



## Esercitazione n° 4 FONDERIA

Si deve produrre un lotto composto da N pezzi del 'raccordo' riportato in Figura 1.  
La tecnologia scelta è fonderia in terra + lavorazione per asportazione di truciolo.

Disegnare il modello necessario per realizzare il grezzo di fonderia.

Progettare il ciclo di formatura.

Effettuare una stima del costo di produzione.

### Fasi

1. Disegno del finito
2. Dal finito al grezzo
3. Dal grezzo al modello
4. Dal modello alla forma
5. Dalla forma al prodotto finito

### Quote

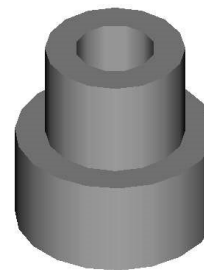
$$x = 138 + \text{numero\_gruppo}$$

$$y = 287 - \text{numero\_gruppo}$$

$$z = 15 + \text{numero\_gruppo}/10$$

### Numerosità

$$N = 339 * e^{-(\text{numero\_gruppo}/46)}$$



3 fori a 120° diametro z profondità 3z

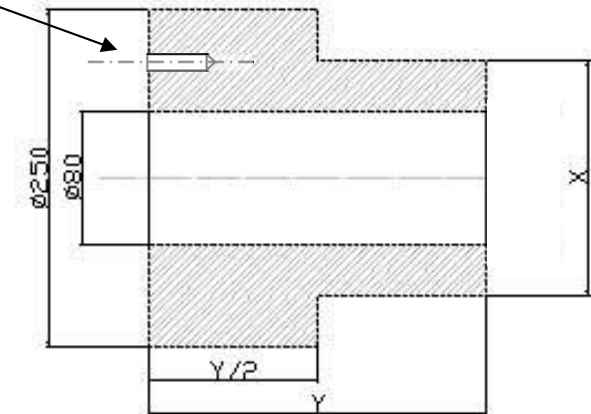


Figura 1: raccordo



### Regole di massima

Piano di separazione	in genere è opportuno colare un getto in posizione 'coricata'
Anime	schema allegato
Materozza/e	la/e materozze vanno posizionate in prossimità delle zone ultime a solidificare
Solidificazione direzionale	$M_{i+1} = 1.1 \div 1.2 M_i$
Modulo materozza/e	$M_{mat} > 1.2 M_{i=imax}$
Volume materozza/e	Diagramma di Cain (in genere $V_{mat} = 0.3 \div 0.6 V_{getto}$ )
Superfici da lavorare	tolleranze e rugosità richieste sul pezzo finito
Ritiro	tabellato
Raggi di raccordo	alcuni gradi



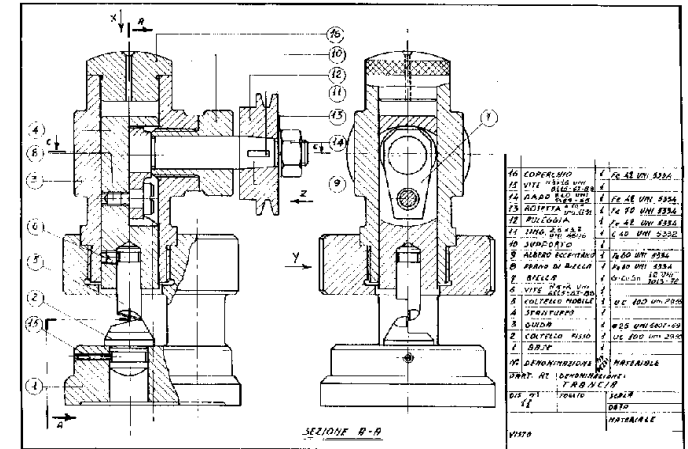
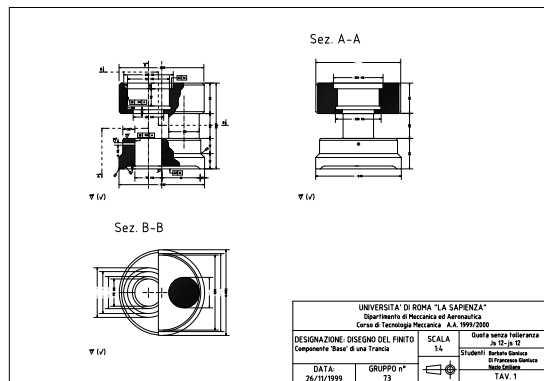
# 1. Disegno del finito

Funzionalità del pezzo

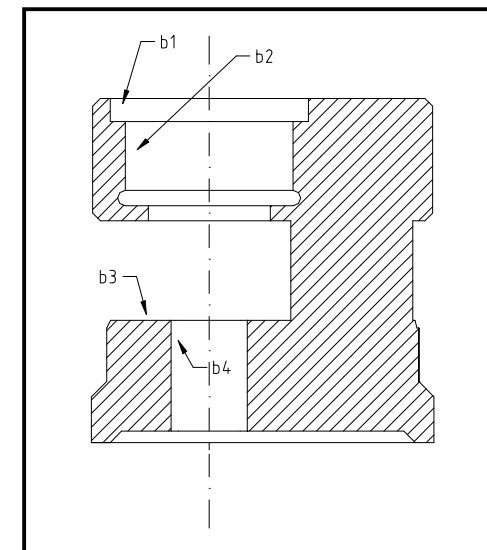
applicazione  
esigenze funzionali  
materiale  
finiture e tolleranze

Disegno

norme UNI  
viste  
sezioni



Schizzo



Superfici con caratteristiche speciali



## Scelta del materiale

### proprietà meccaniche

fisiche

chimiche

(riciclabilità)

(machinability)

(welding)

- processo                      fonderia in terra +  
   lavorazione alle MU
- impiego del                      specifiche di prodotto  
  manufatto
- 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/mm<sup>2</sup>

oppure dalla UNI 3150

### UNI G27CrMn3

acciaio designato a partire dalla composizione chimica, per getti

Tabella UNI	Argomento
	<b>Acciai</b>
6900 EU 156	Acciai legati speciali inossidabili resistenti alla corrosione ed al calore Acciai per costruzione navale, - Qualità da scafo ordinarie e ad alta resistenza
	<b>Acciai per getti</b>
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
	<b>Getti di acciaio</b>
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 sovrametalli



## 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

Classe di tolleranza	Designazione	Denominazione	Scostamenti limite per campi di dimensioni nominali																	
			da 0,51 fino a 3	oltre 3 fino a 6	oltre 6 fino a 30	oltre 30 fino a 120	oltre 120 fino a 400	oltre 400 fino a 1000	oltre 1000 fino a 2000	oltre 2000 fino a 4000										
f	fine		+ 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	+ 0,2	± 0,3	± 0,5	—										
m	media		+ 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	+ 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2										
c	grossolana		+ 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	+ 1,2	± 2	± 3	± 4										
v	molto grossolana		—	± 0,5	± 1	± 1,5	+ 2,5	± 4	± 6	± 8										

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 alberi

Qualità	Posizione																			
	a	b	c	d	e	f	g	h	j	js	k	m	n	p	r	s	t	u	x	
5																			*	
6																			*	*
7																			*	*
8																			*	*
9	*	*	*																*	*
10																			*	*
11	*	*	*																*	*

Prospetto II - Quadro sinottico delle zone di tolleranza per fori

Qualità	Posizione																			
	A	B	C	CD	D	E	F	G	H	J	Js	K	M	N	P	R	S	T	ZB	ZC
6																				*
7																				*
8																				*
9																				*
10																				*
11	*	*	*																	*
12																				*
13	*	*	*																	*

## Tolleranze geometriche

COM DT Tolleranze geometriche — Caratteristiche oggetto di tolleranza e segni grafici, esempi di indicazione ed interpretazione — Quadro sinottico

Disegni tecnici UNI 7226/1 ISO 1101 Allegato

Settembre 1986

Questo documento costituisce un quadro sinottico della norma UNI 7226/1: ISO 1101, utile per un uso quotidiano. Le tolleranze di forma limitano gli scostamenti di un elemento singolo dalla sua forma geometrica ideale. Le tolleranze di orientamento, posizione ed oscillazione limitano gli scostamenti relativi di orientamento o di posizione tra due o più elementi. Per esigenze funzionali possono essere indicati come riferimento uno o più elementi. Se necessario, può essere prescritto sull'elemento di riferimento una tolleranza geometrica per renderlo adeguatamente preciso per il suo scopo. La tolleranza geometrica si applica sempre su tutta l'estensione dell'elemento cui si riferisce salvo indicazione contraria, per esempio: 0,02/50 indica che è ammessa una tolleranza di 0,02 mm su una estensione di 50 mm in qualsiasi posizione dell'elemento oggetto di tolleranza. Se si applica una tolleranza geometrica su un asse o un piano mediano, la freccia della linea di richiamo deve essere sul prolungamento della linea di misura (fig. 4). Se si applica una tolleranza geometrica su una linea o superficie, la freccia della linea di richiamo deve essere a contatto con detta linea o superficie ed essere separata in modo evidente dalla linea di misura (fig. 5). Le stesse regole valgono per l'indicazione del triangolo di riferimento.

