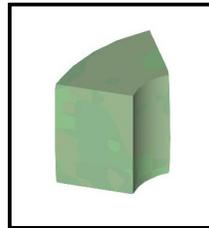
Vtot	Stot	Mtot
6949.10	3378.60	2.06



Elementi 1 e 8

Volume = 259.5 cm^3

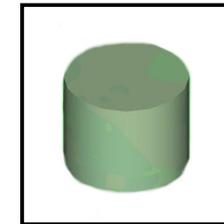
Superficie = 166.6 cm^2



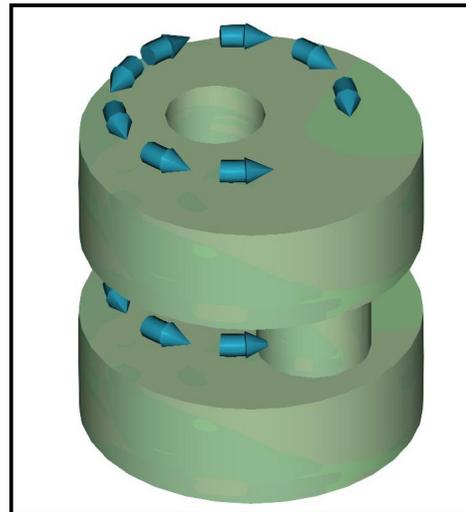
Elemento 7

Volume = 326.7 cm^3

Superficie = 163.4 cm^2



Solidificazione direzionale

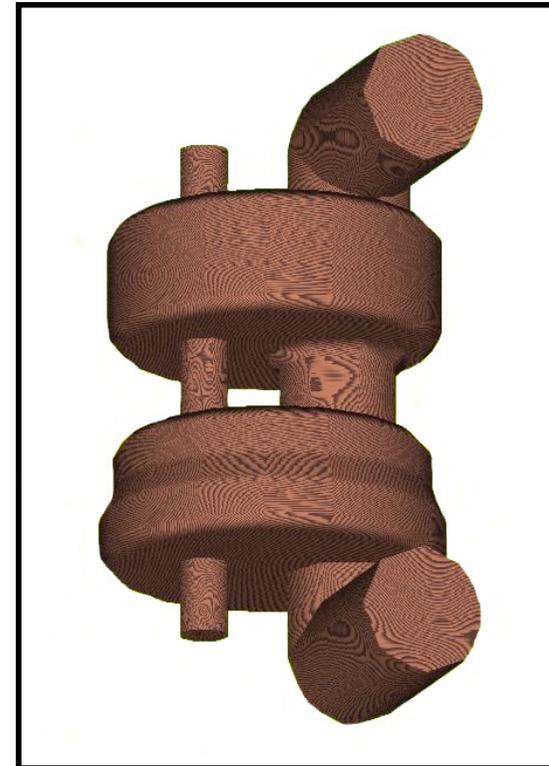




Posizionamento alimentatori

zona 6 e zona 13 -> $M = 2.38$

piano di separazione



2 materozze laterali, a cielo aperto



Dimensionamento alimentatori

Relazione di Caine

$$Y \geq \frac{a}{x - c} + b$$

$$0.5 \leq \frac{H}{D} = \delta \leq 1.5$$

$$c = 1$$

$$c = 0.6 - 0.8 \text{ (coibentata)}$$

$$b = 0.06$$

$$a = 0.1$$

Modulo della materozza ->

$$M_m = \frac{V_m}{S_m} = \left(\pi \cdot H \cdot \frac{D^2}{4} \right) / (\pi \cdot D \cdot H) = \frac{D}{4}$$

Volume della materozza ->

$$\begin{aligned} V_m &= Y \cdot V_g = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \delta \cdot D = \frac{\pi \cdot \delta \cdot D^3}{4} = \\ &= \frac{\pi \cdot \delta}{4} \cdot (4 \cdot M_m^3) = 16 \cdot \pi \cdot \delta \cdot M_m^3 = \\ &= 16 \cdot \pi \cdot \delta \cdot X^3 \cdot M_g^3 \end{aligned}$$



$$Y \geq Y_{MIN} = \frac{0.1}{X - c} + 0.06$$

cioè

$$Y = f(X) = \left(\frac{16 \cdot \pi \cdot \delta \cdot M_g^3}{V_g} \right) \cdot X^3$$

Condizioni al contorno

$$M_{gi=imax} = 2.38$$

$$V_g = 6949$$

$$N_{mat} = 2$$

$$H_{staffa} = 160$$

$$H_{getto} = 140 \text{ (non serve in quanto la materozza è laterale)}$$

coibentate

Tale sistema viene risolto con i vincoli indicati e si sceglie una materozza secondo il dimensionamento indicato nel foglio di lavoro allegato



Foglio di lavoro per il
calcolo delle materozze

DIMENSIONAMENTO MATEROZZE

Ritiro in fase liquida:	b	0,06
Smaltimento calore:	c	1,00 materozza non coibentata
		0,70 materozza coibentata
Valore sperimentale:	a	0,10

Diagramma di Caine

X	Y (c=1)
1,00	2,00
1,10	1,060
1,20	0,560
1,30	0,393
1,40	0,310
1,50	0,260
1,60	0,227
1,70	0,203
1,80	0,185
1,90	0,171
2,00	0,160

X	Y (c=0.8)
0,70	2,000
0,80	1,060
0,90	0,560
1,00	0,393
1,10	0,310
1,20	0,260
1,30	0,227
1,40	0,203
1,50	0,185
1,60	0,171
1,70	0,160
1,80	0,151
1,90	0,143

Avendo scelto una materozza cilindrica, la relazione che lega le due coordinate cartesiane del diagramma di Caine è:

$$Y = k X^3$$

Mg (cm)	2,37
Vtot (cm ³)	6949,10
Mm (cm)	2,99
Vm (cm ³)	1594,15
delta min	1,50
delta max	0,50
	1,60

→ **k** 0,23 materozza cieca

	Vtot	Mg	Vg
2	6949,10	2,37	3474,55
Mm	Vm		
2,99	1594,15	1,50	1,26
Y >	Ymin	D	H
0,459	0,445	11,06	16,59

