



POMPA A INGRANAGGI

Tecnologia Meccanica

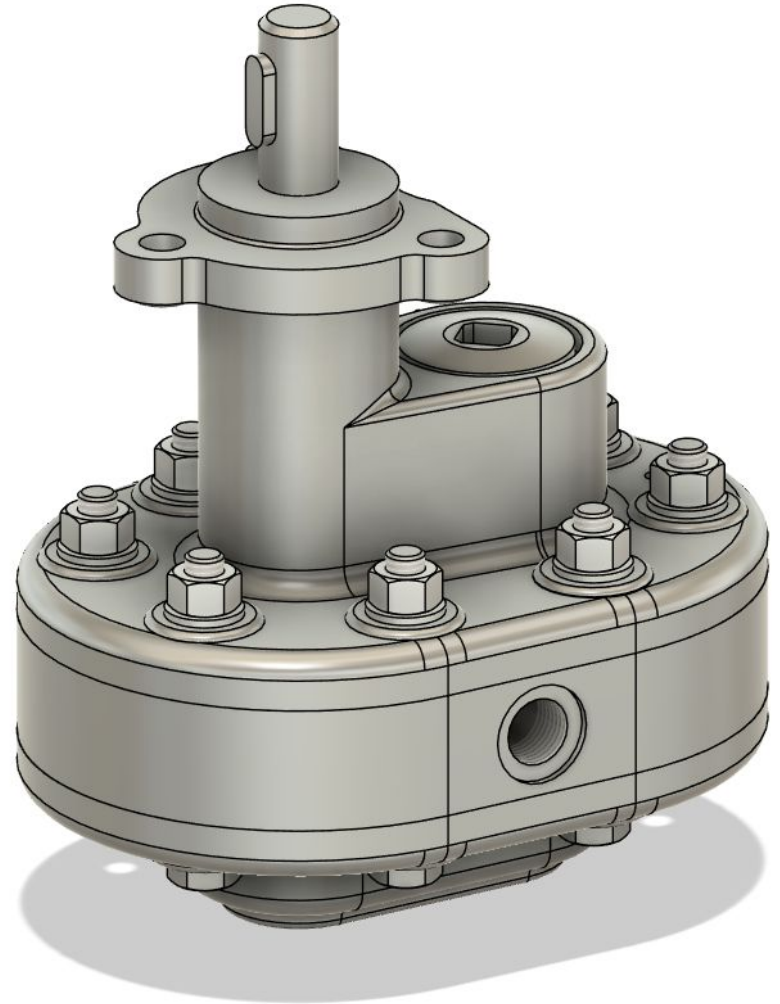
A.A. 2024/2025

Studenti:

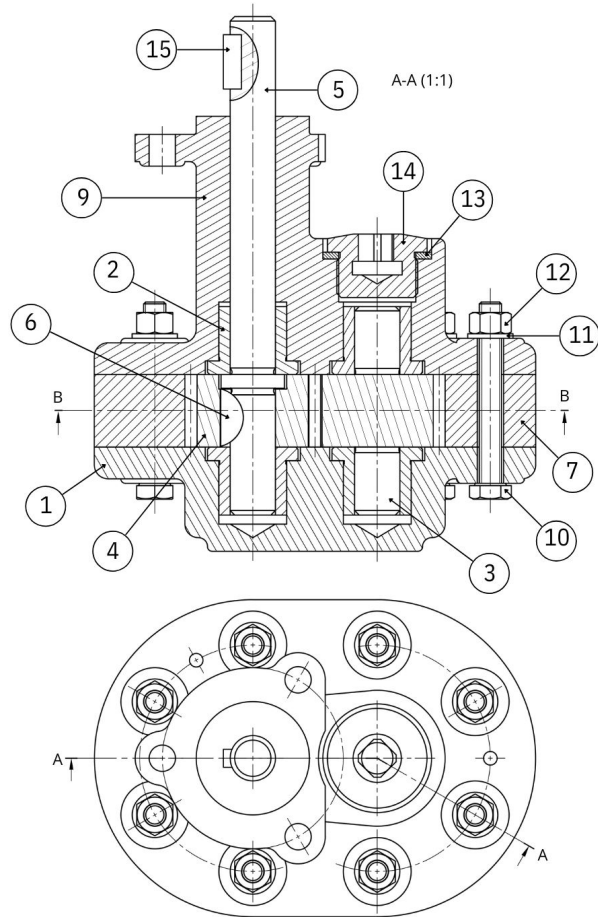
Iacopini Duccio
Frandi Matilde

Docenti relatori:

Lanzetta Michele
Spigliati Francesco



Il Compressivo

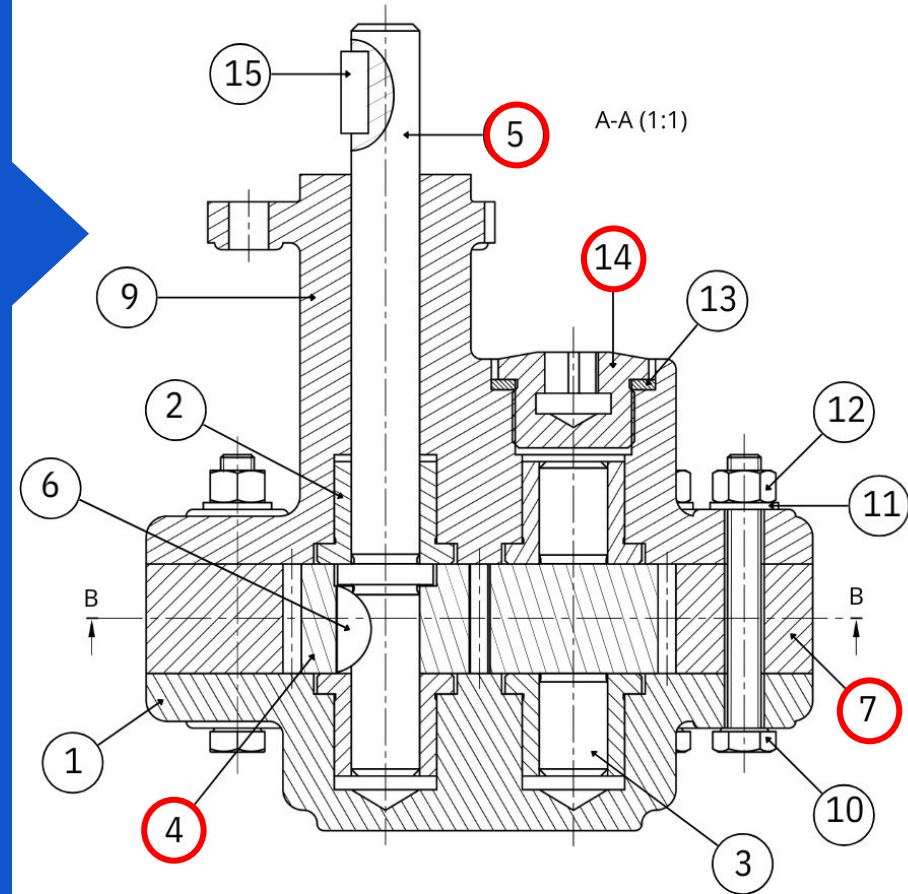


POS.	DENOMINAZIONE	N° PEZZI	MATERIALE
15	Linguetta A - 4x4x12 UNI 6604-69	1	C20 UNI 5332-64
14	Tappo	1	G-CuZn 40 UNI 5033
13	Guarnizione	1	Gomma
12	Dado M5 UNI 5587-65-8G	8	
11	Rosetta A - 5.3 UNI 1751	8	Fe 34 UNI 5334-64
10	Vite M5x40 UNI 5737-65-8G	8	
9	Corpo Superiore	1	G-AlSi5 CuMg UNI 3600
8	Spina 3x28 UNI 1707	2	Fe50 UNI 5334-64
7	Corpo Intermedio	1	G-AlSi5 CuMg UNI 3600
6	Linguetta 3x5 UNI 6606-69	1	C20 UNI 5332-64
5	Alberino	1	C50 UNI 5332-64
4	Ingranaggio conduttore	1	//
3	Ingranaggio condotto	1	//
2	Bussola	4	BSPB 30 UNI 1701
1	Corpo Inferiore	1	G-AlSi5 CuMg UNI 3600
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA Facoltà di Ingegneria			
Compressivo: POMPA A INGRANAGGI		Foglio: 1/1	Scala: 1:1
Disegnatori: Iacopini Duccio, Frandini Matilde			

Lo scopo del progetto

Produzione di pochi esemplari (fino a 100 pezzi), dunque sarà necessario ottimizzare i costi, soprattutto nella scelta dei metodi produttivi.