Linea di richiamo  
Freccia  
Elemento oggetto di tolleranza  
Fig. 1

Lettera del riferimento  
Valore della tolleranza  
Segno grafico della tolleranza  
Fig. 2

Elemento di riferimento  
Triangolo di riferimento  
Fig. 3

Dimensione teorica esatta  
Riferito all'asse o piano mediano  
Fig. 4

Riferimento parziale (ved. UNI ISO 6459)  
Fig. 5

Valori in millimetri

Fig. 6 Condizioni di massimo materiale (MMC)  
Fig. 7 Zona di tolleranza protetta  
Fig. 8 Riferimento parziale (ved. UNI ISO 6459)

Segni grafici e caratteristiche oggetto di tolleranza

Elementi singoli o associati	Tolleranza di forma	Indicazione a disegno	Zona di tolleranza	Interpretazione
Elementi singoli o associati	Rettilineità			L'asse del cilindro, a cui è unito il riquadro della tolleranza, deve essere compreso in una zona cilindrica avente diametro di 0,08.
	Planarità			La superficie deve essere compresa tra due piani paralleli distanti 0,08.
	Circularità			La circonferenza di ciascuna sezione retta deve essere compresa tra due cerchi concentrici complanari distanti 0,1.
	Cilindricità			La superficie considerata deve essere compresa tra due cilindri coassiali distanti 0,1.
	Forma di una linea qualunque			In ciascuna sezione parallela al piano di proiezione, il profilo considerato deve essere compreso tra le due linee di involuppo dei cerchi di diametro 0,04 i cui centri sono situati sul profilo geometrico ideale.
Tolleranze di orientamento	Forma di una superficie qualunque			La superficie considerata deve essere compresa tra le due superficie di involuppo delle sfere aventi diametro di 0,02 i cui centri sono situati sulla superficie di forma geometrica ideale.
	Parallelismo di una linea (asse) rispetto ad una retta di riferimento			L'asse con tolleranza deve essere compreso in una zona cilindrica avente diametro di 0,03, parallela all'asse di riferimento A (retta di riferimento).
	Perpendicolarità di una linea (asse) rispetto ad una superficie di riferimento			L'asse del cilindro, a cui è unito il riquadro della tolleranza, deve essere compreso tra due piani paralleli distanti 0,1 e perpendicolari alla superficie di riferimento.
	Inclinazione di una linea (asse) rispetto ad una superficie di riferimento			L'asse del foro deve essere compreso tra due piani paralleli distanti 0,08 e inclinati di 60° rispetto alla superficie A (superficie di riferimento).
	Localizzazione di una linea			L'asse del cilindro, a cui è unito il riquadro della tolleranza, deve essere compreso in una zona cilindrica avente diametro di 0,08 il cui asse è nella posizione teorica esatta della linea considerata rispetto alla superficie A e B (piani di riferimento).
Tolleranze di posizione	Concentricità o coassialità di un asse			L'asse del cilindro, a cui è unito il riquadro della tolleranza, deve essere compreso in una zona cilindrica avente diametro di 0,08 coassiale all'asse di riferimento A-B.
	Simmetria di un piano mediano			Il piano mediano della scanalatura deve essere compreso tra due piani paralleli distanti 0,08 e disposti simmetricamente al piano mediano di riferimento A.
	Oscillazione circolare radiale			L'oscillazione radiale non deve essere maggiore di 0,1 in ogni punto della superficie considerata durante le rotazioni attorno all'asse di riferimento A-B, con uno spostamento assiale relativo tra pezzo e strumento di misura. Lo spostamento deve avvenire lungo una linea avente la forma teorica esatta del contorno e disposta in posizione corretta rispetto all'asse di riferimento.
	Oscillazione totale radiale			L'oscillazione totale radiale non deve essere maggiore di 0,1 in ogni punto della superficie considerata durante le rotazioni attorno all'asse di riferimento A-B, con uno spostamento assiale relativo tra pezzo e strumento di misura. Lo spostamento deve avvenire lungo una linea avente la forma teorica esatta del contorno e disposta in posizione corretta rispetto all'asse di riferimento.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione sia di nuove edizioni sia di fogli di aggiornamento. È importante pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione o foglio di aggiornamento.

500 Litostampa B. Natali

generali

particolari



## Raggi di raccordo per applicazioni meccaniche

C.D. 821.81 Febbraio 1990

**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
10	125
12	140
16	160
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.				Superficie avente rugosità $R_a$ del valore massimo di 3,2 $\mu\text{m}$ .
A 2.2.				Superficie avente rugosità $R_a$ del valore massimo di 6,3 $\mu\text{m}$ e del valore minimo di 1,6 $\mu\text{m}$ .

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 ed f, vedere fig. 8 e 14.

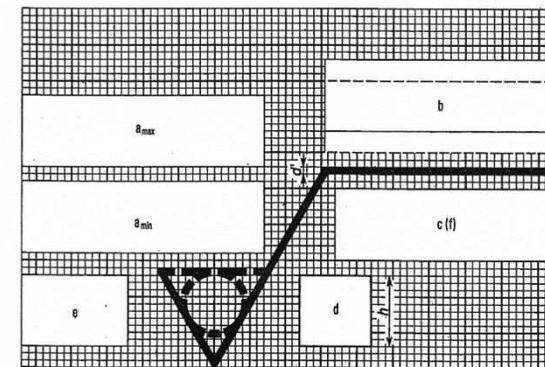


Fig. 37

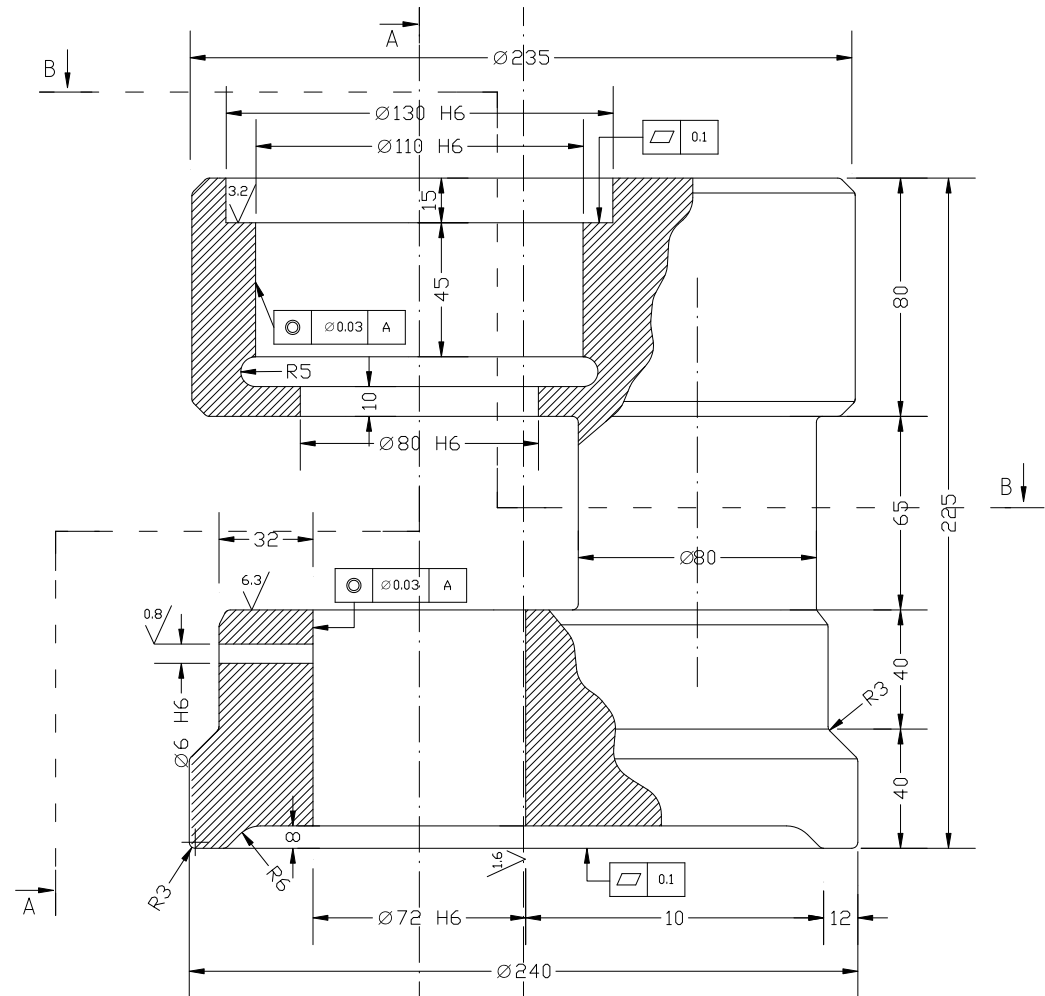
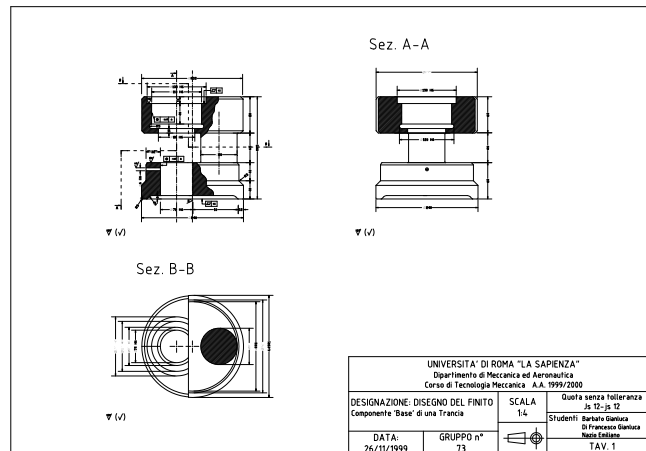
(segue)

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/ (✓)