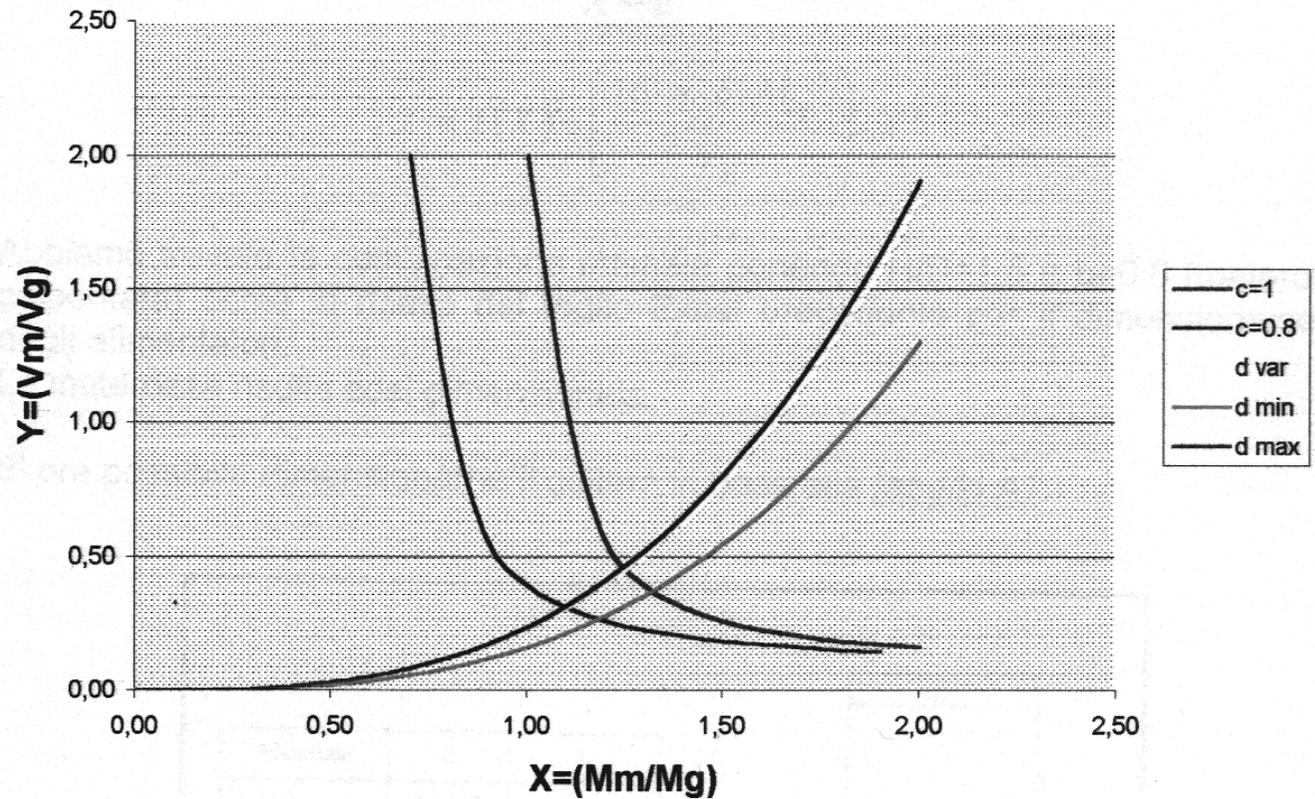
→ **k1** 0,16 materozza a cielo aperto

	Vtot	Mg	Vg
2	6949,10	2,37	3474,55
Mm	Vm		
2,89	1002,42	1,50	1,22
Y >	Ymin	D1	H1
0,289	0,252	9,48	14,21



Soluzione grafica

DIAGRAMMA DI CAINE





Dimensionamento del collare d'attacco

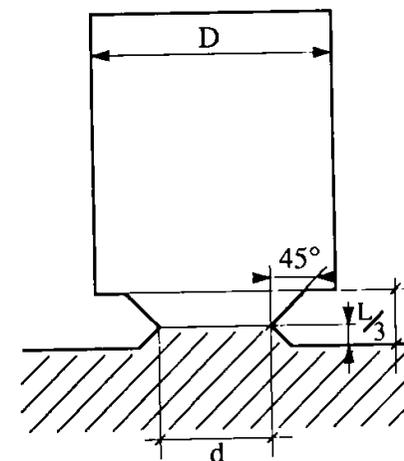
$D = 95$

	d	L
acciaio	$0.4 D$	$0.16 D$
ghisa	$0.66 D$	$0.16 D$
rame	$0.66 D$	$0.35 D$
leghe leggere	$0.75 D$	$0.49 D$

$$L = 0.15 D = 14.5$$

$$d = 0.4 D = 39$$

$$L/3 = 4.8$$

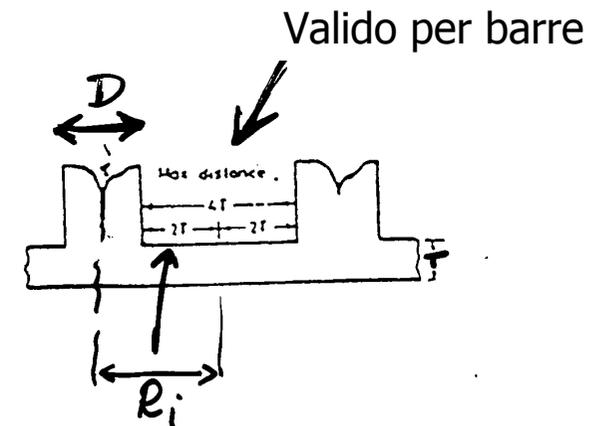
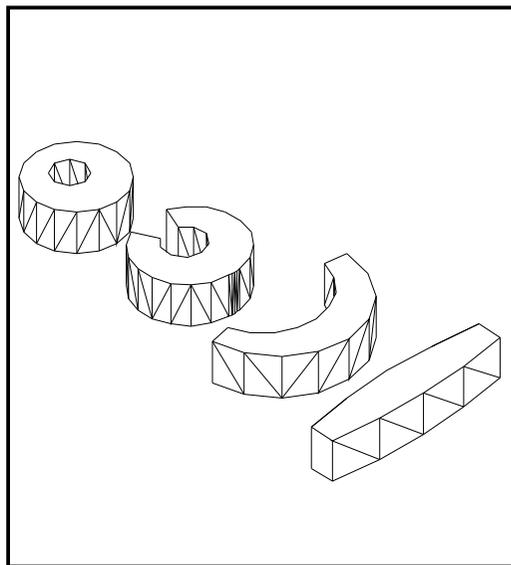




Verifica raggio d'azione

Nel nostro caso la barra ha $T = 80$ e $L = 2 \pi r_m / 2 = 310$

$R_i = 5 T = 400$ (solidificazione direzionale?)



Eventuali rimedi

aumentare n

aumentare modulo

usare raffreddatori



Parte 5: dal disegno del grezzo al disegno del modello

- ritiro del materiale durante la solidificazione ed il raffreddamento
 - fase liquida (alimentatori)
 - liquido solido (alimentatori e solidificazione direzionale)
 - fase solida (modello)
- angoli di sformo
- eventuali portate d'anima
- eventuali raffreddatori esteri e/o coibenti
- riferimenti per le lavorazioni meccaniche successive
- tolleranze



UNI 673



Valori di b

Materiale	b%
Acciai non legati	7
Acciai legati	10
Ghisa bianca	6
Ghisa grigia	
Ceq = 3.5%	2-3
Ceq = 4.1%	1-2
Ceq > 4.1%	1-0.4
Bronzo	4.5
Ottone	6.7
Rame-Alluminio	4
Alluminio-Silicio	3.5

$$Ceq = C + \frac{1}{3} (Si + P)$$

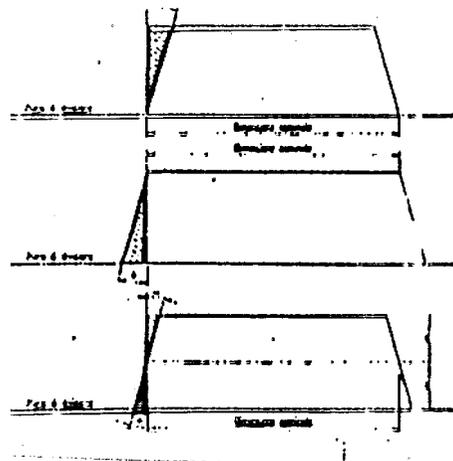
c = 1 nella generalità dei casi
c = 0,7 ÷ 0,8 per materozze coibentate

Ritiro

(Prestato H = Valori medi di Ghisa bianca)

Materiale del gesso	Ritiro %	Materiale del gesso	Ritiro %
Acciai non legati	1,20	Ghisa bianca	2,00
Acciai legati (esclusi quelli al Mn, gli inossidabili e i refrattari)	1,80	Ghisa malleabile a cuore bianco	1,80
Acciai al manganese	2,30	Ghisa malleabile a cuore nero	0,50
Acciai inossidabili ferritici	2,00	Leghe di alluminio a basso silicio	1,25
Acciai inossidabili austenitici	2,00	Leghe di alluminio ad alto silicio	1,20
Acciai refrattari	2,00	Leghe rame-stagno	1,50
Ghisa grigia	1,00	Leghe rame-zinco	1,20
Ghisa a grafite sferoidale, perlitica	1,20	Leghe rame-stagno-zinco	1,30
Ghisa a grafite sferoidale, ferritica	0,50	Leghe rame-zinco (Mn, Fe, Ag)	2,00
Ghisa sferoidale	2,00	Leghe rame-alluminio (Mn, Fe, Mg)	1,80
		Leghe di zinco	1,30
		Leghe antifrizione (metalli bianchi)	0,50