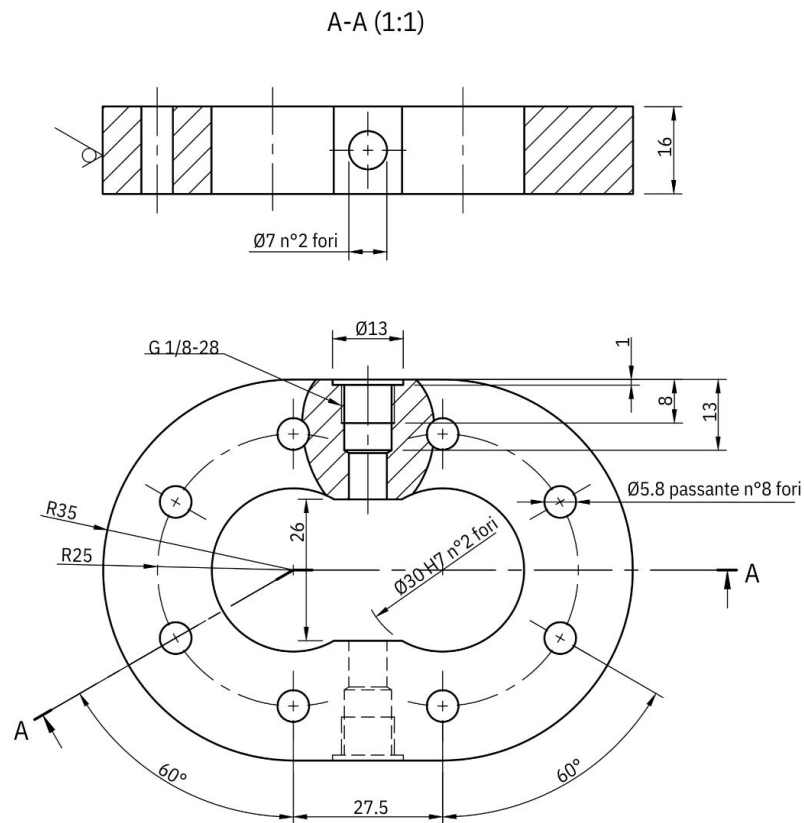
- Corpo Intermedio (Particolare 7) per **Fusione**, con successiva **Foratura**.
- Tappo (Particolare 14) per **Stampa 3D**.
- Alberino (Particolare 5) per **Tornitura** e **Fresatura**.
- **Saldatura** di due anelli di presa per il Corpo Intermedio
- **Estrusione** dell'Ingranaggio Conduttore (Particolare 4)



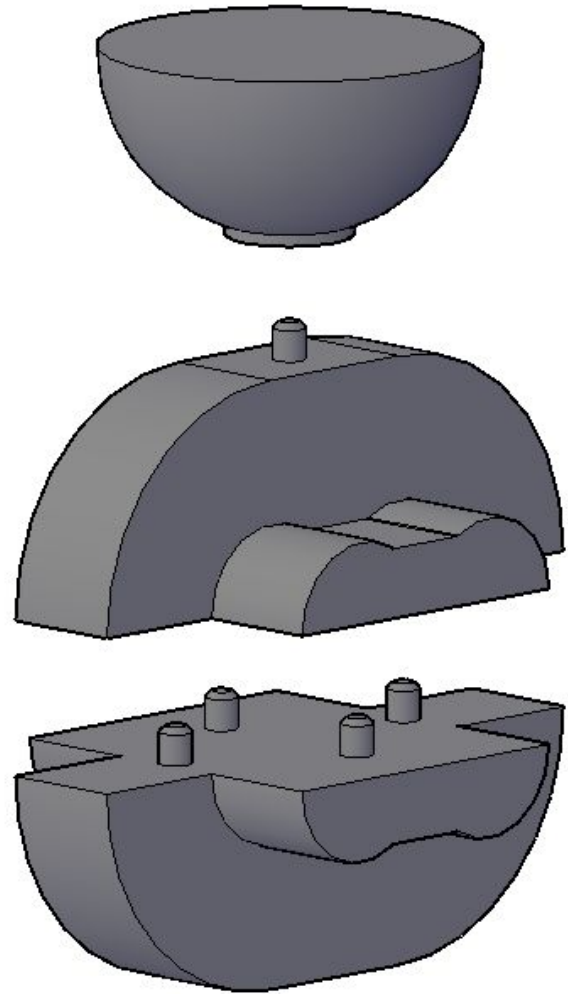
Corpo Intermedio - Particolare 7

Tolleranze generali secondo ISO 2768-mK
Rugosità generale: Ra 3.2 μm

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di Ingegneria			
Particolare	Particolare n°7	Materiale: G-ALSi5-CuMg	Foglio 1 : 1
Complessivo	Pompa a ingranaggi		Scala 1 : 1
Disegnatori	Iacopini Duccio Frandi Matilde		



CICLO DI FUSIONE





Materiale del Greggio

- Lega di Alluminio e Silicio AlSi5-CuMg EN 45300
- Lega molto fluida, ottima per colate
- Limitato coefficiente di dilatazione termica

COMPOSIZIONE CHIMICA %

LEGA		ELEMENTI											
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti	Impurezze singole
EN AB 45300 EN 1676:2020	Min	4,5	0	1,0	0	0,40	0	0	0	0	0	0	0
	Max	5,5	0,55	1,5	0,55	0,65	0,05	0,25	0,15	0,1*	0,05	0,20	0,05
EN AC 45300 EN 1706:2020	Min	4,5	0	1,0	0	0,35	0	0	0	0	0	0	0
	Max	5,5	0,65	1,5	0,55	0,65	0,05	0,25	0,15	0,1*	0,05	0,25	0,05

*Limite inferiore Raffinatal (le norme Europee riportano Pb = 0,15% max)

NOTA: Le impurezze singole includono i limiti di tutti gli elementi non riportati sulla seguente tabella.