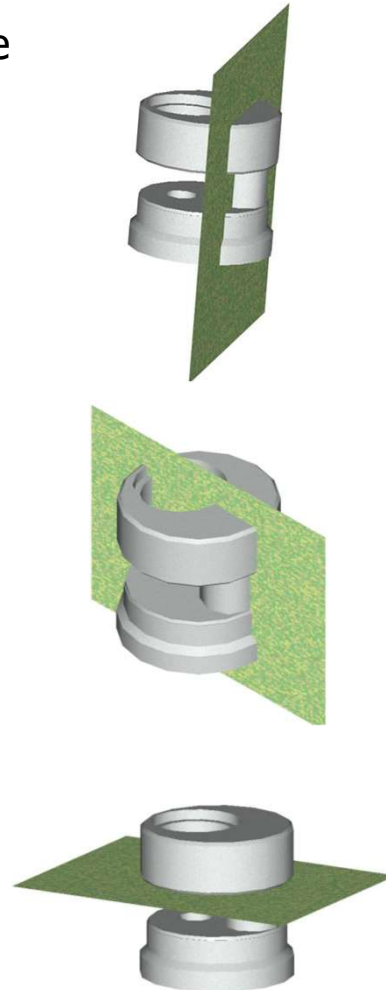


## 2. Dal finito al grezzo

- scelta del piano di separazione
- verifica spessori minimi realizzabili nei getti colati in terra
- possibilità di uso delle anime
- 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



## 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	☹
<b>RISULTATO</b>	<b>10</b>

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	😊😊
<b>RISULTATO</b>	<b>17</b>

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	😊😊
<b>RISULTATO</b>	<b>13</b>



## Spessore minimo della parete in funzione della lunghezza

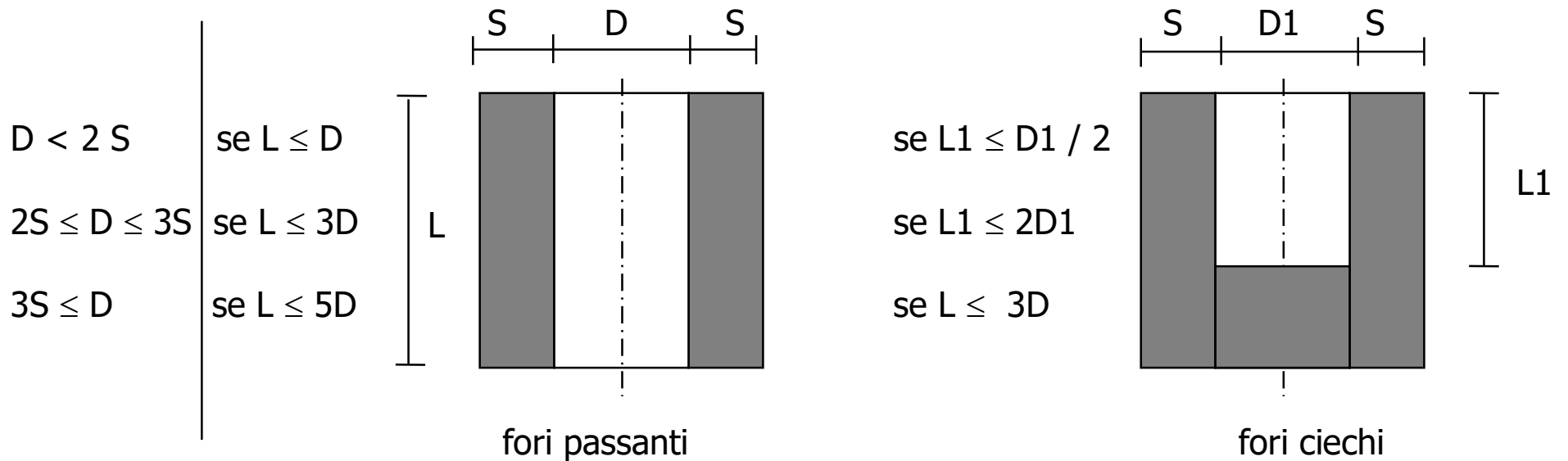
metallo del getto

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



### 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

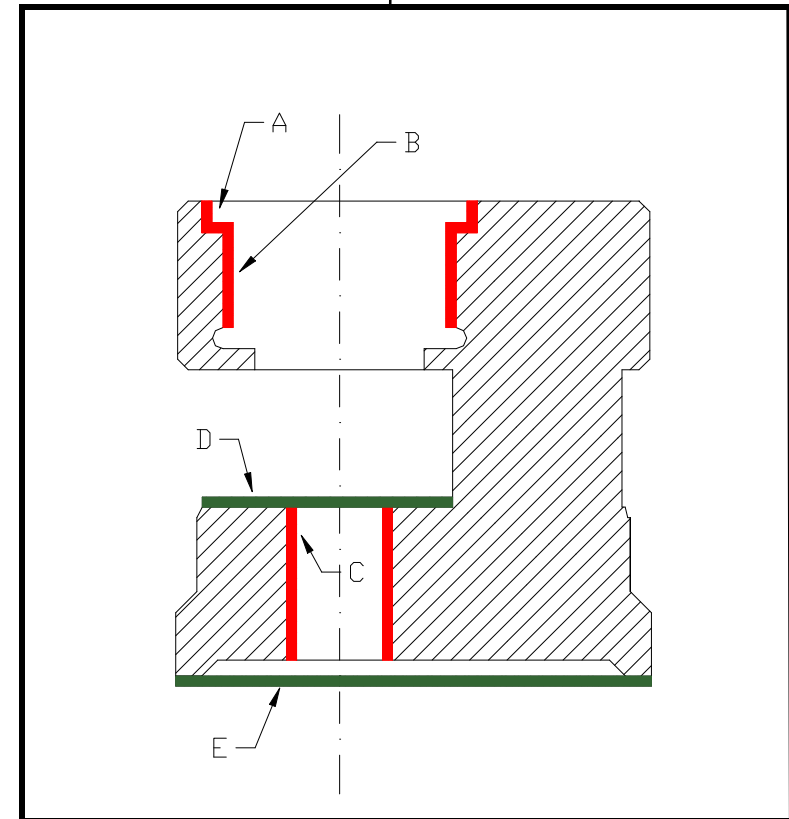
$$A = 5$$

$$B = 5$$

$$C = 5$$

$$D = 6$$

$$E = 6$$



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 A B 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 5 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 -	- - -



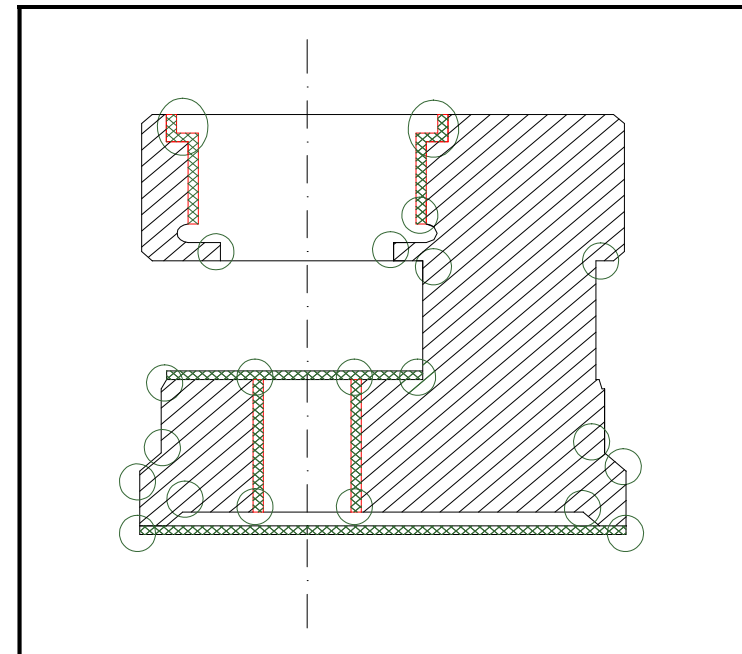
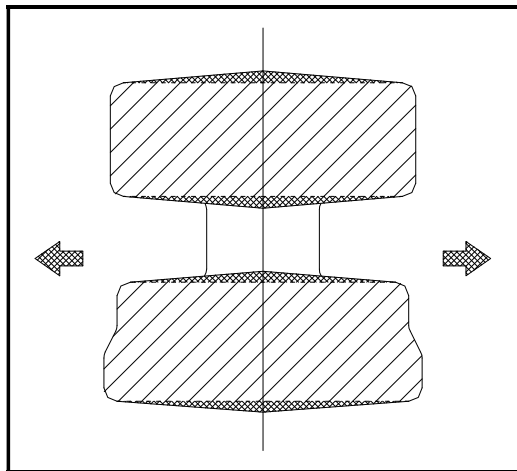
## Individuazione delle zone critiche e conseguenti raggi di raccordo

Durante la colata

Durante le fasi della tecnologia

Durante l'uso

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, ridurne 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.*