Angoli di sforno

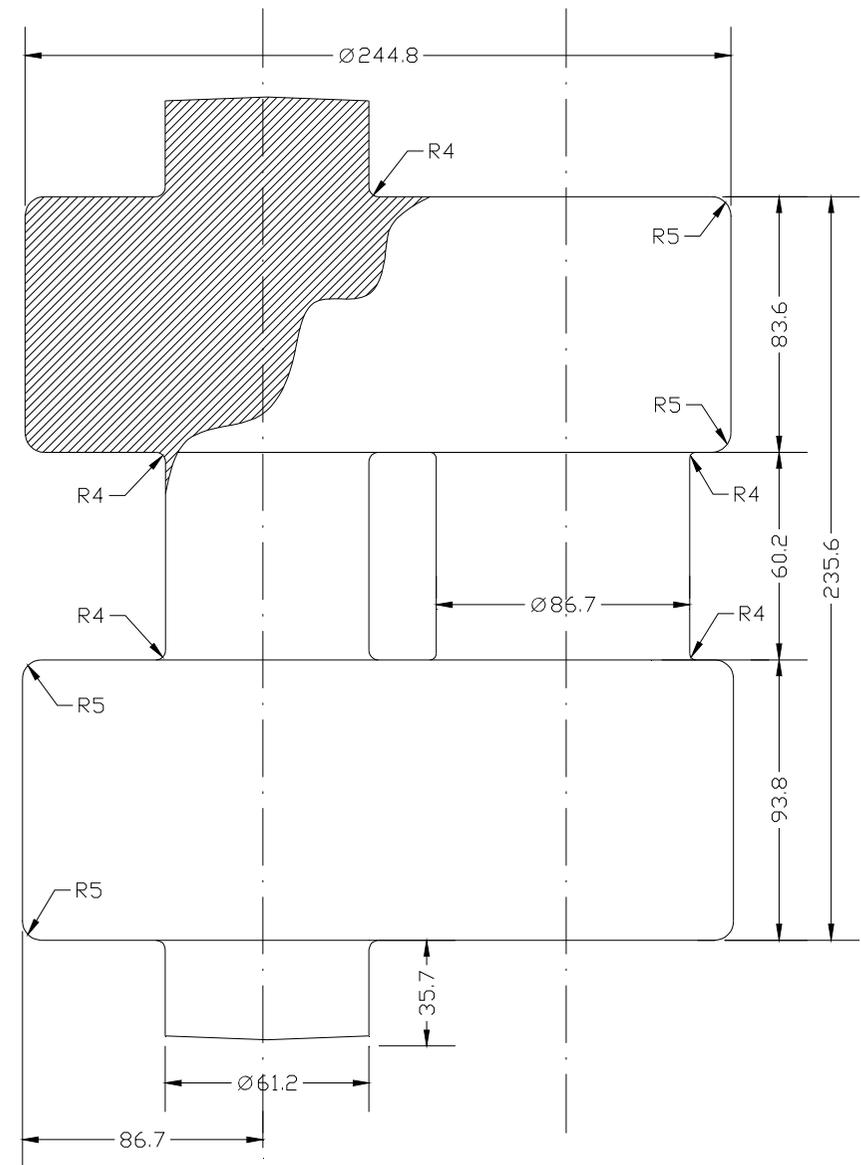
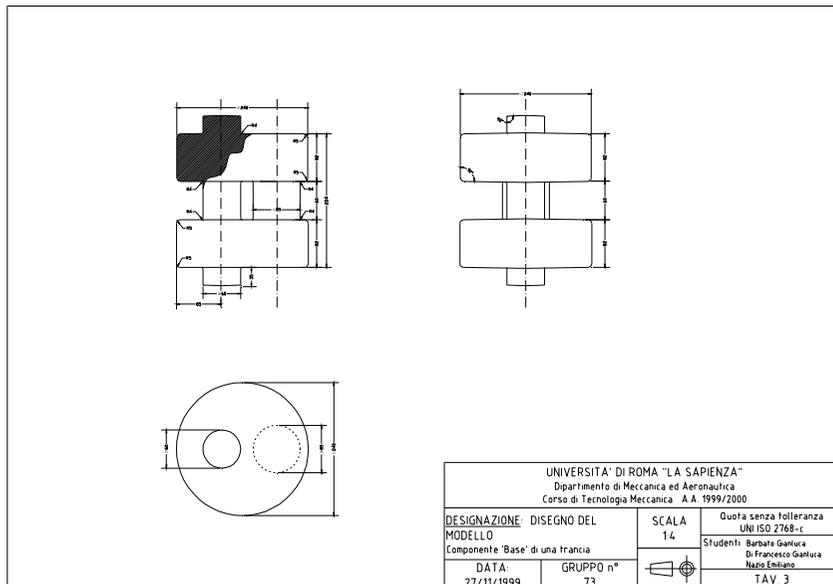


Tolleranze

Dimensione nominale	Categoria e grado di precisione	Scostamenti (mm)			
		A1	A2 - B1 - C1 G1 - E1	B2 - C2 E2	B3 - C3 E3
16	20	± 0,30	± 0,30	± 0,15	± 0,10
33	50			± 0,30	± 0,15
50	80			± 0,35	
80	120	± 0,50	± 0,50	± 0,30	± 0,20
120	180				
180	250	± 0,60	± 0,60	± 0,35	± 0,25
250	315			± 0,40	
315	400	± 0,80	± 0,80	± 0,45	± 0,30
400	500			± 0,50	
500	630	± 1,00	± 1,00	± 0,60	± 0,40
630	800				
800	1000	± 1,20	± 1,20	± 0,70	± 0,50
1000	1250			± 0,80	
1250	1600	± 1,50	± 1,50	± 0,80	± 0,60
1600	2000			± 0,70	
2000	2500	± 2,00	± 2,00	± 1,00	± 0,80
2500	3150			± 0,80	
3150	4000	± 2,50	± 2,50	± 1,20	± 1,00
4000				± 1,00	



