

CICLO DI FUSIONE
Part. n° 1: “Basamento”

Osservazioni generali sul pezzo

Il pezzo oggetto dello studio è il Part. n° 1 denominato “Basamento” del complessivo “Stativo per comparatore”.

Il particolare in esame ha dimensione massima di 146 mm e spessore non costante. La quantità di pezzi da produrre è di 500 e il materiale scelto è la ghisa grigia la cui denominazione è G100 (peso specifico $\gamma=7,8$ kg/dm³).

Ad una prima vista è stato possibile prevedere che i “punti caldi” che dovranno essere protetti dalle materozze si concentreranno nella zona in corrispondenza dei due fori di diametro 20 mm in prossimità del cambio di spessore.

Tuttavia i due fori di diametro 20 mm e i tre fori passanti di diametro 7 mm, date le loro dimensioni e dato che il procedimento di fusione avviene in terra da fonderia, verranno eseguiti alle macchine utensili dopo la fusione del greggio.

Nello studio della fusione del presente pezzo è doveroso tenere conto delle superfici che andranno successivamente lavorate, vale a dire quelle di appoggio e quelle dove alloggeranno la colonnetta e il piano d'appoggio, rispettivamente particolari 11 e 17.

Progetto del modello

Data la geometria del pezzo è sembrato opportuno scegliere quale piano di divisione il piano passante per la superficie inferiore di appoggio.

Avendo scelto opportunamente il piano di divisione non ci sono superfici del pezzo critiche per la sformatura; infatti non abbiamo superfici ortogonali al piano di divisione.

L'unica superficie ortogonale al piano di divisione, e quindi critica per la sformatura, è quella laterale della materozza. Quindi è necessario utilizzare un modello scomponibile e prevedere per la materozza angoli di sformo (1°).

Già a livello di progetto sono stati previsti raggi di raccordo per evitare difetti nel pezzo fuso. Ulteriori raggi di raccordo si renderanno necessari nelle parti di sovrametalli.

Infatti le superfici che alloggeranno la colonnetta, il piano d'appoggio e la superficie inferiore di appoggio necessitano di una lavorazione successiva al processo di fusione. È quindi opportuno prevedere dei sovrametalli che andranno poi asportati durante il ciclo di lavorazione.

Per valutare i sovrametalli è stata consultata la tabella 4.5 del libro di testo del corso: SANTOCHI-GIUSTI "Tecnologia meccanica e studi di fabbricazione".

Quote nominali di riferimento (mm)	MASSIMA DIMENSIONE DEL PEZZO (mm)			
	≤250	250 + 630	630 + 1600	>1600
≤16	4	4,5	5	7
16 + 25	4	4,5	5	7
25 + 40	4,5	4,5	5,5	7
40 + 63	4,5	5	5,5	7,5
63 + 160	5	5	6	8
160 + 250	6	6	7	8,5
250 + 400	-	7	7,5	9,5
400 + 630	-	7,5	8,5	10,5
630 + 1000	-	-	9,5	11,5
1000 + 1600	-	-	11,5	13,5
1600 + 2500	-	-	-	15,5
2500 + 4000	-	-	-	19

Il sovrametallo delle superficie di partenza si considera uguale a 2 mm per pezzi con una dimensione massima inferiore a 250 mm; si considera uguale a 3 mm per pezzi con dimensione massima maggiore di 250 mm.

Tab. 4.5

Inoltre bisogna tenere conto del ritiro della lega fusa: tutte le quote devono essere corrette tenendo conto del coefficiente di ritiro lineare del materiale scelto per la fusione. A tal fine è stata consultata la tabella 4.1.

MATERIALI	RITIRO % ⁽²⁾		
	Getti piccoli ⁽¹⁾	Getti medi ⁽¹⁾	Getti grandi ⁽¹⁾
Ghise grige	1	0,85	0,7
Ghise malleabili	1,4	1	0,75
Ghise legate	1,3	1,05	0,35
Acciaio	2	1,5	1,2
Alluminio e leghe	1,6	1,4	1,3
Bronzi	1,4	1,2	1,2
Ottoni	1,8	1,6	1,4
Leghe di magnesio	1,4	1,3	1,1

(1) I «getti piccoli» comprendono getti con una dimensione max < 500 mm; i «getti medi» comprendono getti con una dimensione massima compresa tra 500 e 1000 mm; i «getti grandi» comprendono getti con una dimensione massima < 1000 mm.
(2) Il ritiro delle cavità è in genere un po' minore (5-10%) rispetto a quello delle superfici esterne a causa della resistenza che oppongono le anime alla libera contrazione del metallo.