**Errato**      **Corretto**

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

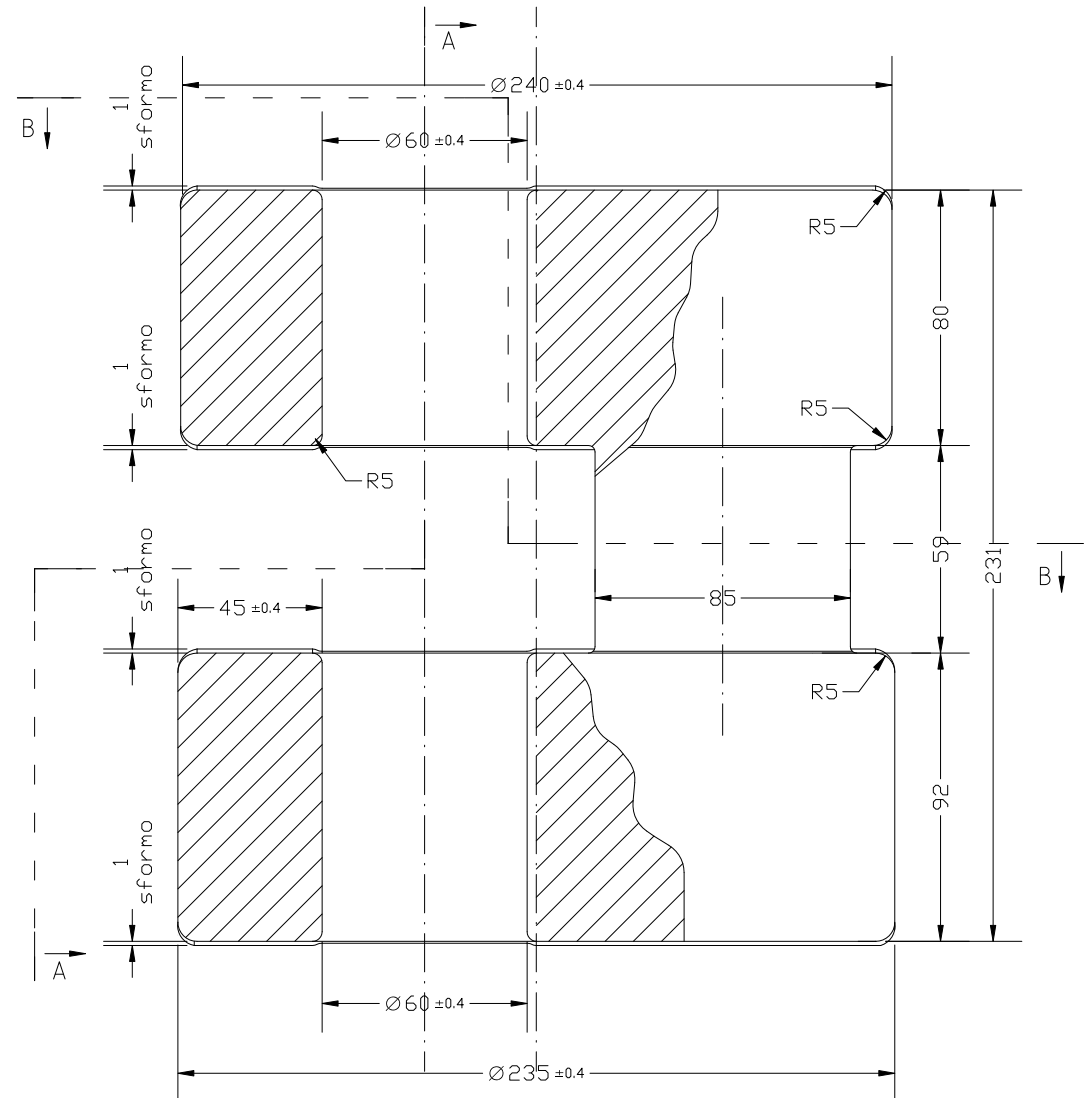
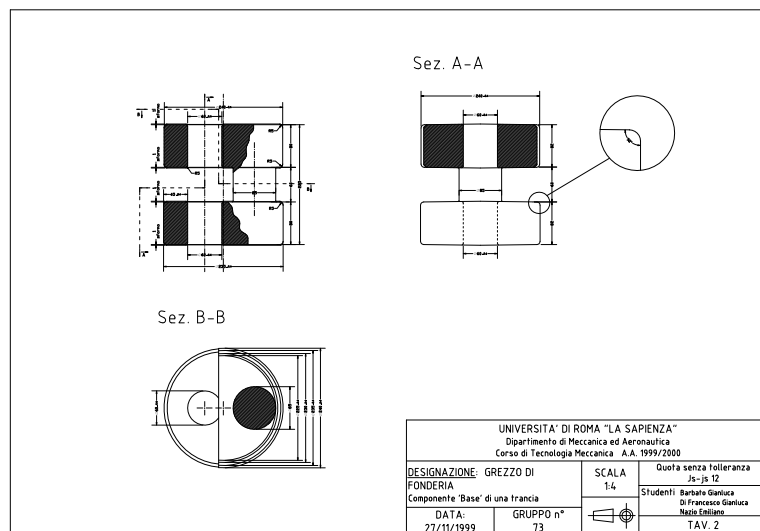
**Le pareti interne dovranno essere più sottili delle pareti esterne**

**Errato**      **Corretto**

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



## Il disegno del grezzo

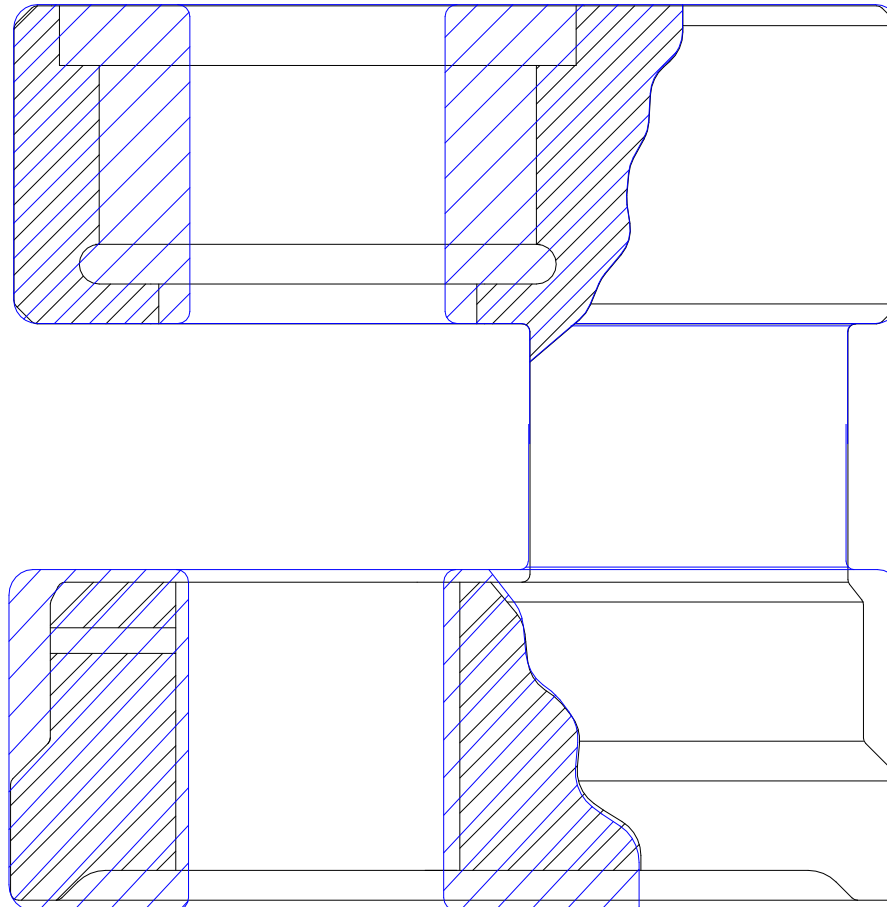






Disegno del finito

Disegno del grezzo





### 3. Dal grezzo al modello

Ritiro

Angoli di sformo

Tolleranze del modello

Verifica termica

Portate d'anima



Ritiro

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

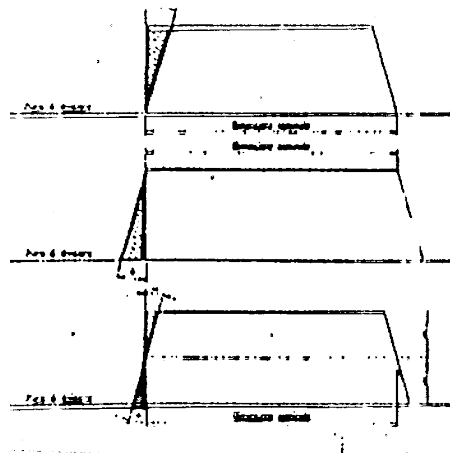
$$Ceq = C + \frac{1}{3}(Si + P)$$

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

Preselezione H = Valori medi di classe base

Materiale del gatto	Ritiro %	Materiale del gatto	Ritiro %
Acciai non legati	1,00	Ghise bianche	2,00
Acciai legati (esclusi quelli al Mn. gli inossidabili e i refrattari)	1,00	Ghise malleabili a cuore bianco	1,50
Acciai al manganese	2,00	Ghise malleabili a cuore nero	0,50
Acciai inossidabili ferritici	2,00	Leghe di alluminio a basso silicio	1,35
Acciai inossidabili austenitici	2,00	Leghe di alluminio ad alto silicio	1,20
Acciai refrattari	2,00	Leghe rame-stagno	1,50
Ghise grigie	1,00	Leghe rame-zinco	1,20
Ghise a grafite sferoidale, perlitica	1,20	Leghe rame-stagno-zinco	1,30
Ghise a grafite sferoidale, ferritica	0,50	Leghe rame-zinco (Al, Fe, Ag)	2,00
Ghise austenitiche	2,00	Leghe rame-alluminio (Al, Fe, Mg)	1,50
		Leghe di zinco	1,20
		Leghe antifrizione (metalli bianchi)	0,50