Il disegno del modello

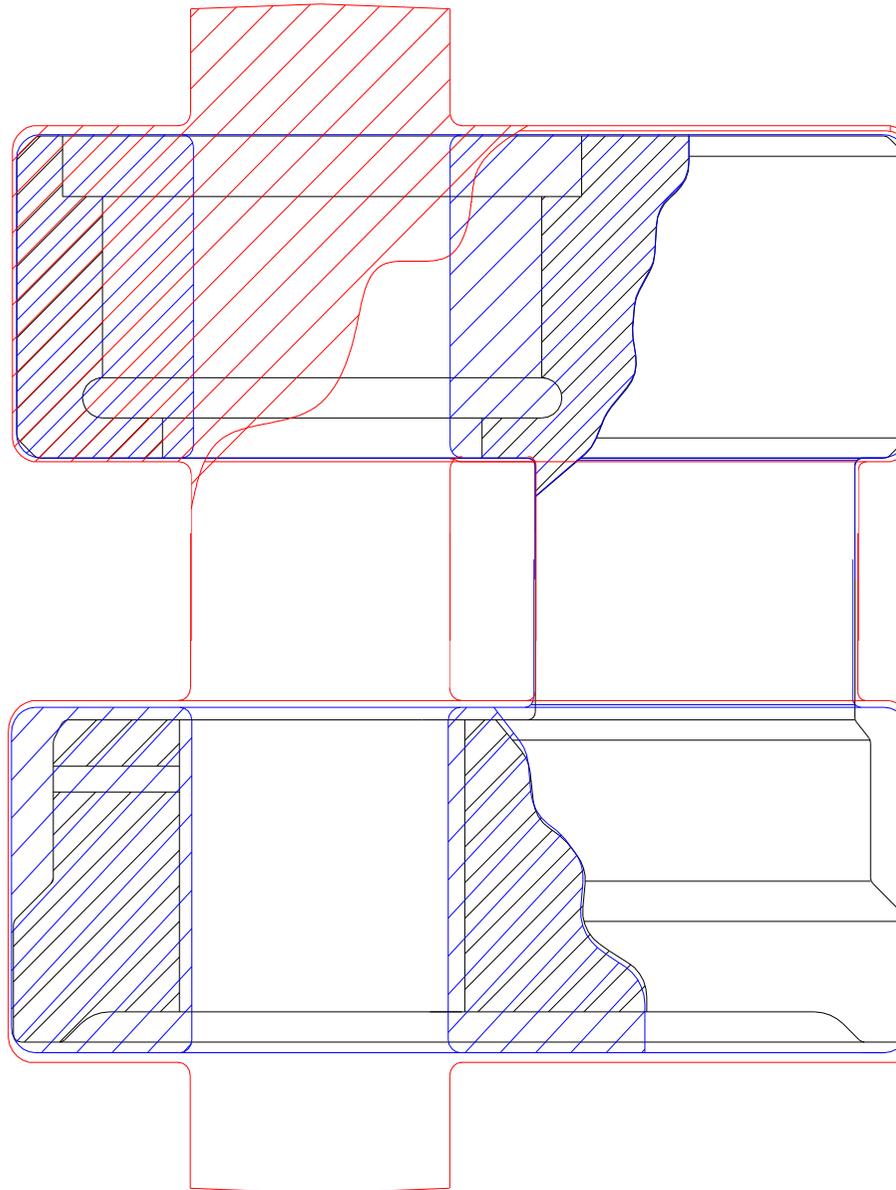




Disegno del finito

Disegno del grezzo

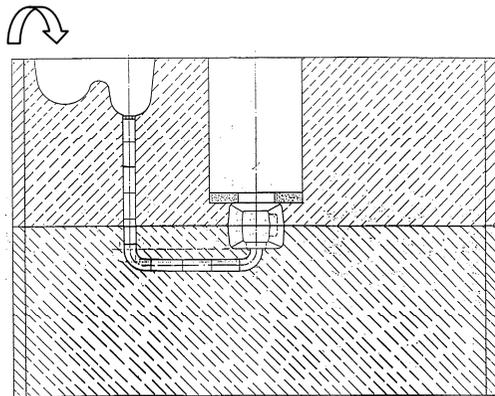
Disegno del modello



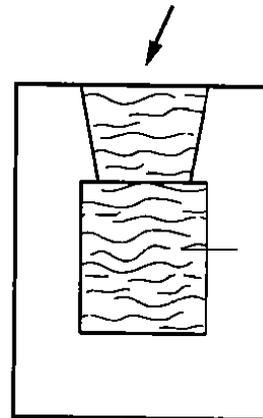
Parte 6: il ciclo di formatura

Sistema di colata

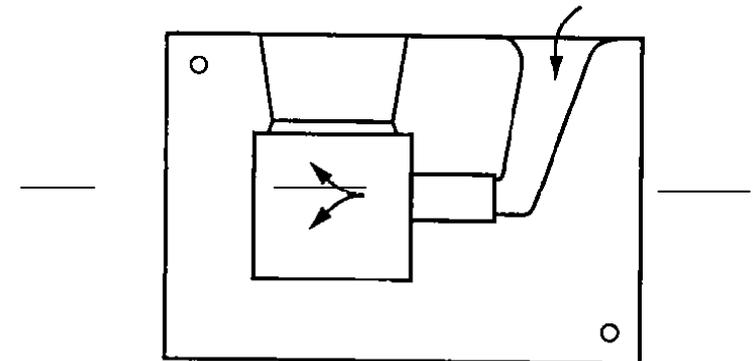
- riempire forma
- favorire solidificazione direzionale
- limitare turbolenze
- semplificare la formatura
- facilitare la finitura del getto



colata in sorgente



diretta



sul piano di separazione



Scegliamo un sistema pressurizzato con attacchi in piano che :

- può essere realizzata direttamente sulla placca modello
- limita la possibilità del distacco della vena fluida
- rende uniforme la portata
- evita il rischio di trascinare scorie

Velocità massime nel sistema di colata

canale di colata	2 - 3	m/s
distributore	1.5 - 2.5	
attacchi di colata (non sull'anina)	1 - 1.5	
attacchi di colata (che investono l'anina)	0.5 - 1	

Scegliamo un proporzionamento 1 : 2 : 1

con $A_{str} = A_g$



Definita la $V_{\max} = 1 \text{ m/s}$

si determina il $t_r = 3.2 \times \text{SQR}(G)$ (t [sec], G [kg]) $\rightarrow t_r = 24 \text{ s}$

oppure $t_r = 6.4 \text{ s } G^{0.4}$ (s = spessore [cm] G [kg]) $\rightarrow t_r = 53 \text{ s}$

oppure ancora $t_r = 0.95 + 23 \text{ S}/8.88 \text{ SQR}(G)$ (S sezione [pollici]
 G [libbre]) $\rightarrow t_r = 13 \text{ s}$

verifica tempo di irraggiamento

$t_r < t_i$ a favore della sicurezza oppure medio (meglio)

per quindi scegliere un materiale di formatura che abbia un t_i abbastanza elevato

---> sabbia silicea con legante sintetico



Dal t_r è immediato calcolare la portata $Q = \frac{V_g}{t_r} = \frac{55 / 7.8}{40} = 0.18 \text{ dm}^3 / \text{s}$

Definito il numero degli attacchi di colata (2)
si può calcolare la sezione dei singoli attacchi

$$A_{\text{str}} = v_{\text{str}} * Q / 2 * K = 134 \text{ mm}^2$$

K tiene conto delle perdite di carico e della
contropressione durante il riempimento

verifica velocità: $v = \text{SQR}(2 g h / k) = 1.25$ (leggermente troppo alta)

Scegliamo anche l'altezza della staffa superiore in funzione
dell'altezza delle materozze a cielo aperto per stabilire
il battente metallostatico h e la contropressione h_m

$$h_{\text{staffa}} = 160$$



$$K = \frac{1.25}{\text{SQR}(2g/k)} * \left[\frac{r'}{\text{SQR}(h)} + \frac{r''}{\text{SQR}(h_m)} \right]$$

$$k \in [1 - 4]$$

h = altezza della staffa

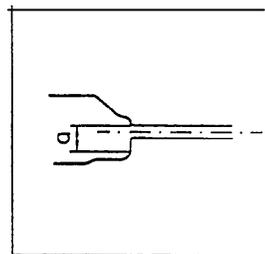
h_m = altezza totale - altezza getto
sopra piano di separazione

r' = % metallo sopra (baricentro

r'' = % metallo sotto (sez. attacco

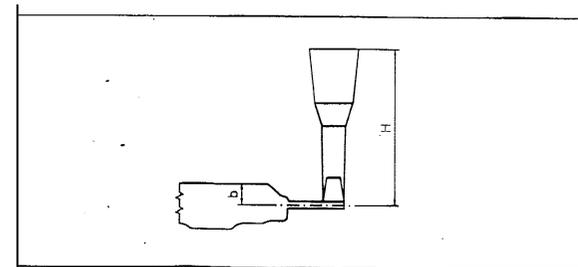
$$h_m = 40$$

$$r' = 0.5 \quad r'' = 0.5$$



Particolari

attacchi di colata



bacino, colatoio e distributore



Scelta fra le sezioni disponibili commercialmente

A_g teorica 134 ---> A_g commerciale = 177

A_r teorica $134 * 2$ ---> A_r commerciale = 363

A_s teorica 134 ---> A_s commerciale = 162

Complessivo del sistema di colata

Colate con trappole trapezoidali per scorie e arracchi (5)