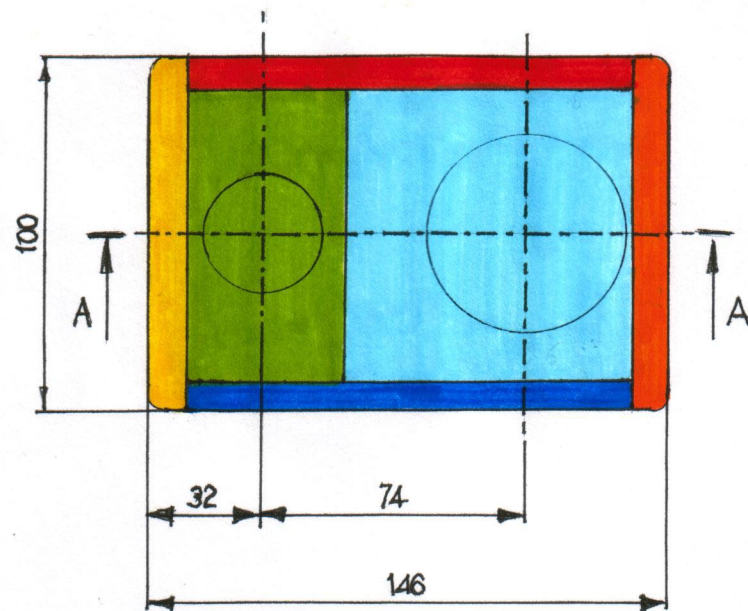
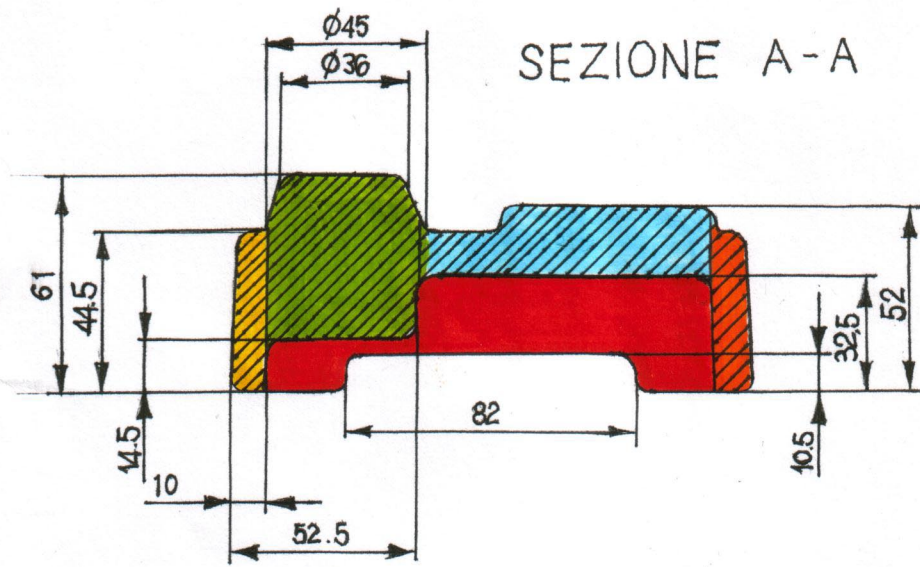
Tab. 4.1

Studio della solidificazione

Al fine di valutare la solidificazione direzionale, quindi per capire dove posizionare le materozze, è stato idealmente suddiviso il pezzo in parti semplici e ne sono stati calcolati i moduli di raffreddamento.

Nel calcolo dei moduli di raffreddamento sono state considerate le dimensioni del pezzo freddo , cioè si è trascurato il coefficiente di ritiro volumetrico.