PROPRIETÀ MECCANICHE

(Proprietà meccaniche rilevate su provette colate a parte alla temperatura ambiente di +20°C)

PROCESSO DI COLATA (condizione)	STATO FISICO DI COLATA	Rm	Rp02	A	HB	R Fatica*
		Carico unitario di rottura	Carico al limite di snervamento	Allungamento	Durezza Brinell	Resistenza a Fatica
		EN 1706:2020	EN 1706:2020	EN 1706:2020	EN 1706:2020	EN 1706:2020
		MPa	MPa	%	HBW	MPa
IN SABBIA	T4	170	120	2	80	70 - 100
IN SABBIA	T6	230	200	< 1	100	70 - 100
IN CONCHIGLIA	T4	230	140	3	85	70 - 100
IN CONCHIGLIA	T6	280	210	< 1	100	70 - 100

*Valori per test in condizioni di flessione rotante fino a 10⁷ cicli (curva di Wohler)

PROPRIETÀ FISICHE

(Le seguenti proprietà sono influenzate dalla variazione di composizione chimica all'interno della specifica, dalla struttura metallografica, dall'integrità del getto e dalle condizioni di colata, pertanto i valori riportati sono indicativi)

PESO SPECIFICO	2,67 Kg/dm ³	CONDUTTIVITÀ ELETTRICA	EN 1706:2020	19 - 23 MS/m
CALORE SPECIFICO (a 100 °C)	0,92 J/gK	CONDUTTIVITÀ TERMICA	EN 1706:2020	140 - 150 W/(m K)
MODULO ELASTICO	72 GPa	DILATAZIONE TERMICA (da 20° C a 100° C)	EN 1706:2020	22-10°/K

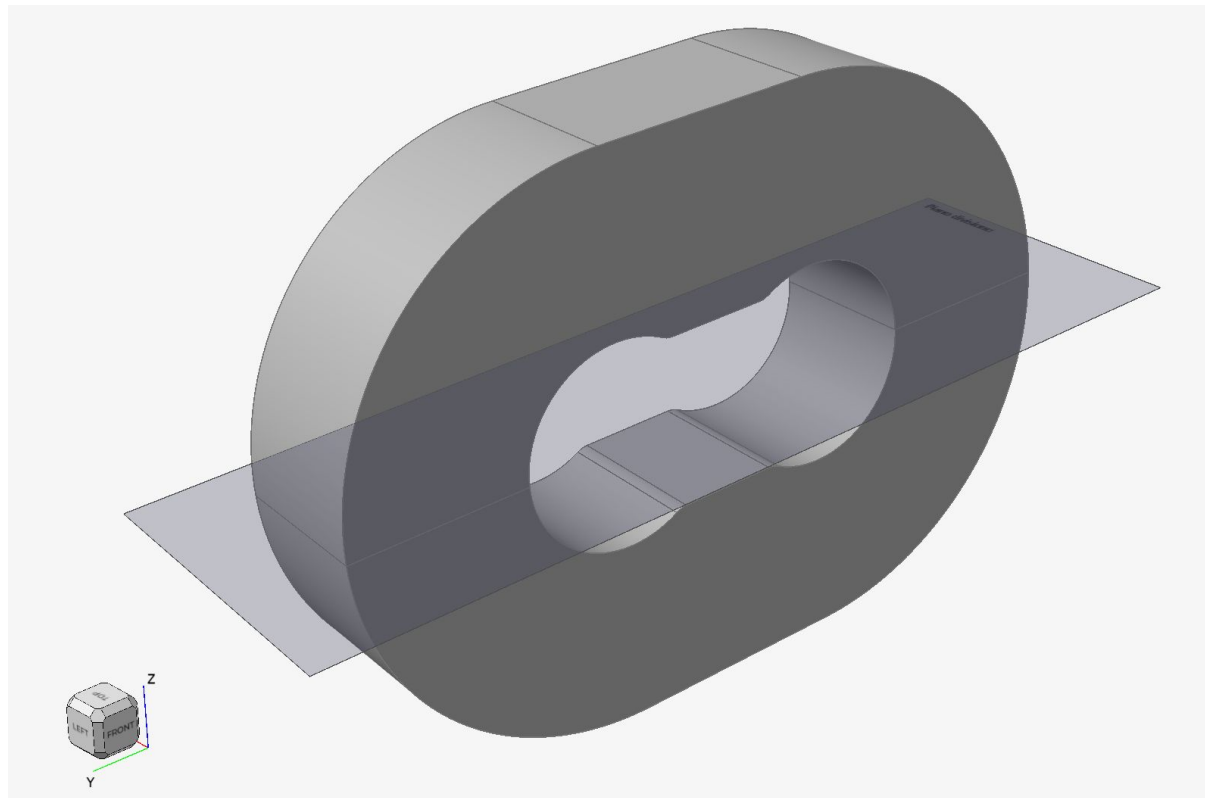
CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE

(Indicazioni qualitative tratte dalla normativa EN 1706:2020)

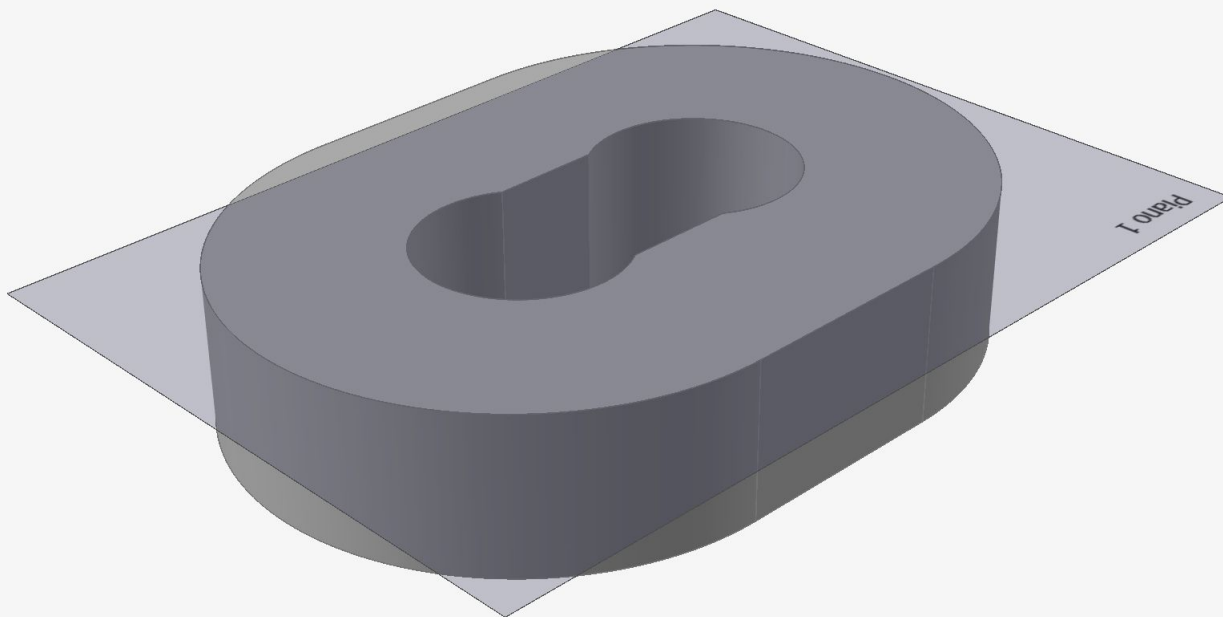
COLABILITA'	C	ATTITUDINE ALL'ANODIZZAZIONE DECORATIVA	D
RESISTENZA ALLA CRICCATURA DI RITIRO	B	SALDABILITÀ	C
TENUTA A PRESSIONE	C	LUCIDABILITÀ	B
LAVORABILITÀ ALL' UTENSILE (grezzo)	B	RESISTENZA MECCANICA A TEMPERATURA AMBIENTE	B
LAVORABILITÀ ALL' UTENSILE (dopo trattamento termico)	B	RESISTENZA MECCANICA A CALDO (200°C)	B
RESISTENZA GENERALE ALLA CORROSIONE	D	DUTTILITÀ	B