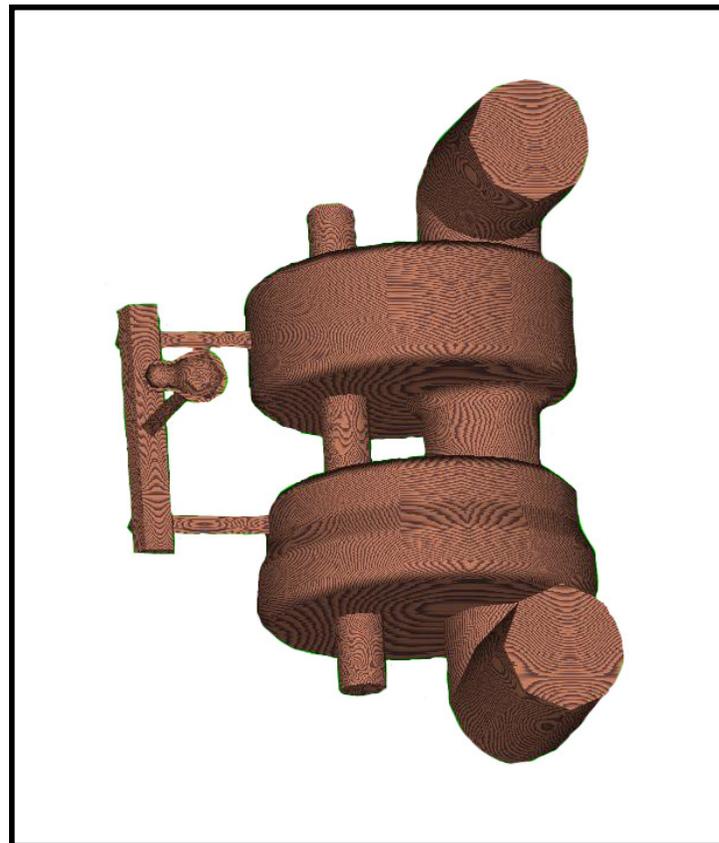


Canale di colata		Canale alimentatore		Attacco semplice	
Dimetro mm (A)	Sezione mm ²	Dimensioni (A x B x C)	Sezione mm ²	Dimensioni (A x B x C)	Sezione mm ²
15	177	9 x 12 x 13	137	10 x 7 x 10	85
18	255	9 x 15 x 16	192	11 x 9 x 13	130
20	314	10 x 17 x 18	243	13 x 9 x 14	154
22	380	11 x 18 x 20	290	14 x 10 x 16	192
25	491	13 x 20 x 22	363	16 x 11 x 18	243
30	707	17 x 24 x 26	527	20 x 14 x 21	355
35	962	18 x 28 x 31	713	23 x 17 x 24	480
40	1257	22 x 32 x 35	945	26 x 19 x 28	630
45	1590	24 x 36 x 40	1200	29 x 21 x 32	800
Attacco doppio		Attacco semplice lingua		Attacco doppia lingua	
Dimensioni (A x B x C)	Sezione mm ²	Dimensioni (A x B - C)	Sezione mm ²	Dimensioni (A x B - C)	Sezione mm ²
7 x 6 x 7	91	26 x 5 - 18	89	18 x 4 - 13	99
8 x 6 x 9	128	31 x 6 - 22	127	22 x 4 - 15	120
9 x 7 x 10	160	34 x 7 - 24	164	25 x 5 - 17	172
10 x 7 x 11	187	38 x 7 - 27	182	27 x 5 - 19	185
11 x 9 x 12	240	43 x 8 - 30	235	31 x 5 - 21	255
14 x 10 x 15	360	52 x 10 - 34	356	37 x 7 - 26	355
16 x 11 x 18	480	60 x 12 - 36	494	43 x 8 - 30	471
18 x 13 x 20	620	69 x 13 - 49	614	49 x 9 - 34	603
21 x 14 x 23	803	78 x 15 - 55	802	55 x 11 - 38	831

TM Fettweis-Fremle • Giessereifachkunde • Editore J. Neumann • Weinheim an der



Complessivo del sistema di colata

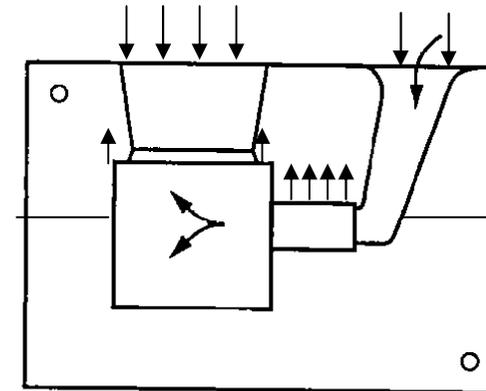


Verifica delle spinte metallostatiche

A causa delle differenze di altezza
fra le superfici libere del metallo
a contatto con la forma ed il pelo libero
dell'acciaio sulla faccia superiore della staffa

la staffa superiore deve essere assoggettata
a forze la cui risultante ha direzione verso il basso

$$P_{\text{staffa}} + P_{\text{sabbia}} + P_{\text{carichi aggiuntivi}} > F_{\text{spinte metallostatiche}}$$





nel nostro caso (piccole variazioni di altezza del getto nella zona delle spinte)

$$F_{\text{spinte metallostatiche}} = (d_{\text{cratteristico}}^2 h - V^*) \gamma = 386 \text{ N}$$

V^* = volume getto nella staffa superiore = 4.28
= volume del semimodello superiore

$$\begin{aligned} F &= \int_S p \cdot \sin \alpha \, dS = 2L \int_0^{\frac{\pi}{2}} p \cdot \sin \alpha \cdot R \, d\alpha = \\ &= 2 \cdot \gamma \cdot R \cdot L \int_0^{\frac{\pi}{2}} (H - R \cdot \sin \alpha) \cdot \sin \alpha \, d\alpha = \gamma \cdot D \cdot L \cdot \left(H - \pi \frac{D}{8} \right) \end{aligned}$$

$$P_{\text{sabbia}} = \gamma_{\text{sabbia}} (V_{\text{staffa}} - V^*) = 470$$

da cui (trascurando il peso della staffa)

$$P_{\text{carichi aggiuntivi}} = 386 - 470 = -84 \quad \text{non sono necessari carichi aggiuntivi}$$

Ciclo di formatura

preparazione della terra

composizione della terra

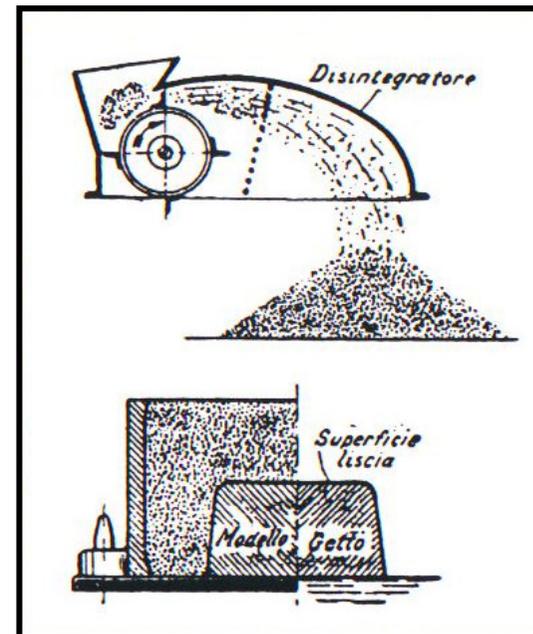
terra Refrancore media	55%
terra Refrancore fine	20%
sabbia Boves	20%
umidità	5%

lavorazione della terra

per garantire l'assenza di grumi e l'omogeneità dell'impasto le terre vengono lavorate al disintegratore

cottura della terra

la forma sarà al verde e non richiederà cottura
L'anima silicea sarà cotta a 200 °C



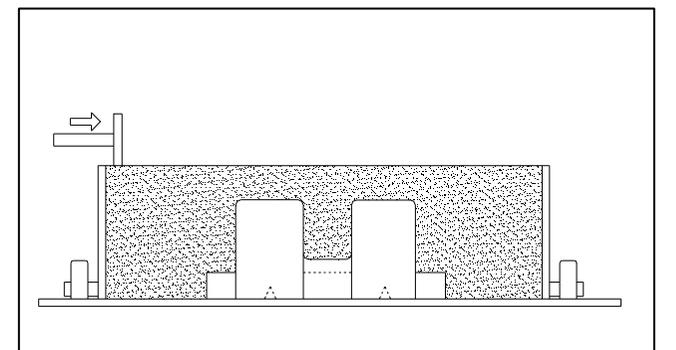
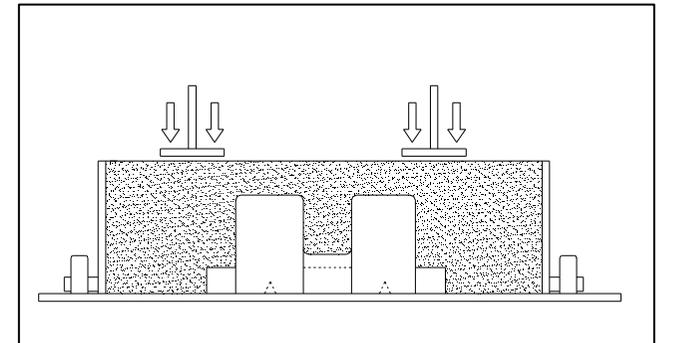
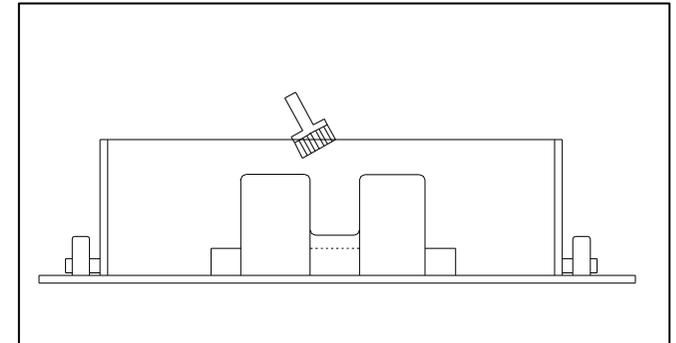


preparazione delle staffe

Il semimodello è realizzato in legno di acero (densità pari a 0.60g/cm^3).
La placca modello inferiore viene posizionata sul piano di lavoro, centrata la staffa e spolverato il modello con polvere distaccante.