CALCOLO DEI MODULI DI RAFFREDDAMENTO



Zona 1 (giallo):

$$V_1 = 10 \cdot 100 \cdot 44.5 = 44500 \text{ mm}^3$$

$$S_1 = 10 \cdot 100 + 10 \cdot 100 + 10 \cdot 44.5 + 44.5 \cdot 10 + 44.5 \cdot 100 + 14.5 \cdot 100 = 8790 \text{ mm}^2$$

$$M_1 = \frac{V_1}{S_1} = 5 \text{ mm}$$

Zona 2 (arancione):

$$V_2 = 10 \cdot 100 \cdot 44.5 = 44500 \text{ mm}^3$$

$$S_2 = 10 \cdot 100 + 10 \cdot 100 + 10 \cdot 44.5 + 10 \cdot 44.5 + 44.5 \cdot 100 + 32.5 \cdot 100 = 10590 \text{ mm}^2$$

$$M_2 = \frac{V_2}{S_2} = 4.20 \text{ mm}$$

Zona 3 (blu):

$$V_3 = (126 \cdot 44.5 \cdot 10) - (10 \cdot 82 \cdot 10.5) = 47460 \text{ mm}^3$$

$$S_3 = (126 \cdot 44.5) + (126 \cdot 44.5 - 83.5 \cdot 32.5 - 45 \cdot 30) + 10 \cdot 126 + 10 \cdot 126 = 8519.25 \text{ mm}^2$$

$$M_3 = \frac{V_3}{S_3} = 5.57 \text{ mm}$$

Zona 4 (rosso):

La zona 4 è uguale alla zona 3 per cui

$$V_4 = 47460 \text{ mm}^3$$

$$S_4 = 8519.25 \text{ mm}^2$$

$$M_4 = \frac{V_4}{S_4} = 5.57 \text{ mm}$$

Zona 5 (verde):

$$V_5 = 42.5 \cdot 30 \cdot 80 + \pi \cdot 20^2 \cdot 16.5 = 122734.51 \text{ mm}^3$$

$$S_5 = 42.5 \cdot 80 + 18 \cdot 80 + 2 \pi \cdot 20 \cdot 16.5 + \pi \cdot 20^2 = 8170.1 \text{ mm}^2$$

$$M_5 = \frac{V_5}{S_5} = 15 \text{ mm}$$

Zona 6 (azzurro):

$$V_6 = 83.5 \cdot 80 \cdot 10 + \pi \cdot 30^2 \cdot 7.5 = 88005.75 \text{ mm}^3$$

$$S_6 = 83.5 \cdot 80 + 83.5 \cdot 80 + 2 \cdot \pi \cdot 30 \cdot 7.5 = 14773.72 \text{ mm}^2$$