Angoli di sformo



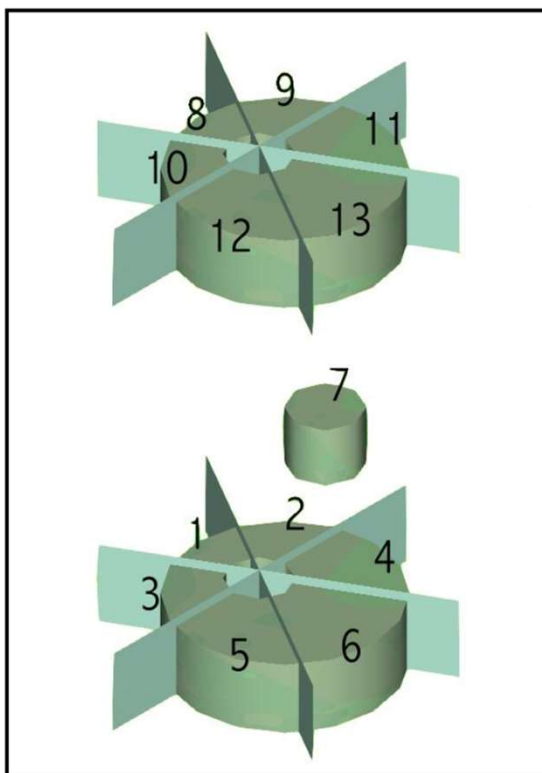
Tolleranze

Dimensione nominale	Dimensione reale	Categorie a grado di precisione			
		A1	A2 - B1 - C1 D1 - E1	B2 - C2 E2	B3 - C3 E3
16	30	± 0,30	± 0,30	± 0,15	± 0,10
33	59			± 0,30	± 0,15
50	89			± 0,25	
80	139	± 0,20	± 0,50	± 0,30	± 0,20
120	180				
180	250			± 0,35	± 0,25
250	315	± 1,00	± 0,60	± 0,40	± 0,35
315	400	± 1,20	± 0,80	± 0,45	± 0,30
400	500			± 0,50	
500	630	± 1,50	± 1,00	± 0,60	± 0,40
630	800				
800	1000	± 2,00	± 1,20	± 0,70	± 0,50
1000	1250			± 0,80	
1250	1600	± 2,50	± 1,50	± 1,00	± 0,60
1600	2000	± 3,00	± 1,80	± 1,10	± 0,70
2000	2500	± 3,50	± 2,00	± 1,20	± 0,80
2500	3150	± 4,00	± 2,20	± 1,30	± 1,00
3150	4000	± 5,00	± 2,50	± 1,50	± 1,20
4000		± 6,00	± 3,00	± 1,80	± 1,40



## 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	-----	-----
sformo	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
sformo	-----	-----
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	-----	-----	-----	-----		
sformo	-----	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					

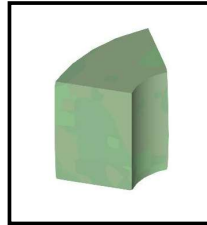
Vtot	Stot	Mtot
6949.10	3378.60	2.06



Elementi 1 e 8

Volume = 259.5 cm<sup>3</sup>

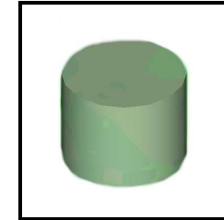
Superficie = 166.6 cm<sup>2</sup>



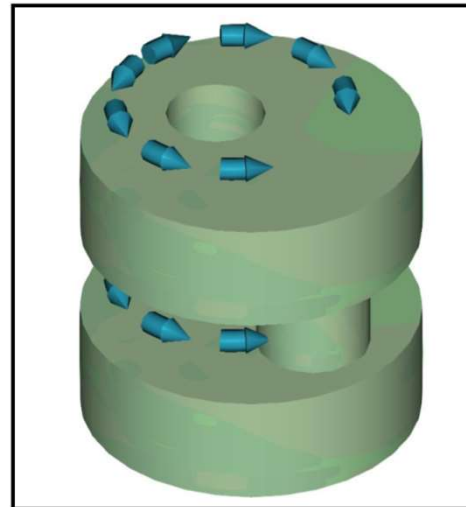
Elemento 7

Volume = 326.7 cm<sup>3</sup>

Superficie = 163.4 cm<sup>2</sup>



Solidificazione direzionale

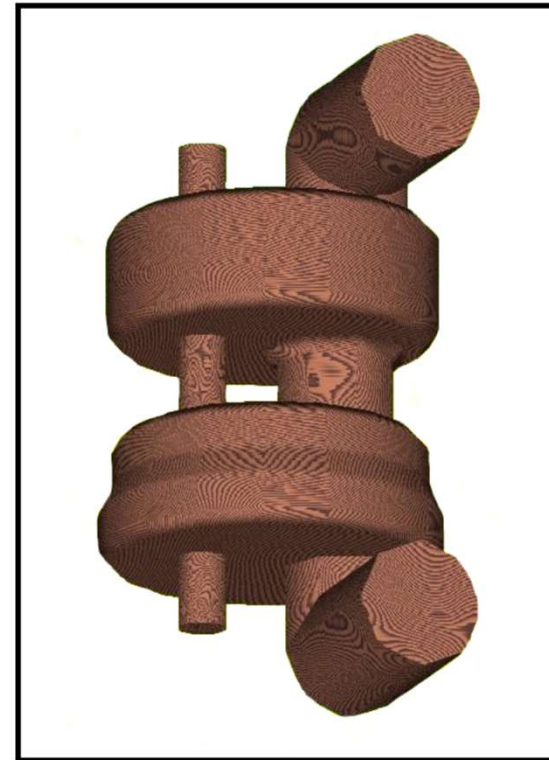




## Posizionamento alimentatori

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

piano di separazione



2 materozze laterali, a cielo aperto



## Dimensionamento del sistema di alimentazione

Obiettivo: determinare forma e dimensioni della materozza

si usa il diagramma di Caine (sperimentale)

$$X = \frac{M_m}{M_g}$$

tempo di solidificazione relativo

Modulo dell'ultima parte a  
solidificare prima della materozza

$$M_g = \text{Max}_i M_i$$

$$Y = \frac{V_m}{V_g}$$

volume relativo

Volume del getto

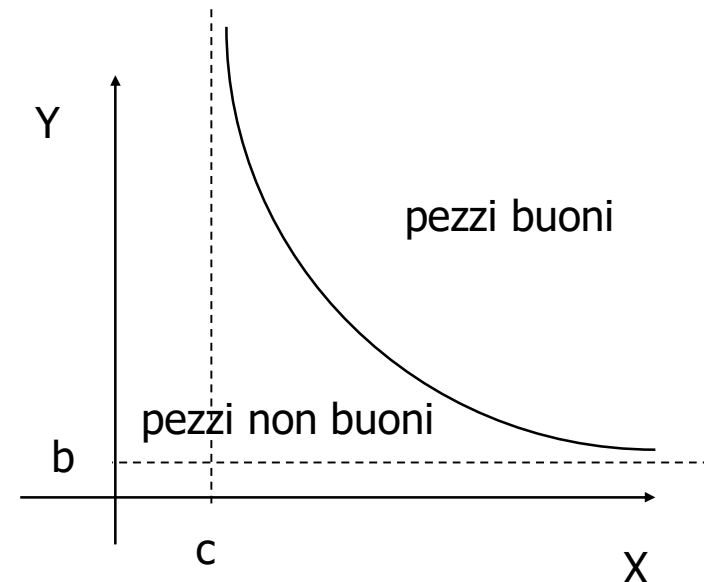


Diagramma di Caine



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

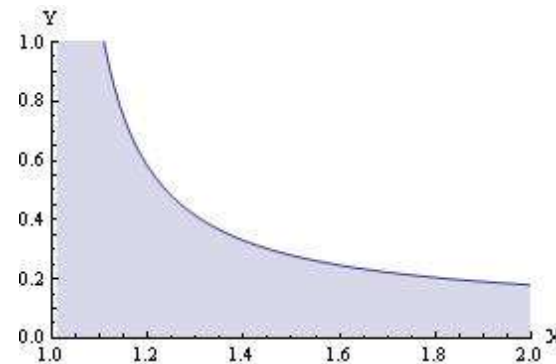
oppure  $X \geq \frac{a}{Y-b} + c$

$b$  = ritiro in fase liquida rappresenta il minimo valore di  $y$  quando  $x \rightarrow \infty$

$c$  = costante che dipende dalle condizioni relative di smaltimento di calore fra getto e materozza (=1 se uguali)

$a$  = costante sperimentale dipendente dal materiale da colare ( $\approx 0.1$ )

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 0.1 \\ c = 1.0 \\ b = 8\% \end{array} \right. \longrightarrow$$