La staffa viene gradualmente riempita con la terra che viene compressa da opportuni compattatori, fino a raggiungere la densità di 1.8Kg/dm^3 circa.
La compressione non deve essere eccessiva per non compromettere la permeabilità della terra.

Una volta completamente riempita la staffa e compattata la terra si procede a spianare la superficie superiore per rimuovere la terra in eccesso.

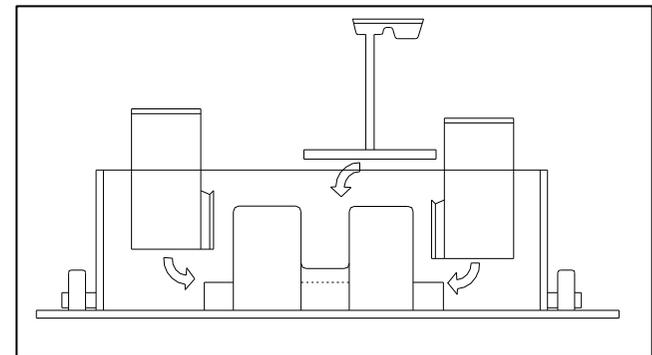
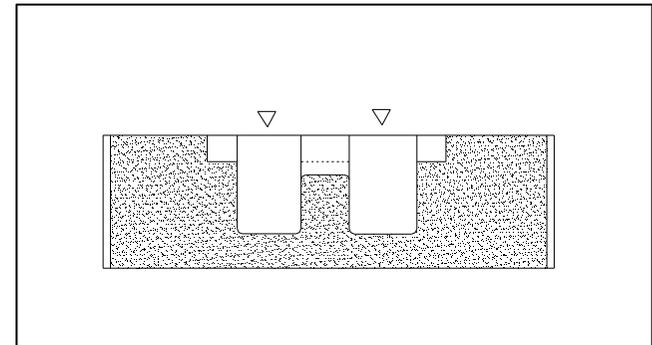
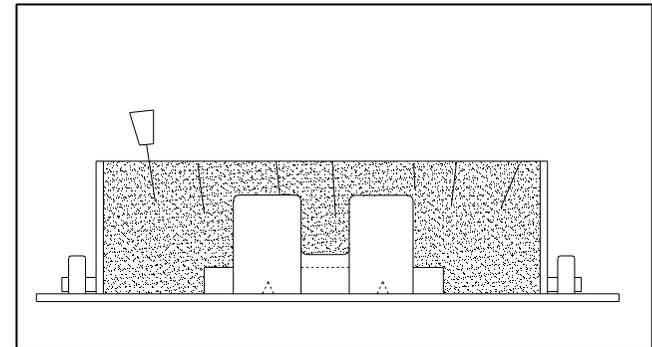




Vengono realizzate le tirate d'aria per ottenere un sufficiente drenaggio dei vapori che si producono durante la colata del metallo liquido nella forma; le tirate sono realizzate con dei particolari aghi metallici del diametro di 2mm circa.

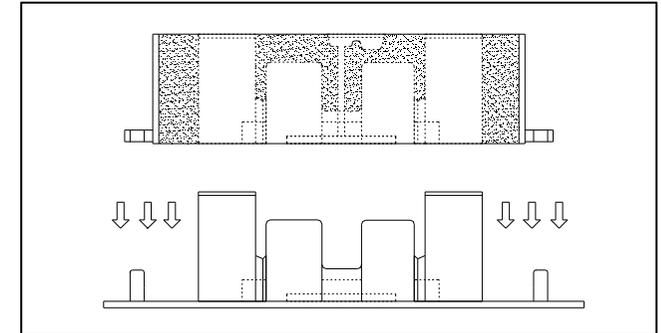
Dopo che la forma si è essiccata, la placca viene rovesciata e indurita rimuovendo i modelli degli attacchi di colata.

Vengono effettuate le stesse operazioni per il semimodello superiore. Il centraggio delle staffe è garantito dai particolari riferimenti con bussole su di essi (vedi tabella A12). La superficie viene cosparsa di polvere di carbone distaccante (nero di fonderia). Vengono inseriti i modelli degli alimentatori e del sistema di colata. Vengono, in successione, utilizzati compattatori, spianatori e siringhe per le tirate d'aria. Vengono estratti i modelli degli alimentatori e del sistema di colata.



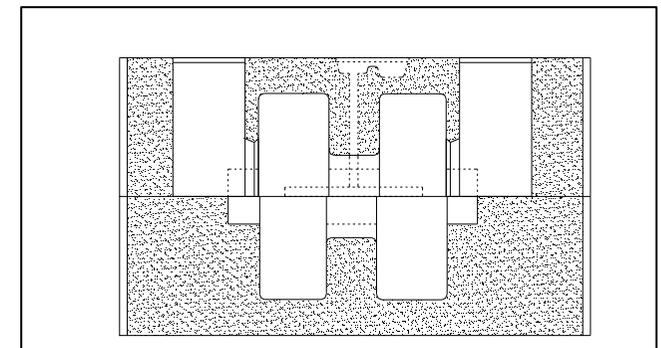


Vengono, in successione, utilizzati compattatori, spianatori e siringhe per le tirate d'aria. Vengono estratti i modelli degli alimentatori e del sistema di colata.



Per quanto riguarda la realizzazione delle anime, il procedimento utilizzato è il medesimo: viene realizzata la cassa'anima in legno (supponendo una produzione di pochi esemplari, tale scelta risulta più conveniente rispetto a casse realizzate con materiali plastici o metallici), quindi il materiale di formatura scelto viene compresso manualmente nel contenitore che rappresenta al negativo la forma dell'anima desiderata. L'anima così ottenuta viene prima cotta poi verniciata con una speciale soluzione grafitica e quindi sistemata nella staffa.

Vengono tolti gli spinotti dai rispettivi riferimenti, le staffe vengono separate (il peso è di circa 50Kg e quindi l'operazione può avvenire manualmente), una volta inserite le anime le staffe sono poi ricomposte, pronte per la colata del metallo liquido.





Formatura



Parte 7: preparazione del materiale da fondere

A combustibile

- solido
- liquido
- gassoso

Forni

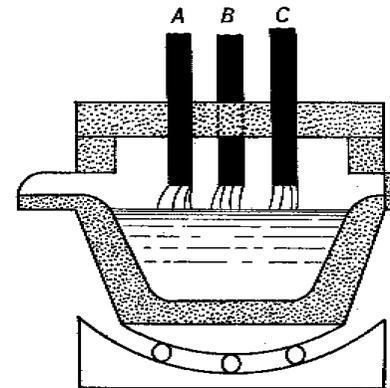


Fig. 161.

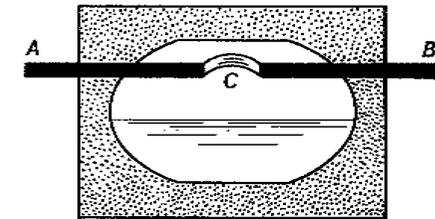


Fig. 162.

Fig. 161. — Schema di forno elettrico ad arco diretto.

Fig. 162. — Schema di forno elettrico ad arco radiante.