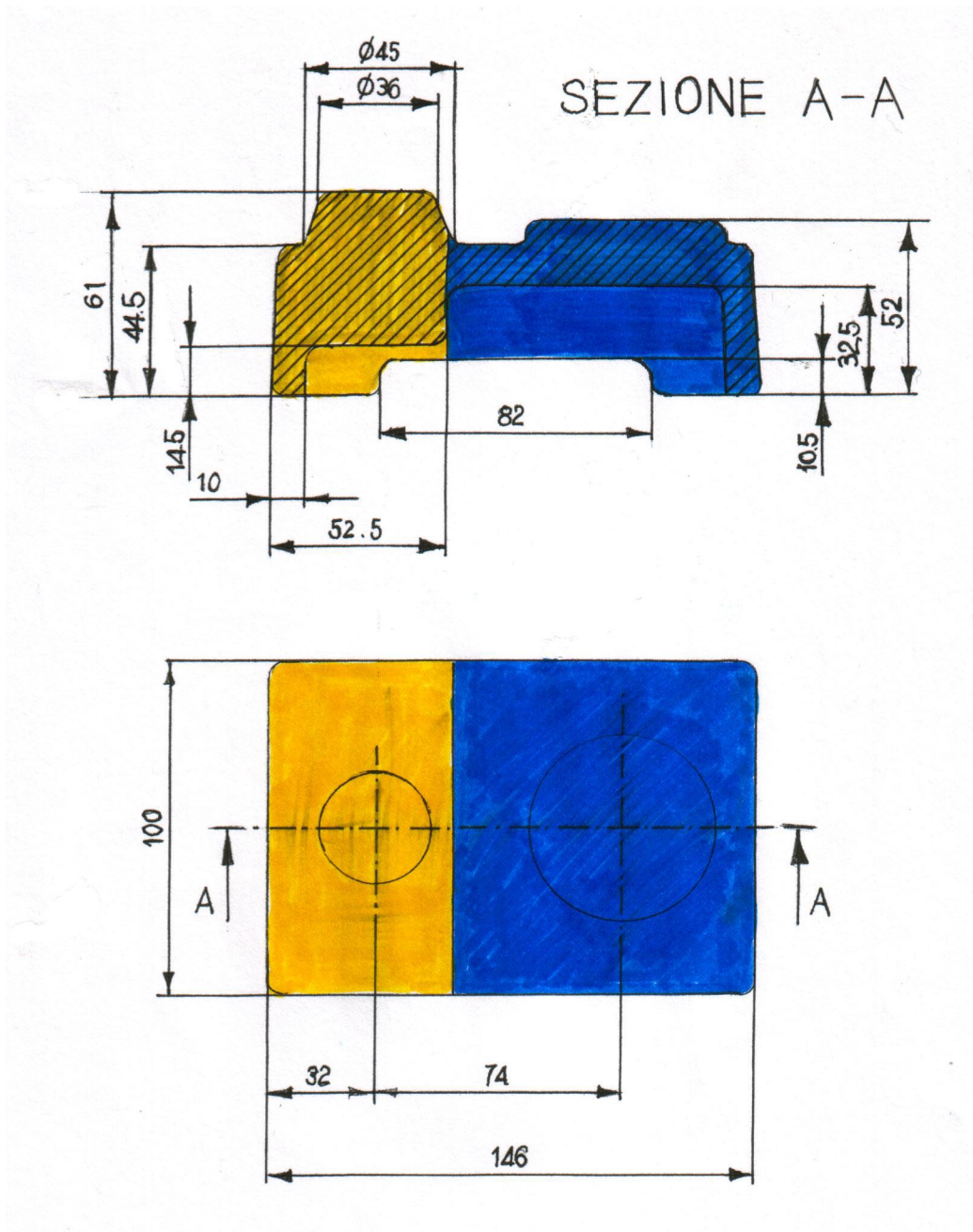
$$M_6 = \frac{V_6}{S_6} = 5.96 \text{ mm}$$

Dimensionamento e posizionamento delle materozze

In base ai calcoli effettuati è possibile prevedere che i punti caldi e di conseguenza i punti dove andranno posizionate le materozze sono quelli in corrispondenza delle superfici dove alloggeranno la colonnetta e il piano d'appoggio, rispettivamente particolari 11 e 17, zone 5 e 6.

Il dimensionamento delle materozze è stato effettuato con il metodo del Caine.

Le materozze scelte sono cilindriche a cielo aperto.



Il pezzo è stato idealmente suddiviso in due parti, ciascuna delle quali è alimentata da una materozza.

Calcolo il modulo di raffreddamento della parte sinistra (colore giallo)

$$\begin{aligned}
 V_S &= \pi \cdot 20^2 \cdot 16.5 + 30 \cdot 45 \cdot 80 + 10 \cdot 100 \cdot 44.5 + \\
 &\quad + 2 \cdot (42.5 \cdot 44.5 \cdot 10 - 22.5 \cdot 10.5 \cdot 10) = \\
 &= 206335 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$S_S = 44.5 \cdot 100 + 10 \cdot 100 + 14.5 \cdot 80 + 42.5 \cdot 80 + 18 \cdot 80 + 100 \cdot 52.5 +$$

$$\begin{aligned}
& + 2 \cdot \pi \cdot 20 \cdot 16.5 + 2 \cdot (52.5 \cdot 44.5 - 22.5 \cdot 10.5) + 2 \cdot (10 \cdot 42.5) + \\
& + 2 \cdot (10.5 \cdot 10) = \\
& = 24034 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$M_S = \frac{V_S}{S_S} = 8.6 \text{ mm}$$