## 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

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

$$V_g = 6949$$

$$N_{mat} = 2$$

$$H_{staffa} = 160$$

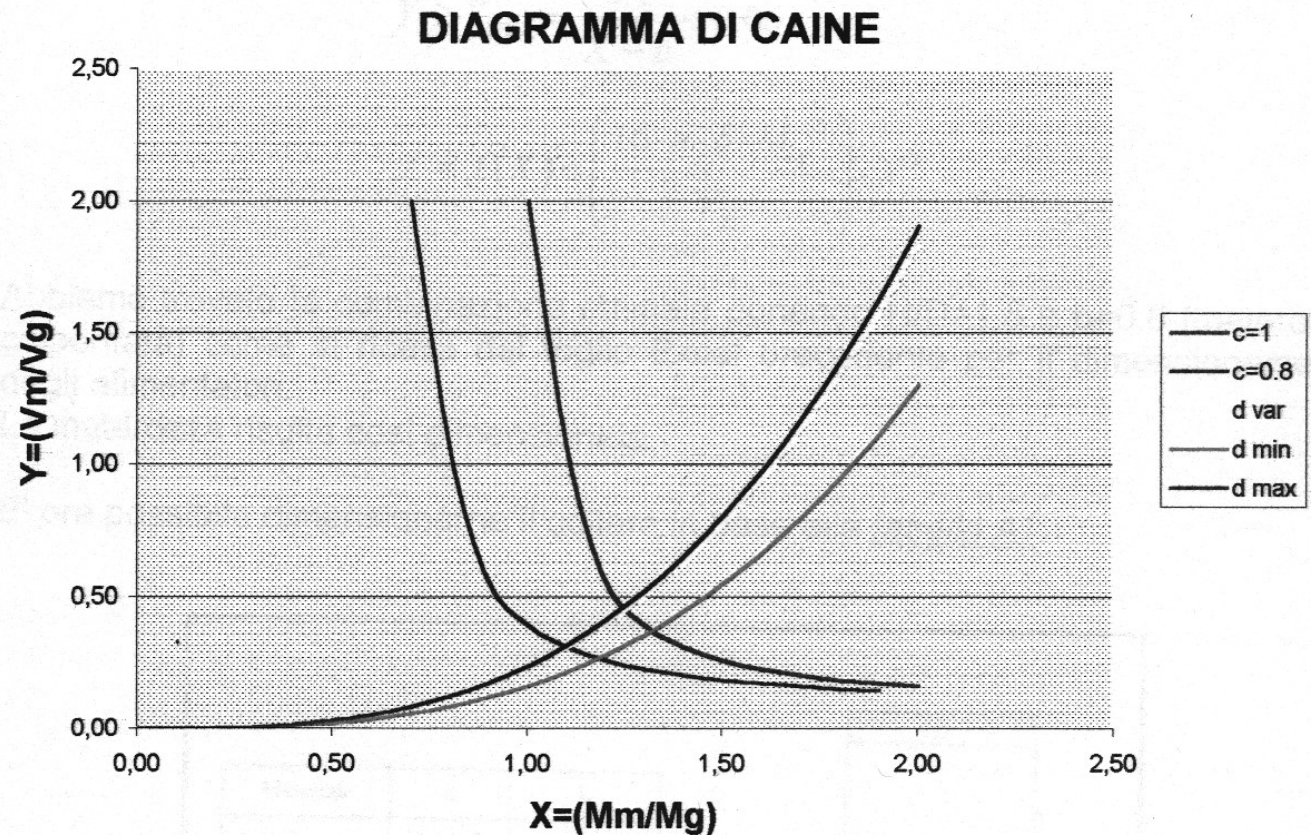
$$H_{getto} = 140 \text{ (non serve in  
quanto la materozza  
è laterale)}$$

coibentate

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



Soluzione grafica





Portate d'anima

Protuberanze nel modello che lascino una cavità dove possa appoggiarsi l'anima

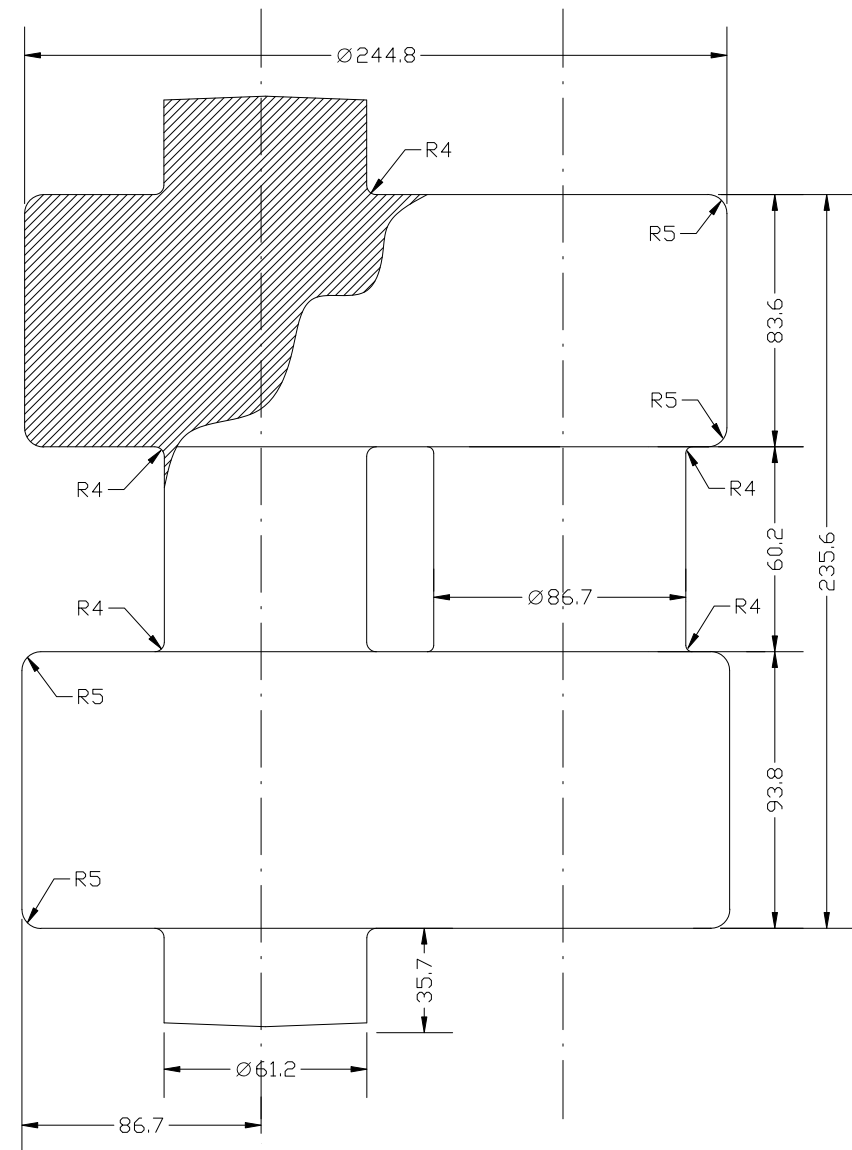
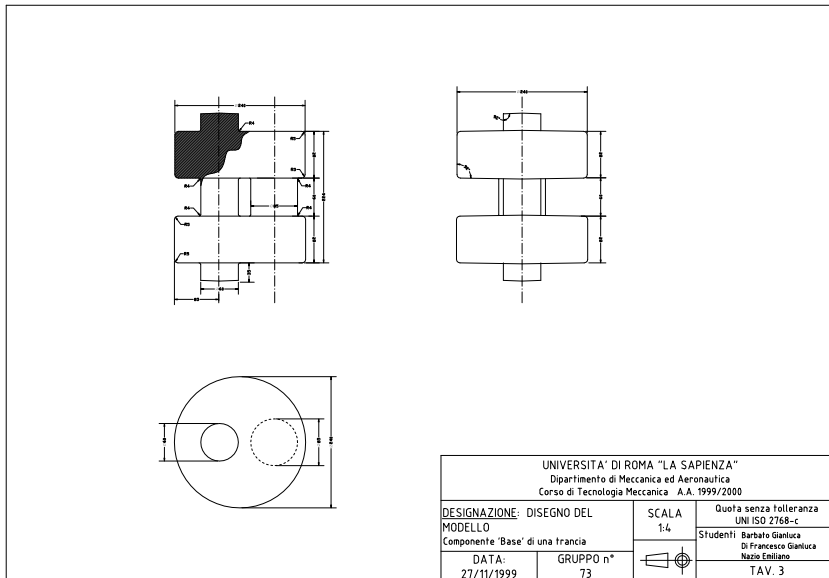
diametro = diametro dell'anima

lunghezza = 0.2-0.3 lunghezza dell'anima

eventuali supporti se troppo lunghe e/o sottili (snelle?)