Elettrici

- a resistenza
- ad arco
 - indiretto (radiante)
 - diretto
- ad induzione
 - bassa frequenza
 - alta frequenza

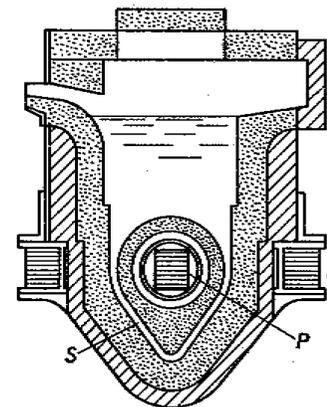


Fig. 163.

Fig. 163. — Schemi di forno ad induzione a bassa frequenza.
N, nucleo magnetico; P, avvolgimento primario; S, spina secondaria.

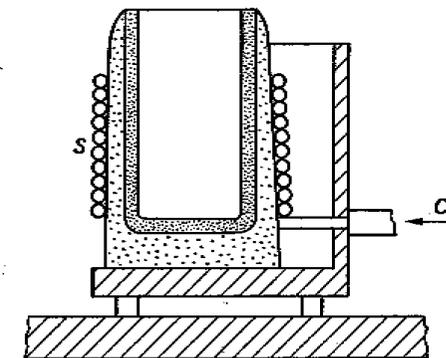


Fig. 164.

Fig. 164. — Schema di forno ad induzione ad alta frequenza.
C, acqua di circolazione; S, spirale induttrice.

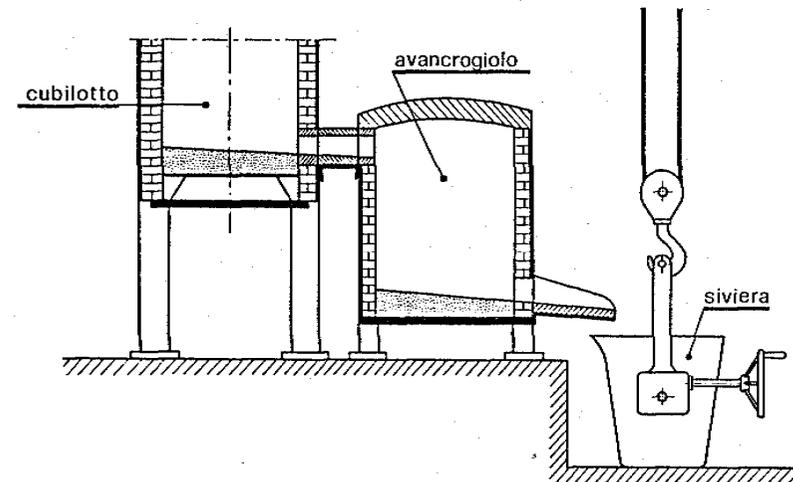
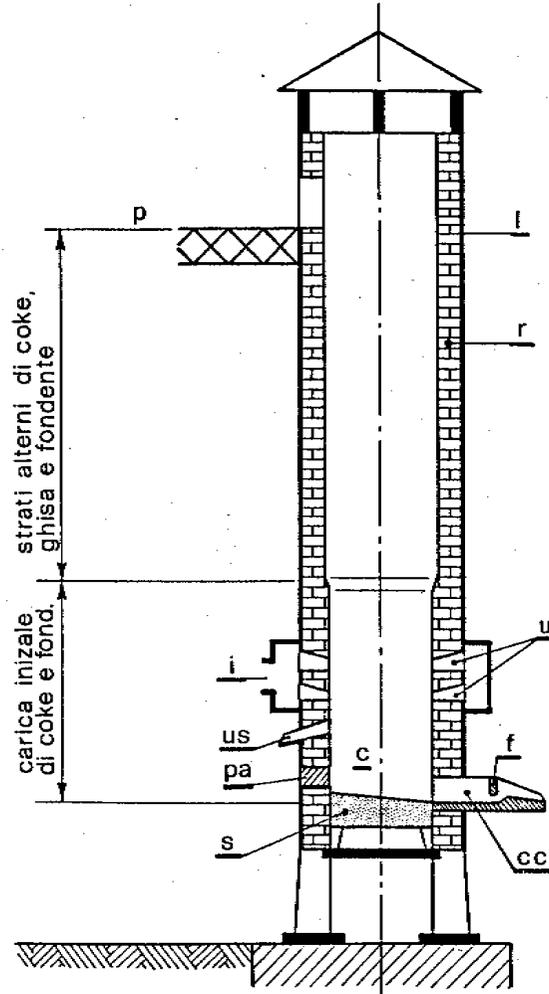
composizione?

Cubilotto (per la ghisa)

Carica: strati alterni di

- coke
- fondente
- metallo

quantità?