A: OTTIMA, B: BUONA, C: MEDIA, D: SUFFICIENTE, E: SCARSA, F: NON SUFFICIENTE

Piano di divisione



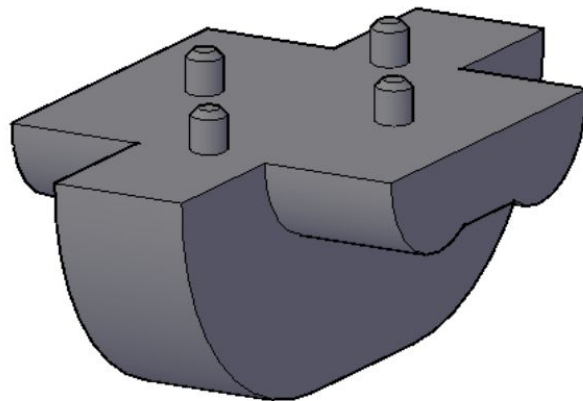
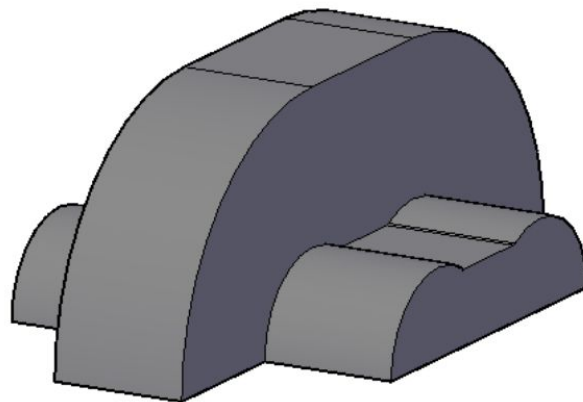
Piano di divisione ottimale



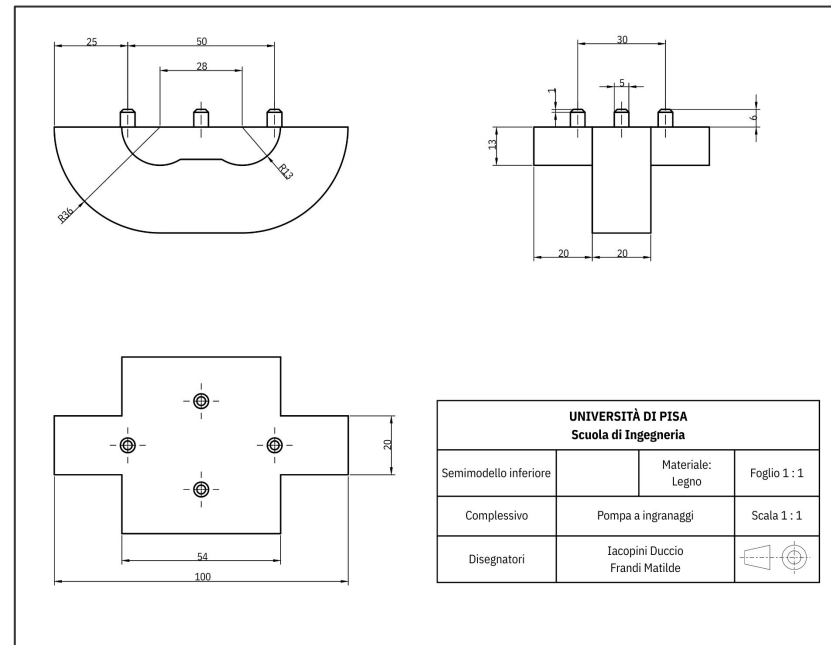
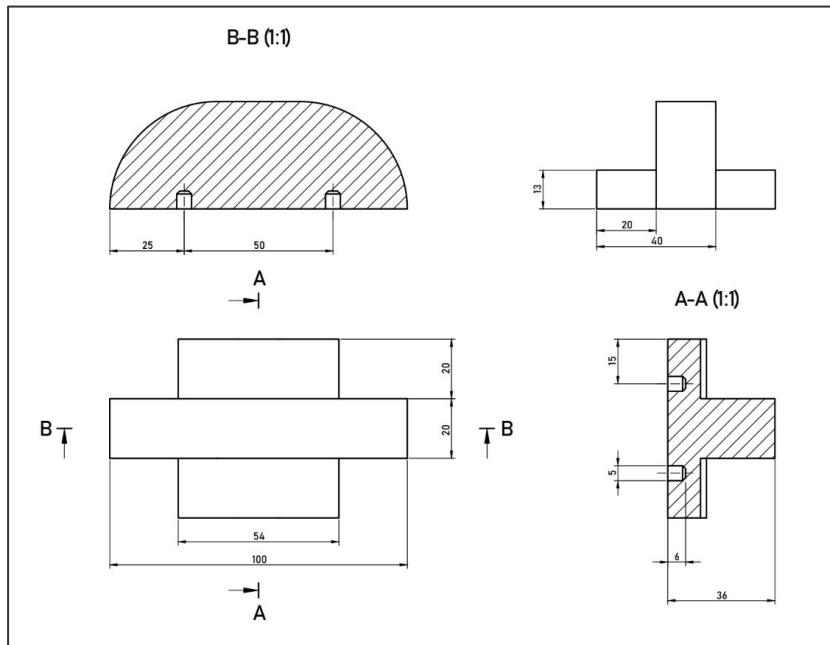


Modello iniziale

- Materiale: **Legno Verniciato**
- Scelte progettuali:
 - Sovrametalli **2 mm**
 - Angoli di sforno **1°**
 - Coefficiente di ritiro **1,6%**
- Sede per **anima**
- **Spine** per l'allineamento dei semi modelli