## Il disegno del modello

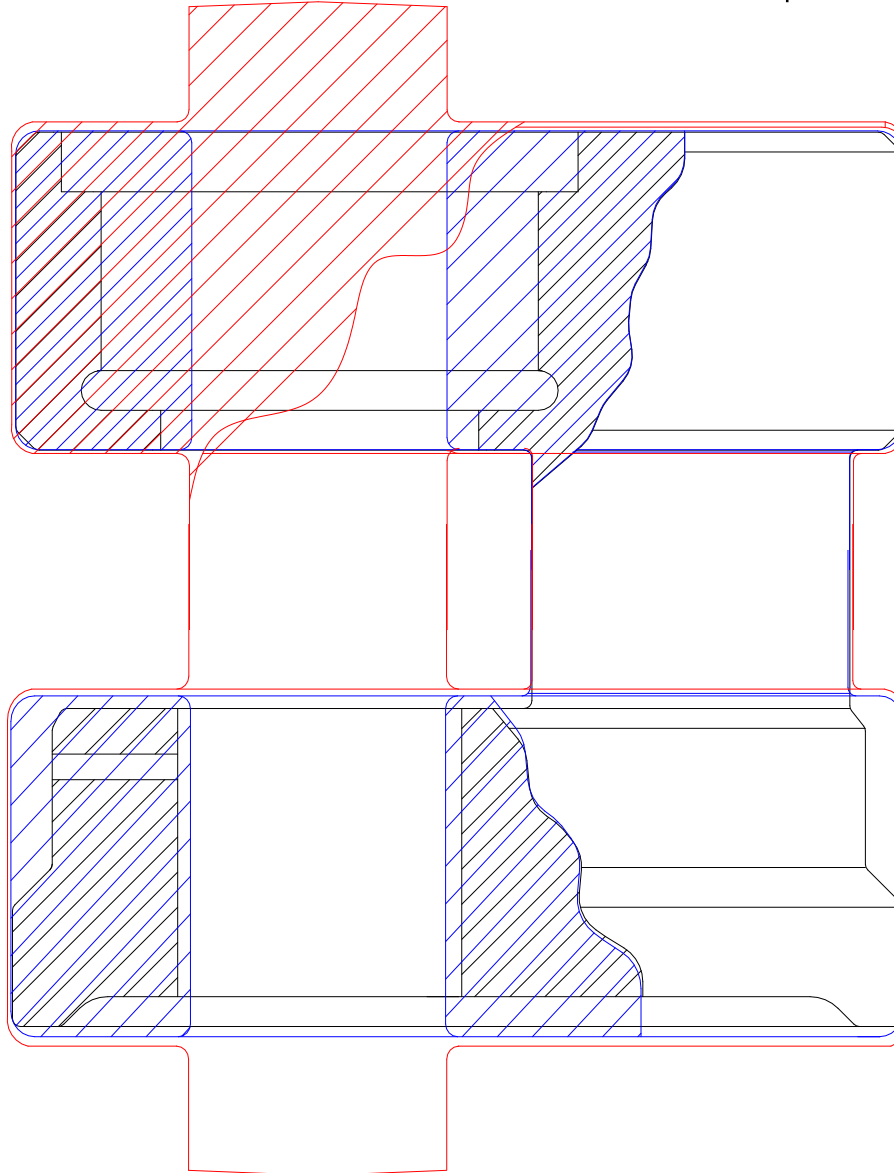




Disegno del finito

Disegno del grezzo

Disegno del modello



## 4. Dal modello alla forma

preparazione della terra

composizione della terra

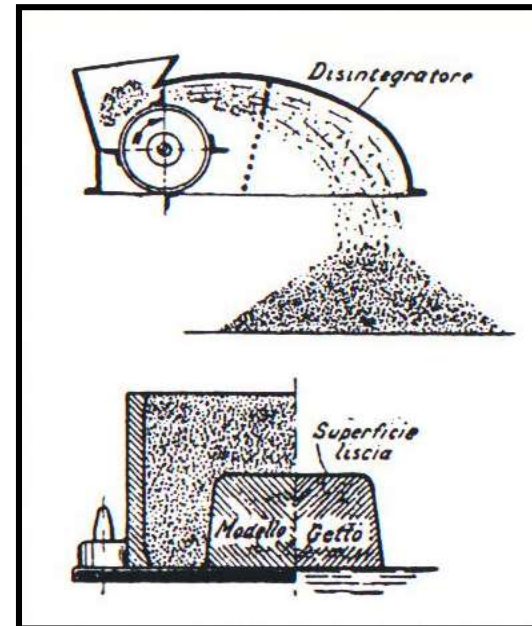
terra Refrancore media	55%
terra Refrancore fine	20%
sabbia Boves	20%
umidità	5%

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



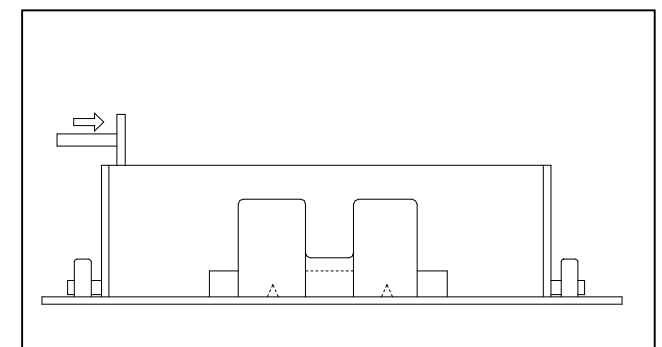
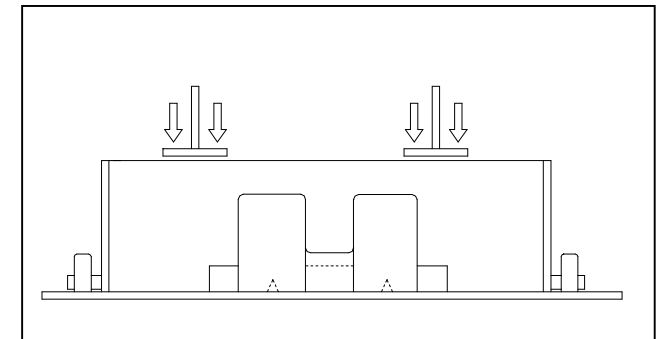
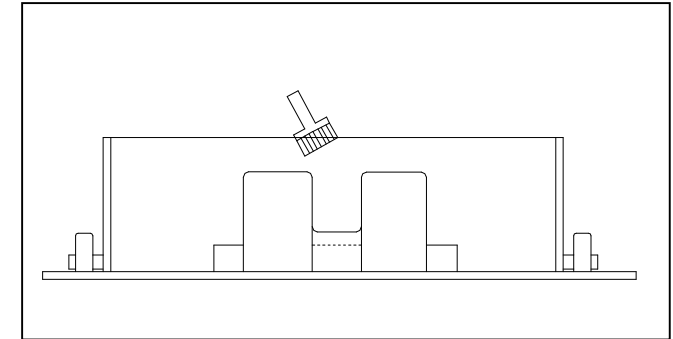


## preparazione delle staffe

Il semimodello è realizzato in legno di acero (densità pari a  $0.60\text{g/cm}^3$ ).  
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  $1.8\text{Kg/dm}^3$  circa.  
La compressione non deve essere eccessiva per non compromettere  
la permeabilità della terra.

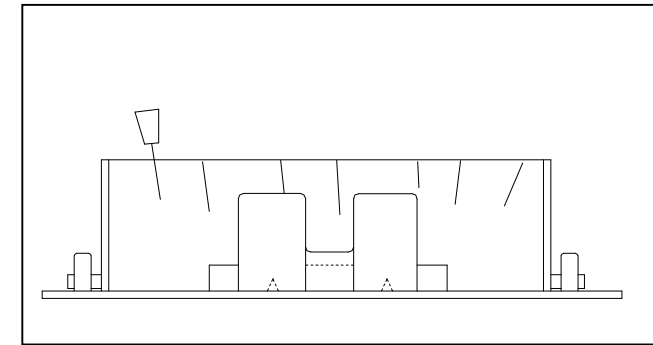
Una volta completamente riempita la staffa e compattata la terra  
si procede a spianare la superficie superiore per rimuovere la terra  
in eccesso.



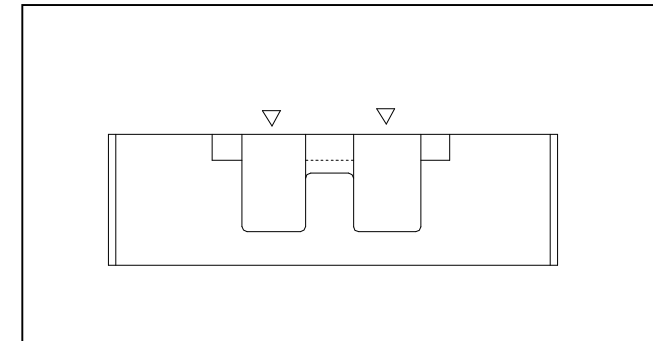




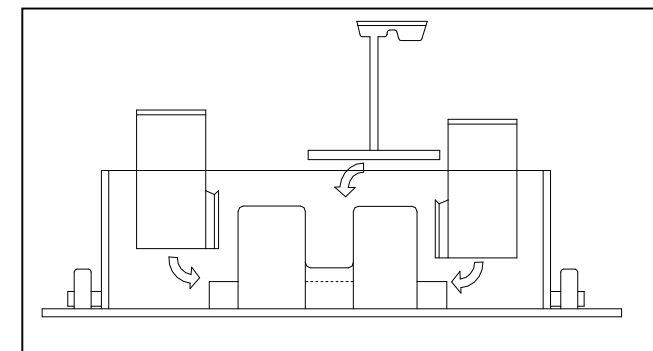
Vengono realizzate le tirate d'aria per ottenere un sufficiente drenaggio dei vapori che si producono durante la colata del metallo liquido nella forma; le tirate sono realizzate con dei particolari aghi metallici del diametro di 2mm circa.



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

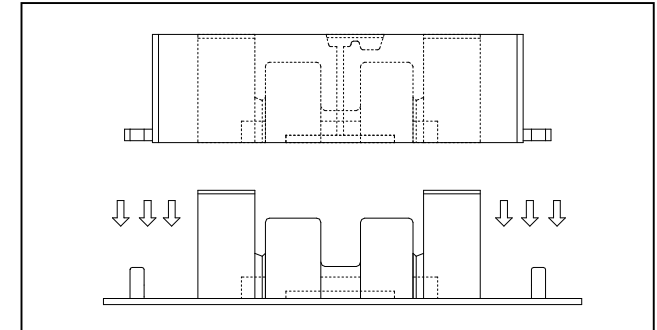


Vengono effettuate le stesse operazioni per il semimodello superiore. Il centraggio delle staffe è garantito dai particolari riferimenti con bussole su di essi (vedi tabella A12). La superficie viene cosparsa di polvere di carbone distaccante (nero di fonderia). Vengono inseriti i modelli degli alimentatori 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.



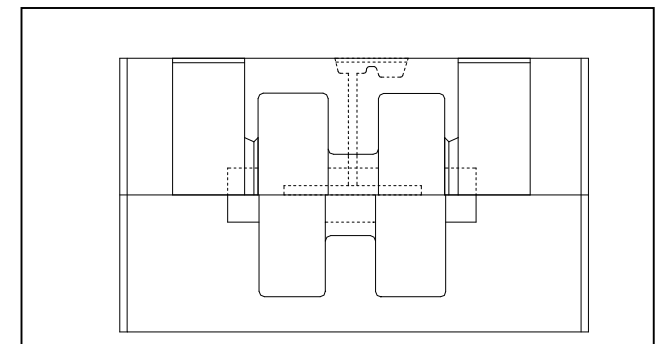


Vengono, in successione, utilizzati compattatori, spianatori e siringhe per le tirate d'aria. Vengono estratti i modelli degli alimentatori e del sistema di colata.



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.