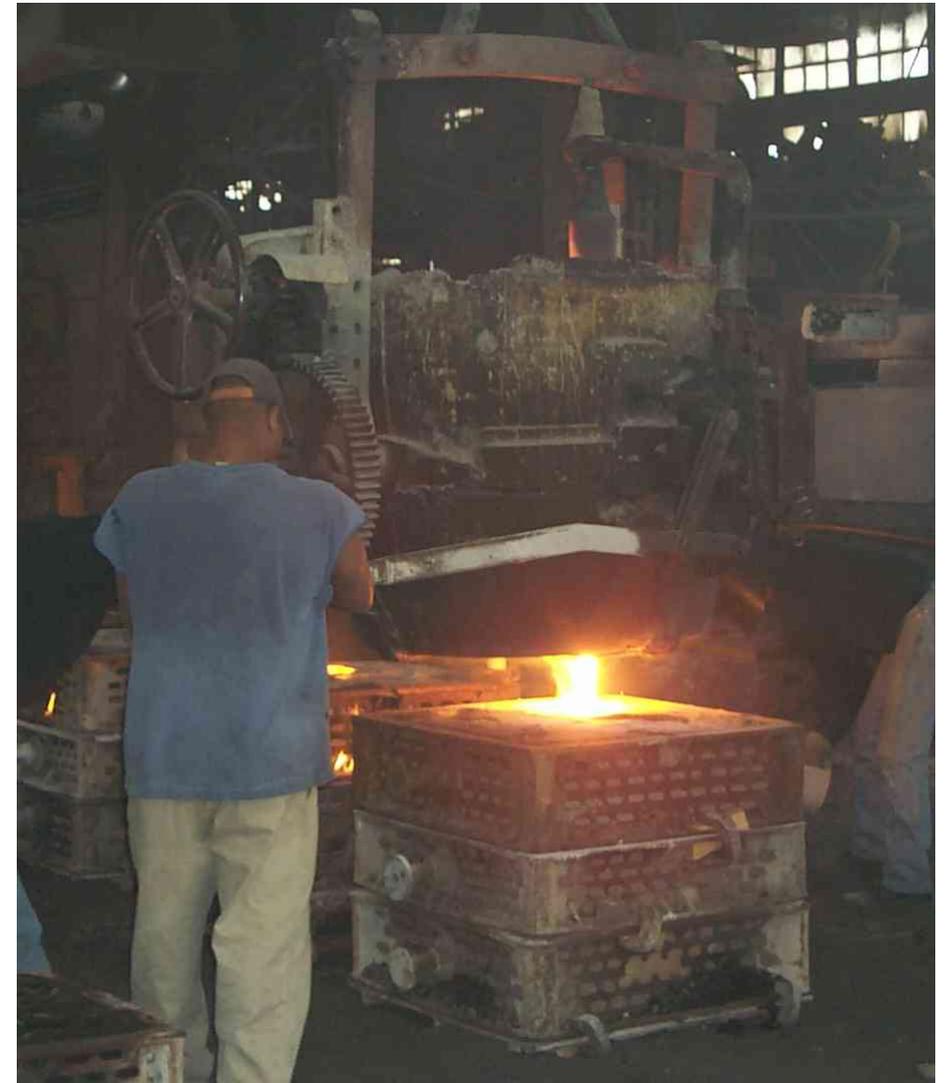


Fusione dell'acciaio





Colata





Colata nelle forme





Parte 8: lavorazioni finali dei getti

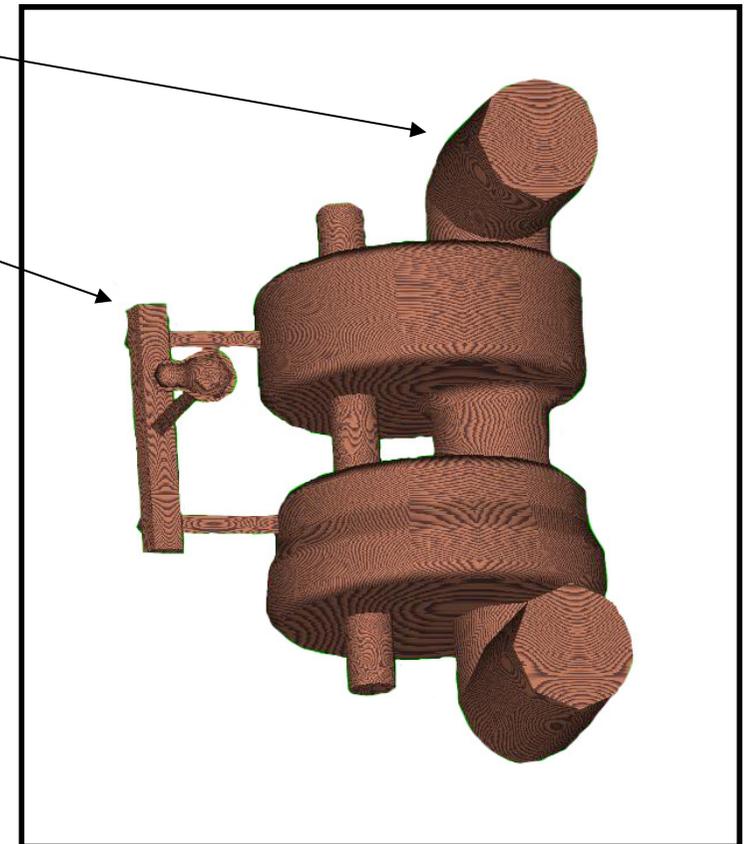
Distaffaggio





Rimozione canali di colata e materozze

Taglio con cannello ossiacetilenico
o con segagione





Pulitura bave

sabbiatrice

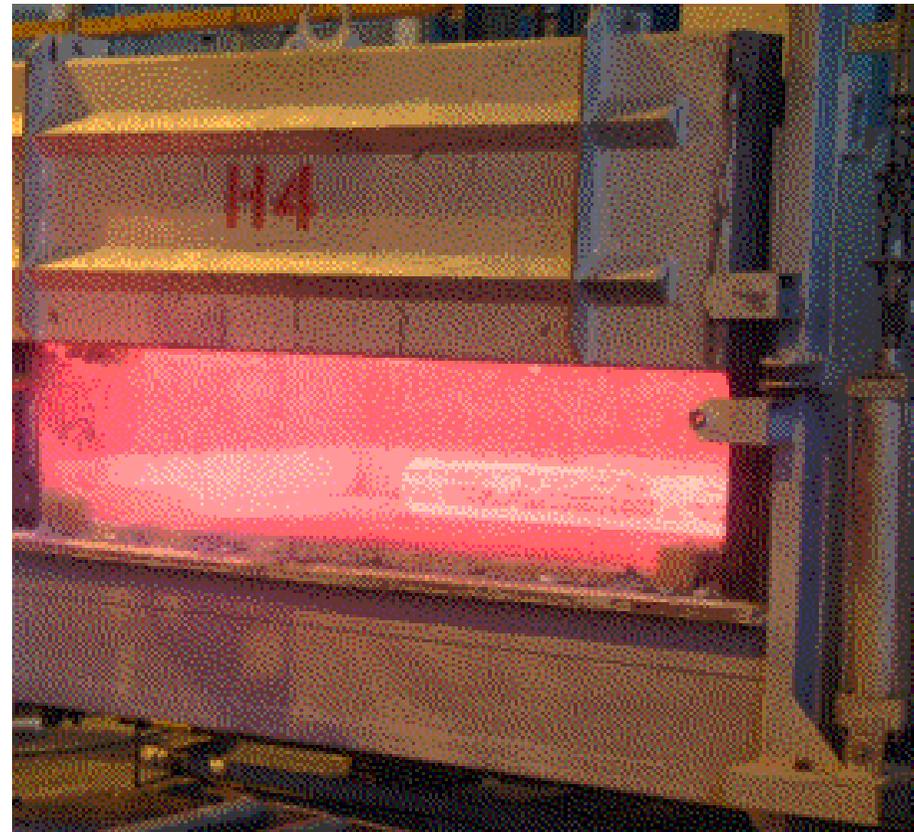


smerigliatrice





Trattamenti termici di lavorabilità prima delle macchine utensili





Parte 9: stima costi di produzione

Ipotesi di lavoro:

- 5 grezzi
- modello realizzato esternamente

Ogni voce sarà caratterizzata da:

- manodopera
- materiali usati
- energia utilizzata

I costi saranno suddivisi in:

- ottenimento acciaio
- formatura
- finitura del getto
- materiali e consumi secondari

diretti

- realizzazione modello
- stoccaggio materiali spedizione e vendita
- amministrazione

indiretti



Ottenimento acciaio liquido

Descrizione	quantità	prezzo unitario	importo totale
rottame di acciaio	965	310	299.150
ghisa di prima fusione	100	360	36.000
ferro/manganese 75%	8	1.040	8.320
ferro/silicio 75%	6	1.160	6.960
alluminio 99%	1	1.500	1.500
totale carica metallica	1000 (calo 8 %)		<u>351.930</u>
energia elettrica [kW]	800	194	155.200
elettrodi 250 [kg]	6	6.700	40.200
totale energia			<u>195.400</u>
manodopera [h]	4.5	35.000	<u>157.500</u>
totale		costo acciaio	760 L/kg



Formatura

costo formatura = costo manodopera per tempo formatura + costo materiali di formatura

Tempo di formatura

preparazione terra	$0.017 V_t^{0.678}$	+
lavorazione piani di divisione	$3.6 S^{0.513}$	+
preparazione modello	$11.3 V_m^{0.44}$	+
preparazione attacchi	$1.57 N_m^{0.4} G_r^{0.2}$	+
preparazione anime	$1.37 N_a^{0.4} V_a^{0.2}$	*
grado di difficoltà	0.7-1.3	=

1 h

formula alternativa

$$t_f = 3.82 V_f^{0.633} S_f^{1.22} = 1 \text{ h}$$

Costo manodopera

35.000



Costo materiali formatura

materozze, terra, vernice di zirconio, imbuto

materozze a cielo aperto (TA 4-5): 6 x 6.620
materozza cieca (SFP 9/12K): 1 x 3.150
anima di segmentazione (9/12/11/Q) 1 x 1.160
costo materozze

terra di formatura - sabbia silicea francese
422 L/kg - resina furanica
- acido paratoluensolfonico

$$P_{\text{sabbia}} = V_{\text{staffe}} \gamma_{\text{sabbia}} - P_{\text{metallo}} = 91 \text{ kg}$$

--->costo terra

costo vernice di zirconio

costo imbuto



Finitura del getto

tempi standard:	taglio	0.25
	sabbiatura	0.5
	sbavatura	0.3
	collaudi	0.25
	totale	45.500

granigliatura 18.300

trattamento termico (normalizzazione) 20.500

Materiali e consumi secondari + 10%



Modello (lavorazione c/t)

legno (abete)	0.018 m ³	1.200.000 L/kg	21.600
manodopera	25 h	(40.000 L/h)	1.000.000
costo modello	1.021.600		

Altre voci costi indiretti + 30% dei costi diretti



Totale costi:

costo dell'acciaio: consideriamo un rapporto del 55% fra getto e materiale di colata e maggioriamo per sicurezza del 20%: $P_{\text{acciaio}} = 1.2 * 150 / 0.55 = 330 \text{ kg}$ a 760 L /kg	250.800 x 5	1.254.000
recuperiamo il 40% del materiale come rottame (310 L /kg)	- 40.900 x 5	- 204.500
formatura	120.400 x 5	602.150
finitura	84.300 x 5	421.500
materiali e consumi secondari (10% dei costi precedenti)		207.315
costi indiretti (20% dei costi precedenti)		456.093
modello	1.021.600	1.021.600
costo totale del lotto		3.758.158
costo di produzione di un pezzo	3.758.158 / 5	751.631
utile lordo (15%)	751.631 x .15	112.744
prezzo di vendita		864.375



Parte 10: disposizione delle macchine all'interno del reparto di produzione