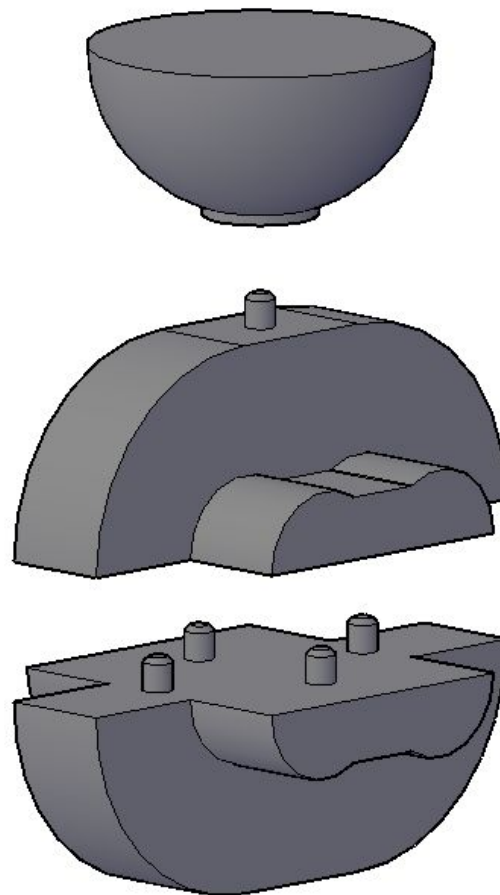
Modello iniziale: Disegno Tecnico





Modello completo

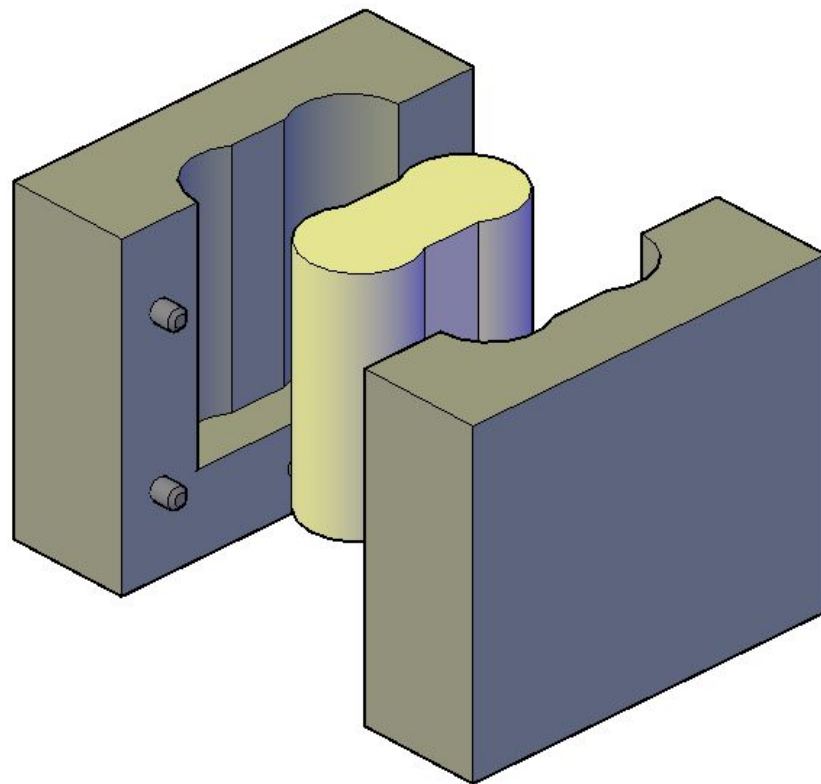
- Materiale: **Legno Verniciato**
- Scelte progettuali:
 - Sovrametalli **2 mm**
 - Angoli di sformo **1°**
 - Coefficiente di ritiro **1,6%**
- Sede per **anima**
- **Spine** per l'allineamento dei semi modelli
- **Materozza**



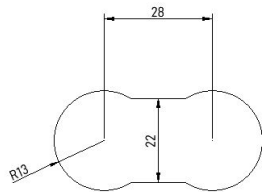
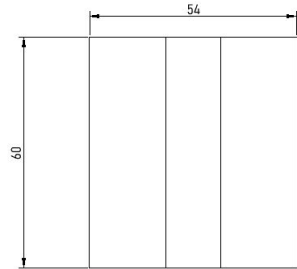


Anima

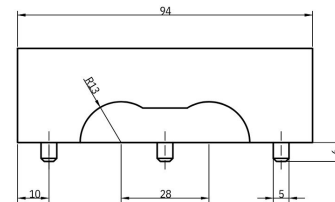
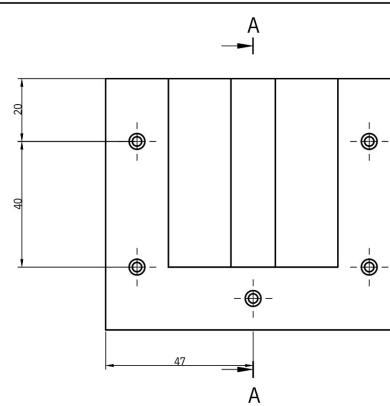
- Materiale: **Terra Sintetica**
- Formatura: in **cassa d'anima**



Anima e Cassa d'anima: Disegno Tecnico

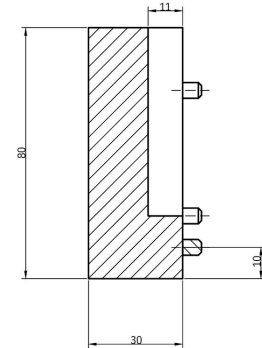


UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di Ingegneria			
Anima		Materiale: Terra sintetica	Foglio 1 : 1
Comlessivo	Pompa a ingranaggi		Scala 1 : 1
Disegnatori	Iacopini Duccio Frandi Matilde		



UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di Ingegneria			
Cassa d'anima		Materiale: Legno	Foglio 1 : 1
Comlessivo	Pompa a ingranaggi		Scala 1 : 1
Disegnatori	Iacopini Duccio Frandi Matilde		

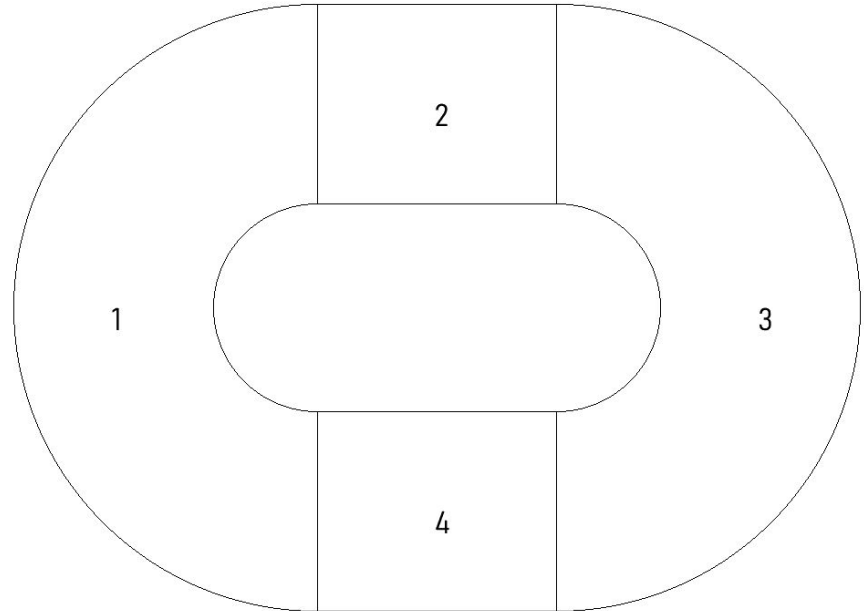
A-A (1:1)





Studio della solidificazione: Moduli di Raffreddamento

- Formula: $M=V/S$
- Valori:
 - $M1 = M3 = 3,65 \text{ mm}$
 - $M2 = M4 = 5,35 \text{ mm}$
- $M2/M1 \approx 1,5$



Dimensionamento materozza

- Tipologia: Emisferica a cielo aperto
- Modulo: $Mm = 1.2 * M2 = 6.4 \text{ mm}$
- Posizionamento: in corrispondenza volume 2

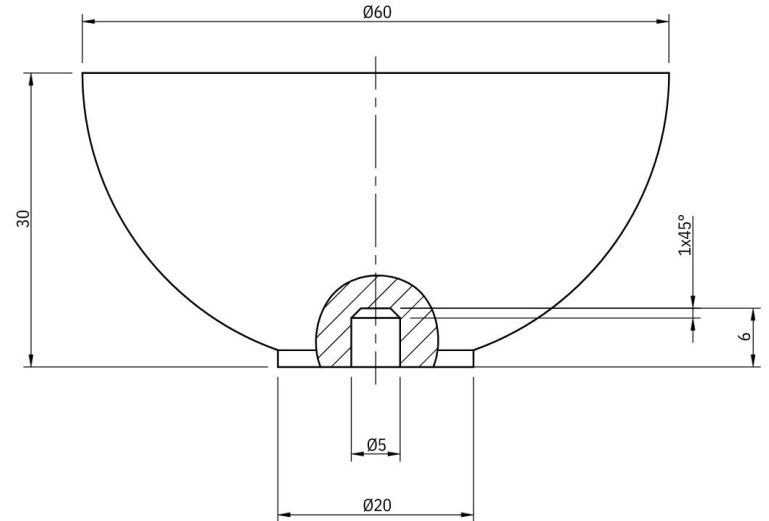
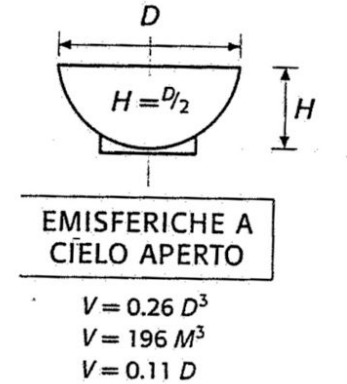