## 5. Dalla forma al prodotto finale

Fusione e colata

Distaffaggio

Lavorazioni finali

Trattamenti termici

Organizzazione della zona di lavoro

Stima dei costi

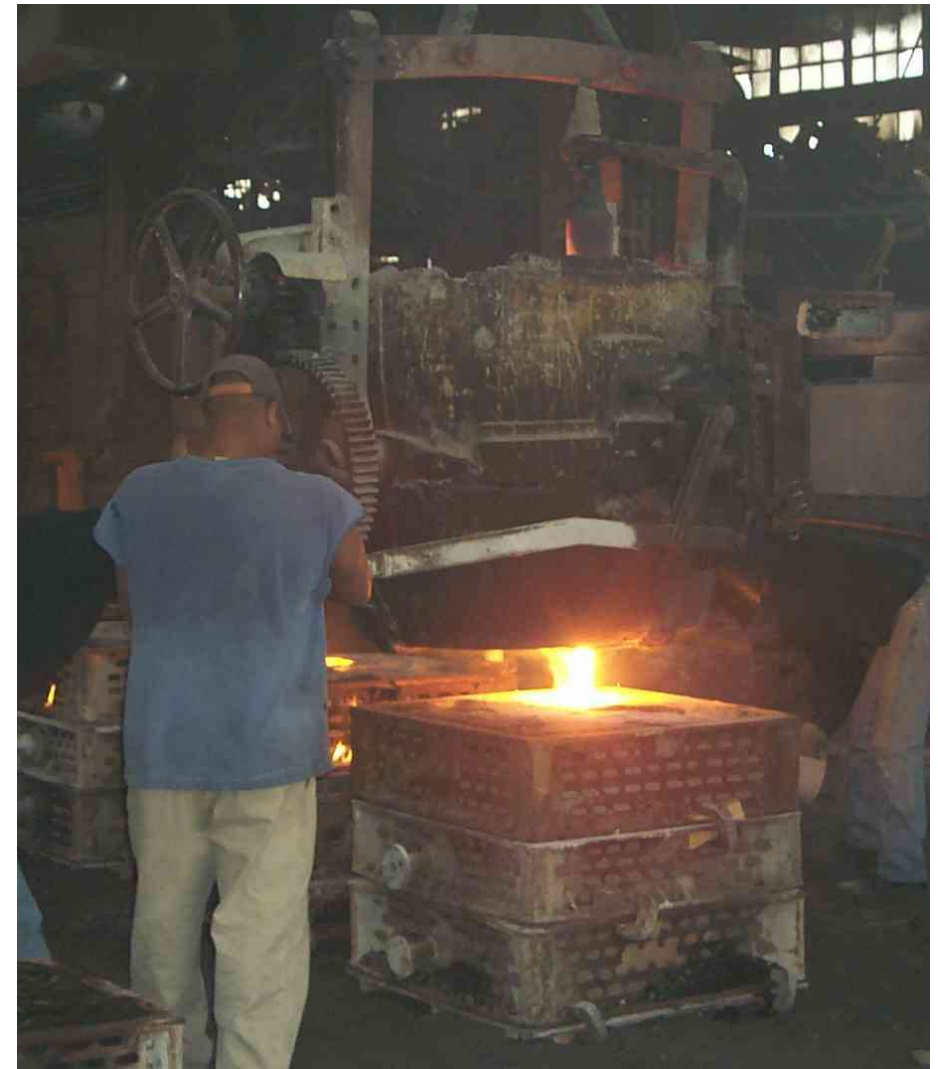


## Fusione dell'acciaio





## Colata





## Colata nelle forme





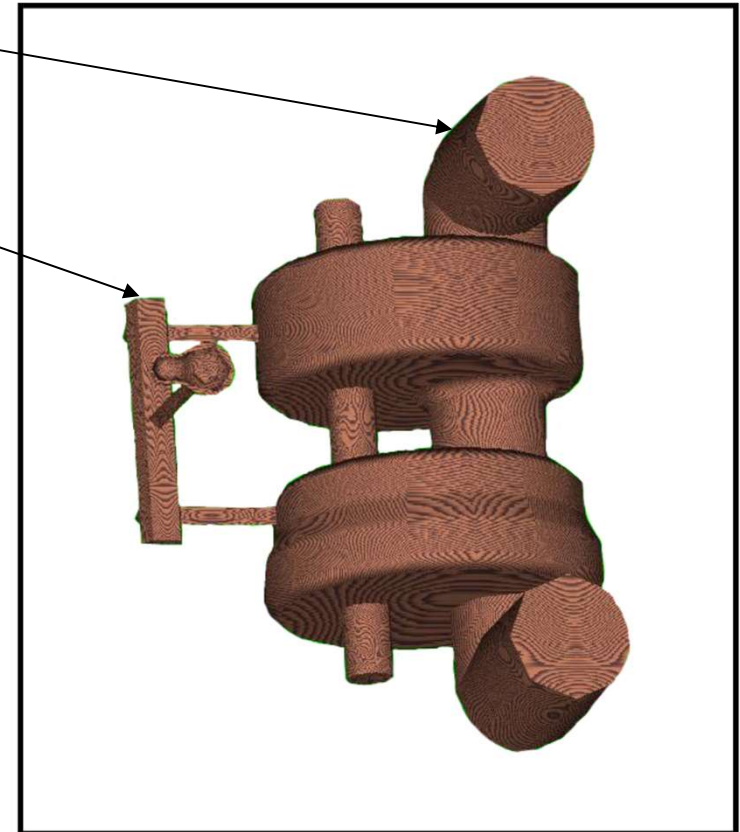
Distaffaggio





## Rimozione canali di colata e materozze

Taglio con cannello ossiacetilenico  
o con segagione







Pulitura bave

sabbiatrice



smerigliatrice





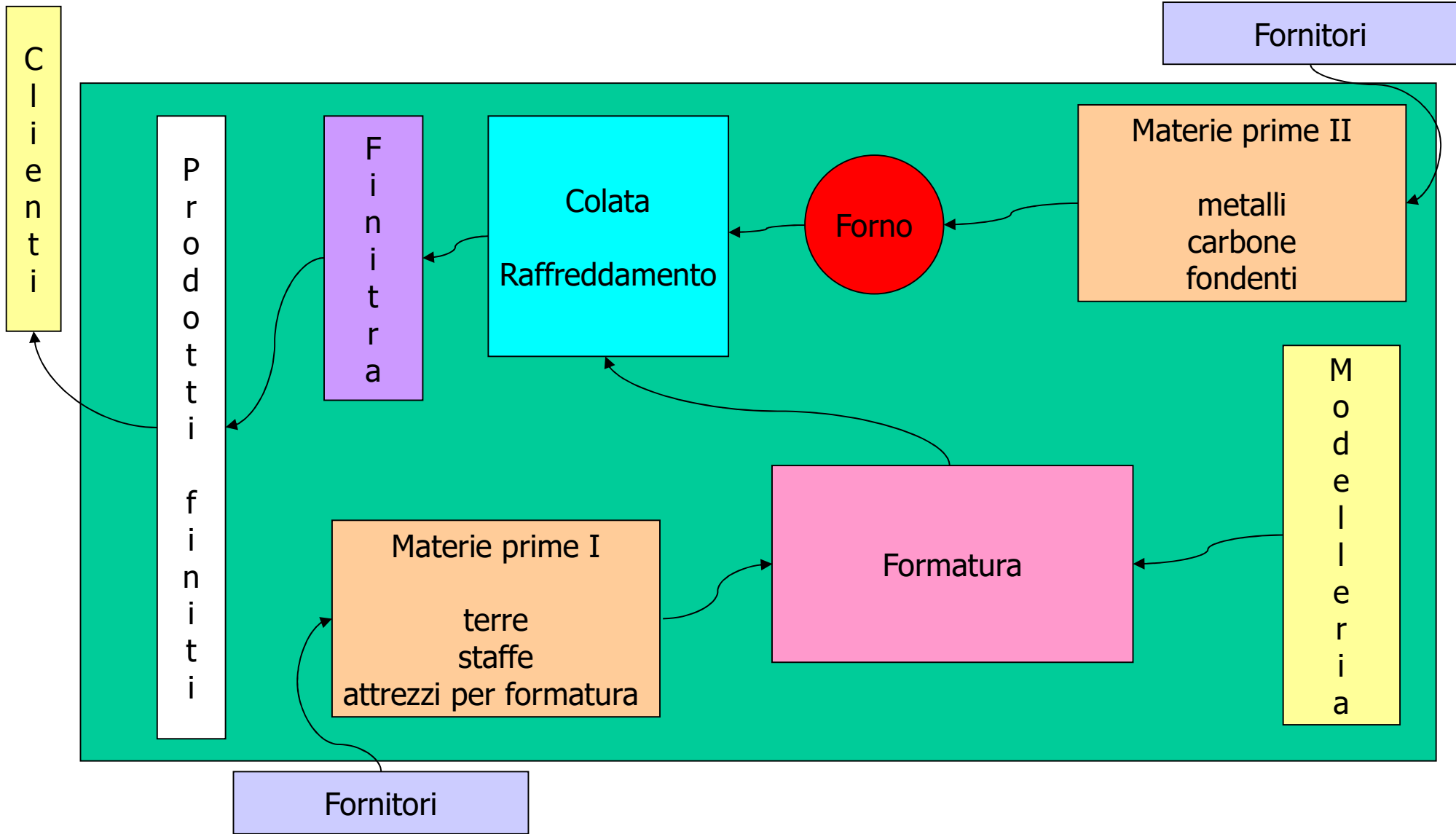
## Trattamenti termici di lavorabilità prima delle macchine utensili





## Disposizione delle macchine all'interno del reparto di produzione







## Stima dei 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	diretti
- finitura del getto	
- materiali e consumi secondari	
- realizzazione modello	
- stoccaggio materiali spedizione e vendita	indiretti
- amministrazione	



## 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 [kWh]	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	<u>760 L/kg</u>



## 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	=

formula alternativa

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

1 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 <sup>3</sup>	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