Calcolo del modulo di raffreddamento della parte destra (colore blu)

$$\begin{aligned}
V_D &= 10 \cdot 100 \cdot 44.5 + \pi \cdot 30^2 \cdot 7.5 + (146 - 62.5) \cdot 12 \cdot 80 + \\
& + 2 \cdot [(146 - 62.5) \cdot 47.5 \cdot 10 - (82 - 22.5) \cdot 10.5 \cdot 10] = \\
& = 212696 \text{ mm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_D &= 44.5 \cdot 100 + 2 \cdot [(146 - 52.5) \cdot 44.5 - 10.5 \cdot (82 - 22.5)] + 32.5 \cdot 80 + \\
& + 2 \cdot [32.5 \cdot (146 - 62.5) - 10.5 \cdot (82 - 22.5)] + 100 \cdot (146 - 52.5) + \\
& + 2 \cdot \pi \cdot 30 \cdot 7.5 + 80 \cdot (146 - 62.5) + 100 \cdot 10 + \\
& + 2 \cdot [(146 - 52.5) \cdot 10] + 2 \cdot (10.5 \cdot 10) = \\
& = 38824 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$M_D = \frac{V_D}{S_D} = 5.5 \text{ mm}$$

PARTE DESTRA :

$$X = \frac{0.1}{Y - 2} + 1$$

$$V_P = 212696 \text{ mm}^3$$

$$M_P = 5.5 \text{ mm}$$

- STEP 0

$$V_M = 0.1 \cdot V_P = 21270 \text{ mm}^3$$

$$D = (V_M / 1.18)^{1/3} = 26.22 \text{ mm}$$

$$M_M = (V_M / 179)^{1/3} = 4.9 \text{ mm}$$

$$X = M_M / M_P = 4.9 / 5.5 = 0.89$$

$$Y = V_M / V_P = 0.1$$

$$0.89 < \frac{0.1}{(0.1 - 2)} + 1 = 0.95$$

- STEP 0.05

$$V_M = (0.1 + 0.05) \cdot V_P = 31904.36 \text{ mm}^3$$

$$D = (V_M / 1.18)^{1/3} = 30 \text{ mm}$$

$$M_M = (V_M / 179)^{1/3} = 5.63 \text{ mm}$$

$$X = M_M / M_P = 5.63 / 5.5 = 1.02$$

$$Y = V_M / V_P = 0.15$$

$$1.02 > \frac{0.1}{(0.15 - 2)} + 1 = 0.95$$

→ per la materozza che alimenta la parte destra

$$V_{mD} = 31905 \text{ mm}^3$$

$$D_{mD} = 30 \text{ mm};$$

$$H_{mD} = 45 \text{ mm};$$

PARTE SINISTRA:

$$X = \frac{0.1}{Y - 2} + 1$$

$$V_P = 206335 \text{ mm}^3$$

$$M_P = 8.58 \text{ mm}$$

- STEP 0

$$V_M = 0.1 \cdot V_P = 20633.45 \text{ mm}^3$$

$$D = (V_M / 1.18)^{1/3} = 25.96 \text{ mm}$$

$$M_M = (V_M / 179)^{1/3} = 4.87 \text{ mm}$$

$$X = M_M / M_P = 0.57 \text{ mm}$$

$$Y = V_M / V_P = 0.1$$

$$0.57 < \frac{0.1}{(0.1 - 2)} + 1 = 0.95$$

- STEP = 0 + 0.05 = 0.05

$$V_M = 0.15 \cdot V_P = 30950.18 \text{ mm}^3$$

$$D = (V_M / 1.18)^{1/3} = 29.71 \text{ mm}$$

$$M_M = (V_M / 179)^{1/3} = 5.57 \text{ mm}$$

$$X = M_M / M_P = 0.67 \text{ mm}$$

$$Y = V_M / V_P = 0.15$$

$$0.67 < \frac{0.1}{(0.15 - 2)} + 1 = 0.94$$

- STEP = 0.05 + 0.05 = 0.1

$$V_M = (0.1 + 0.1) \cdot V_P = 41267 \text{ mm}^3$$

$$D = (V_M / 1.18)^{1/3} = 32.7 \text{ mm}$$

$$M_M = (V_M / 179)^{1/3} = 6.13 \text{ mm}$$

$$X = M_M / M_P = 0.71 \text{ mm}$$

$$Y = V_M / V_P = 0.2$$

$$0.7 < \frac{0.1}{(0.2 - 2)} + 1 = 0.94$$

- STEP = 0.1 + 0.05 = 0.15

$$V_M = (0.1 + 0.15) \cdot V_P = 51583.63 \text{ mm}^3$$

$$D = (V_M / 1.18)^{1/3} = 35.28 \text{ mm}$$

$$M_M = (V_M / 179)^{1/3} = 6.61 \text{ mm}$$

$$X = M_M / M_P = 0.77$$

$$Y = V_M / V_P = 0.25$$

$$0.77 < \frac{0.1}{(0.25 - 2)} + 1 = 0.94$$

- STEP = 0.15 + 0.05 = 0.2

$$V_M = (0.1 + 0.2) \cdot V_P = 61900.35 \text{ mm}^3$$

$$D = (V_M / 1.18)^{1/3} = 37.43 \text{ mm}$$

$$M_M = (V_M / 179)^{1/3} = 7.02 \text{ mm}$$

$$X = M_M / M_P = 0.82$$

$$Y = V_M / V_P = 0.3$$

$$0.82 < \frac{0.1}{(0.3 - 2)} + 1 = 0.94$$

- $STEP = 0.2 + 0.05 = 0.25$

$$V_M = (0.1 + 0.25) \cdot V_P = 7212.08 \text{ mm}^3$$

$$D = (V_M / 1.18)^{1/3} = 39.4 \text{ mm}$$

$$M_M = (V_M / 179)^{1/3} = 7.34 \text{ mm}$$

$$X = M_M / M_P = 0.86$$

$$Y = V_M / V_P = 0.35$$

$$0.86 < \frac{0.1}{(0.35 - 2)} + 1 = 0.94$$

- $STEP = 0.25 + 0.05 = 0.3$

$$V_M = (0.1 + 0.3) \cdot V_P = 82533.8 \text{ mm}^3$$

$$D = (V_M / 1.18)^{1/3} = 41.2 \text{ mm}$$

$$M_M = (V_M / 179)^{1/3} = 7.73 \text{ mm}$$

$$X = M_M / M_P = 0.9$$

$$Y = V_M / V_P = 0.4$$

$$0.9 < \frac{0.1}{(0.4 - 2)} + 1 = 0.938$$

- $STEP = 0.3 + 0.05 = 0.35$

$$V_M = (0.1 + 0.35) \cdot V_P = 92850.53 \text{ mm}^3$$

$$D = (V_M / 1.18)^{1/3} = 42.85 \text{ mm}$$

$$M_M = (V_M / 179)^{1/3} = 8.03 \text{ mm}$$

$$X = M_M / M_P = 0.936$$

$$Y = V_M / V_P = 0.45$$

$$0.936 > \frac{0.1}{(0.45 - 2)} + 1 = 0.935$$

→ per la materozza che alimenta la parte sinistra

$$V_{mS} = 92851 \text{ mm}^3$$

$$D_S = 43 \text{ mm};$$

$$H_S = 65 \text{ mm};$$

Dal momento che le due materozze devono avere la stessa altezza sovradimensioniamo quella di altezza 45 mm aggiungendo un'ulteriore quantità di lega fusa.

$$V_{\text{extra}} = \Delta H \cdot \pi \cdot D^2 / 4 = 31 \cdot \pi \cdot 30^2 / 4 = 21913 \text{ mm}^3$$