Diagramma di Caine

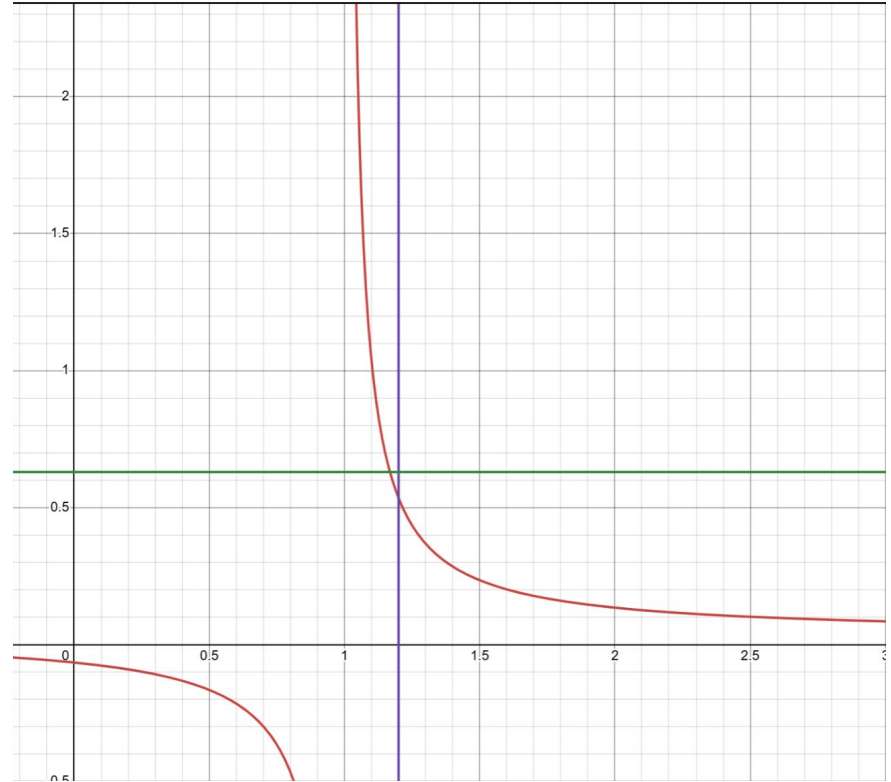
$$y = 0.035 + \frac{0,1}{x-1}$$

- $X = M_m/M_p = 1,25$
- $Y = V_m/V_p = 0,63$
- Raggio di influenza:

$$R = k \cdot S = 6 \cdot 20 = 120 \text{ mm}$$

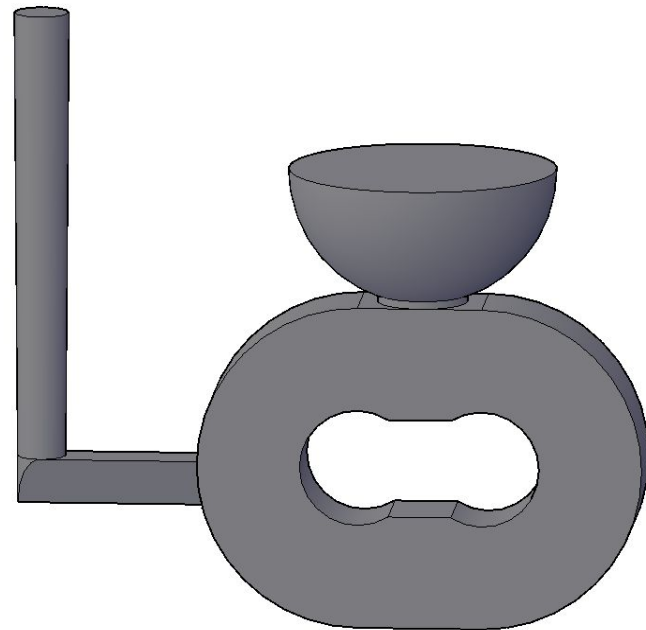
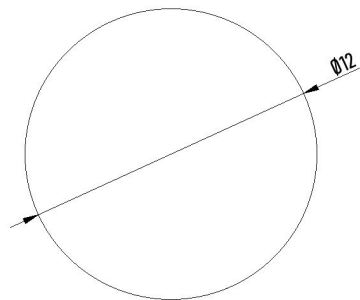
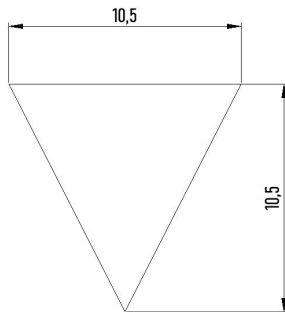
I nostri valori sono:

- $M_m = 1.2 \cdot M_p = 6.4 \text{ mm}$
- $M_p = 5.35 \text{ mm}$
- $V_m = 196 \cdot M_m^3 = 58\,950 \text{ mm}^3$
- $V_p = 93\,221.2 \text{ mm}^3$

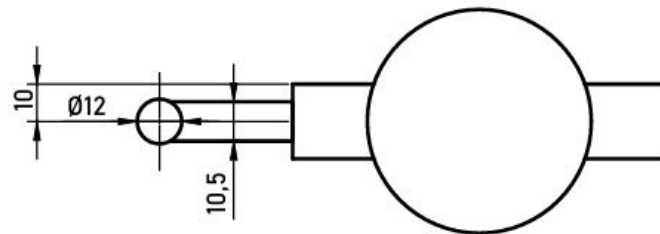
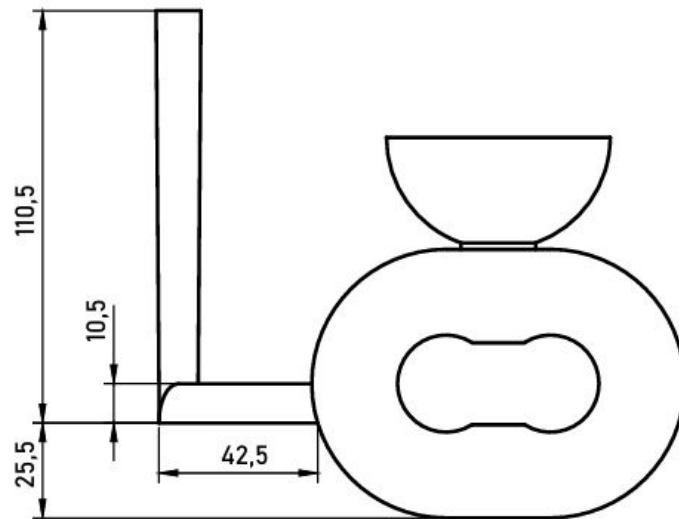


Sistema di colata

- Tempo di colata $T = 2 \text{ s}$
- Velocità della vena fluida $v = 0,14 \text{ m/s}$
- Sezione dell'attacco di colata
 - Sezione $S_{a,c} = 52 \text{ mm}^2$
 - Forma: triangolo isoscele $b = h = 10,5 \text{ mm}$
- Sezione colata del canale
 - Sezione $S_{c,c} = 104 \text{ mm}^2$
 - Forma: circolare $R_{c,c} = 6 \text{ mm}$



Sistema di colata: Schema



Le Staffe

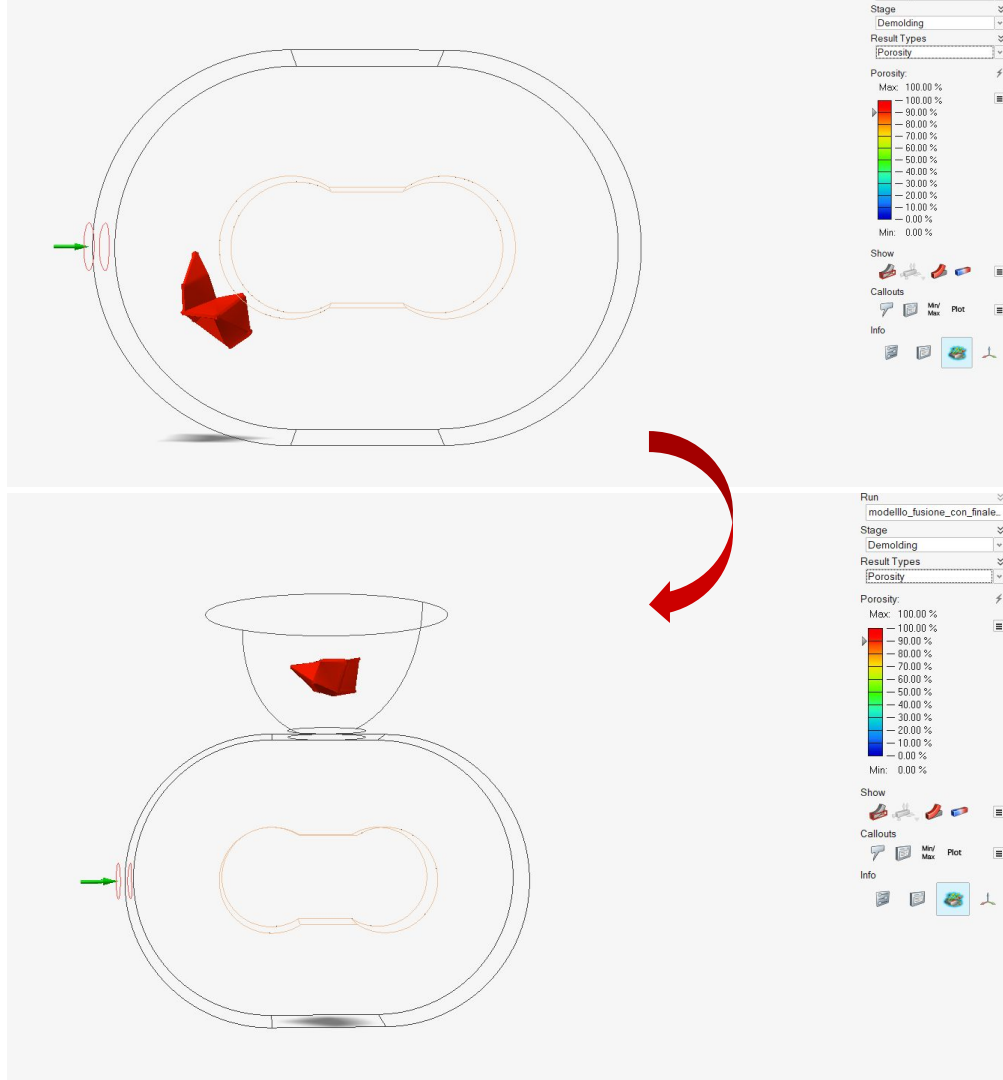
- Staffa superiore: 250x315x100
- Staffa inferiore: 250x315x50

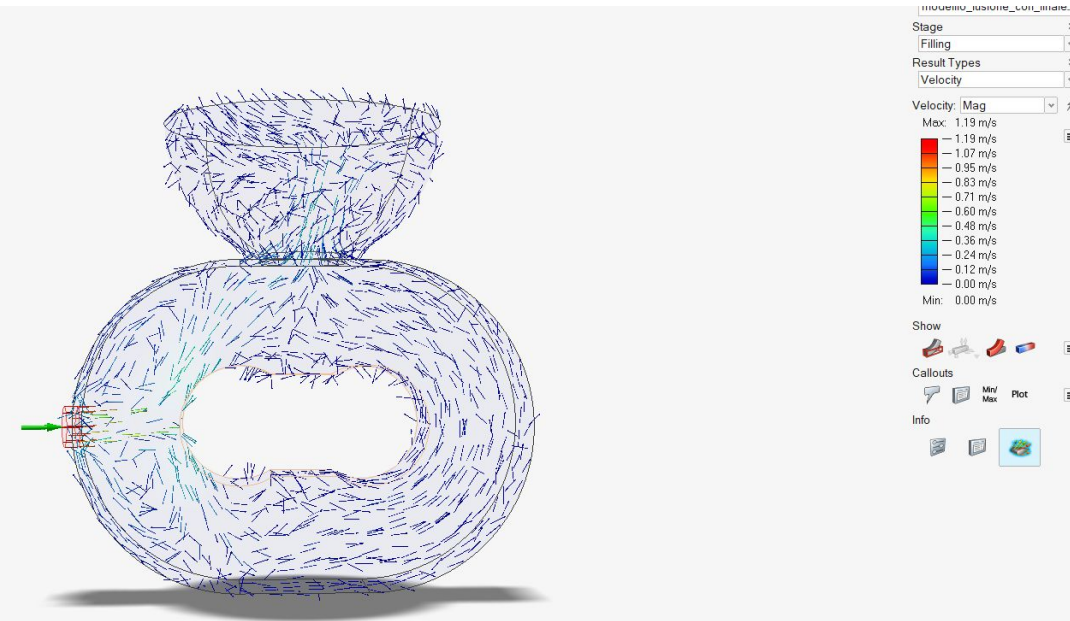
Serie rettangolare con rapporto $b/a = 1,25$

a	b	R											
250	315	50	63	80	100	125	160	200					
280	355	50	63	80	100	125	160	200	250	300			
315	400	50	63	80	100	125	160	200	250	300			
355	450	--	--	80	100	125	160	200	250	300			
400	500	--	--	--	100	125	160	200	250	300	355		
450	560	--	--	--	100	125	160	200	250	300	355		
500	630	--	--	--	100	125	160	200	250	300	355	400	
560	710	--	--	--	100	125	160	200	250	300	355	400	
630	800	--	--	--	100	125	160	200	250	300	355	400	
710	900	--	--	--	--	125	160	200	250	300	355	400	500
800	1000	--	--	--	--	125	160	200	250	300	355	400	500
900	1100	--	--	--	--	--	160	200	250	300	355	400	500
1000	1300	--	--	--	--	--	--	200	250	300	355	400	500
1100	1400	--	--	--	--	--	--	--	200	250	300	355	400
1200	1500	--	--	--	--	--	--	--	--	250	300	355	400
1300	1600	--	--	--	--	--	--	--	--	250	300	355	400
1400	1700	--	--	--	--	--	--	--	--	--	300	355	400
1500	1800	--	--	--	--	--	--	--	--	--	300	355	400

Simulazione di colata: Analisi porosità

Notiamo come nella simulazione in alto, quella senza materozza, vi siano problemi di porosità nel pezzo, al contrario della simulazione in basso, in cui il modello è provvisto di materozza.