Quindi il volume totale della materozza è

$$V_{mD} = 31905 + 21913 = 53818 \text{ mm}^3$$

Dimensionamento dei collari d'attacco

$$d_{mS} = 0.66 \cdot D_S = 28 \text{ mm}$$

$$L_{mS} = 0.16 \cdot D_S = 7 \text{ mm}$$

$$d_{mD} = 0.66 \cdot D_D = 20 \text{ mm}$$

$$L_{mD} = 0.16 \cdot D_D = 5 \text{ mm}$$

Progettazione del sistema di colata

In base alla scelta del piano di divisione è stata prevista la presenza dei due attacchi di colata posizionati come illustrato nel disegno quotato del greggio con materozze ed attacchi di colata.

$$V_{\text{tot}} = V_D + V_S + V_{mS} + V_{mD} = 212696 + 206335 + 92851 + 53818 = \\ = 565700 \text{ mm}^3 \approx 0.56 \text{ dm}^3$$

$$G = \gamma \cdot V_{\text{tot}} = 7,8 \text{ kg/dm}^3 \cdot 0.56 \text{ dm}^3 = 4.37 \text{ kg}$$

$$T_1 = 3.2 \cdot G^{1/2} = 7 \text{ s}$$

$$T_2 = 0.32 \cdot S \cdot G^{0.4} = 0.32 \cdot 26 \cdot 4.35^{0.4} = 15 \text{ s}$$

$$T_m = (T_1 + T_2)/2 = 11 \text{ s}$$

$$v = (2 \cdot g \cdot h)^{1/2} = (2 \cdot 9.8 \cdot 0,16)^{1/2} = 1,8 \text{ m/s}$$

$$K = G / T_m = 0.4 \text{ kg/s}$$

$$S_a = K / (v \cdot \gamma) = 2.8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 = \\ = 28 \text{ mm}^2$$

Sono stati scelti due attacchi semicircolari di raggio:

$$R = \sqrt{(S_a / \pi)} = 3 \text{ mm}$$

I suddetti attacchi sono stati posizionati nella semiforma superiore.

La sezione del canale distributore è

$$S_d = 1.5 \cdot S_a = 1.5 \cdot 28 = 42 \text{ mm}^2$$

Le dimensioni di tale sezione sono $9.5 \text{ mm} \times 4.5 \text{ mm}$.

La sezione del canale di colata è

$$S_c = 2.5 \cdot S_a = 2.5 \cdot 28 = 70 \text{ mm}^2$$

Il diametro di tale sezione è 9.44 mm .

Calcolo della spinta metallostatica

$$F = h \cdot \gamma \cdot S =$$

$$= (133 - 44.5) \text{ mm} \cdot 7.8 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^3 \cdot (146 \cdot 100 - \pi \cdot 14^2 - \pi \cdot 10^2) \text{ mm}^3 =$$

$$= 9.44 \text{ kg}$$

Dato che l'altezza totale del getto è 133 mm è stata scelta come staffa superiore la staffa E UNI 6765 – 70 di dimensioni 250*315*160. (Spessore della staffa 6 mm).

$$V_{st} = 250 \cdot 315 \cdot 160 - (250 - 12) \cdot (315 - 12) \cdot 160 = 1061760 \text{ mm}^3$$

$$= 1.06 \text{ d m}^3$$

$$P_{st} = V_{st} \cdot \gamma_{st} = 1.06 \cdot 7.8 = 8.3 \text{ kg}$$

Calcoliamo ora il peso della sabbia

$$V_{sa} = (250 - 12) \cdot (315 - 12) \cdot 160 -$$

$$+ [100 \cdot 146 \cdot 44.5 + \pi \cdot 20^2 \cdot 16.5 + \pi \cdot 30^2 \cdot 7.5 +$$

$$+ \pi \cdot 21.5^2 \cdot (133 - 61 - 7) + \pi \cdot 14^2 \cdot 7 + \pi \cdot 15^2 \cdot (133 - 52 - 5) +$$

$$+ \pi \cdot 10^2 \cdot 5] =$$

$$= 10692604 \text{ mm}^3 = 10.7 \text{ dm}^3$$

$$P_{sa} = V_{sa} \cdot \gamma_{sa} = 10.7 \cdot 1.6 = 17.1 \text{ kg}$$

E' evidente che il peso della staffa unito a quello della sabbia in essa contenuta sono sufficienti a garantire la stabilità della staffa superiore.