Simulazione di colata: Analisi del moto del fluido

Abbiamo verificato che il moto fosse LAMINARE e non TURBOLENTO



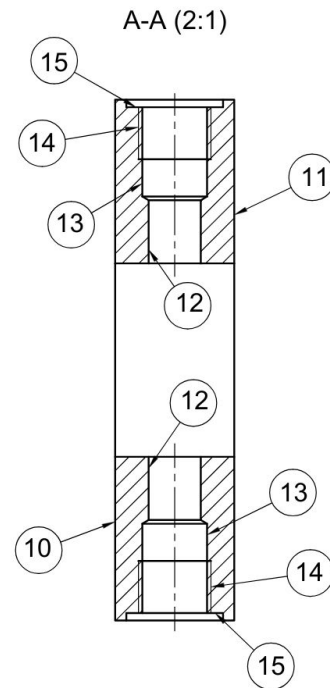
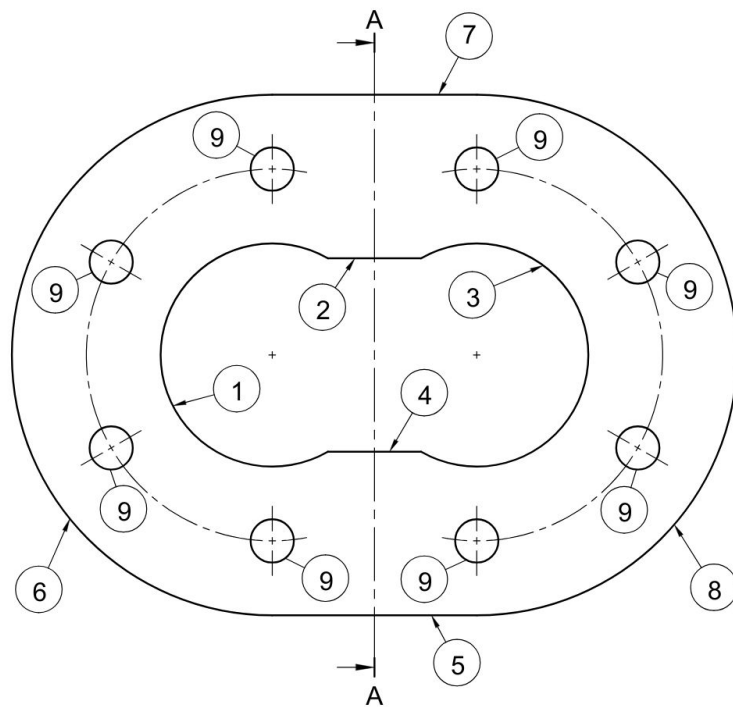
Analisi dei tempi e dei Costi

- Tempo impiegato per la formatura in terra di circa 20 minuti
- Costo alluminio circa 0,9 €
- Costo terra da fonderia 7,4 €
- Costo manodopera 8,25 €
- **Costo totale 16,55 €**

ASPORTAZIONE DI TRUCIOLO: FORATURA



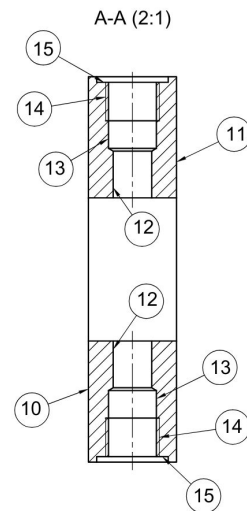
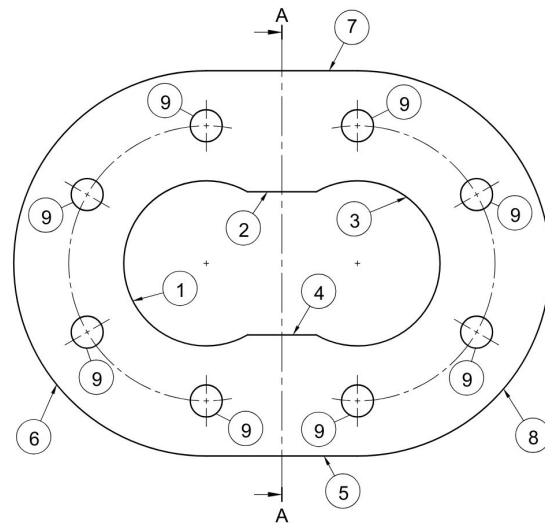
Riferimento superfici del corpo intermedio





Ordine delle fasi

Superficie	Lavorazione
1, 2, 3 e 4	Fresatura (CNC) - Contornatura
10 e 11	Fresatura - Spianatura
5, 6, 7 e 8	Senza lavorazioni
9, 12 e 13	Foratura e Allargatura
14	Maschiatura
15	Svasatura cilindrica

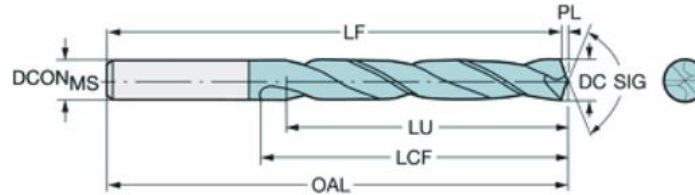


Utensili per foratura

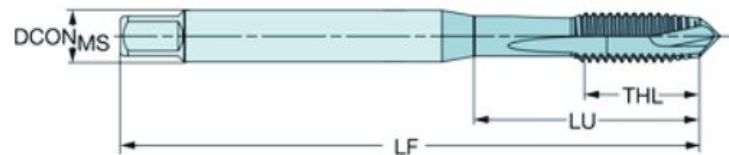
- Punta da centri GÜHRING in HSS
D nominale $\Phi 1.6$ mm
D codolo $\Phi 4$ mm



- Punta elicoidale $\Phi 5.8$, $\Phi 7$, $\Phi 8.8$ in HSS della Sandvik Coromant



- Maschio G $\frac{1}{8}$ Sandvik



Macchine utensili



SEGA A NASTRO KNUTH VB 300 A

AREA UTILE DI LAVORO

Dimensioni tavola: 500 mm x
400 mm x 890 mm

CAPACITÀ DI TAGLIO

Altezza x sbalzo: 185 mm x 310
mm

Velocità di taglio: 10 - 180 m/min

POTENZA AZIONAMENTO

0.55 KW



TRAPANO A COLONNA KNUTH KB 20 SV

AREA UTILE DI LAVORO

Capacità di foratura: $\Phi 20$ mm

Corsa canotto: 135 mm

VELOCITÀ DISPONIBILI

205 - 2045 giri/min

POTENZA DI AZIONAMENTO

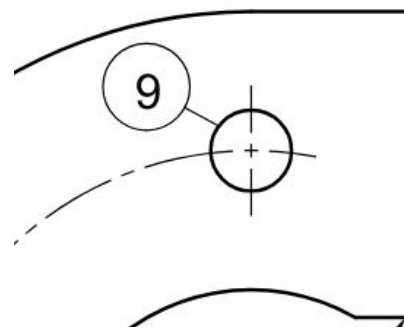
1.1 KW



Parametri di taglio per foratura

a. Lavorazione superficie 9.

	Centratura	Foratura $\Phi 5.8$ mm
Vt	10 m/min	25 m/min
n	1990 giri/min	1372 giri/min
a	0.03 mm/giro	0,18 mm/giro
P		0.006 KW

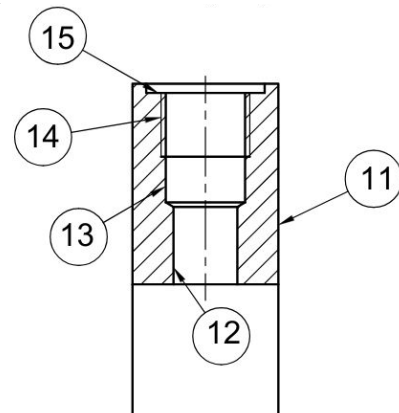




Parametri di taglio per foratura

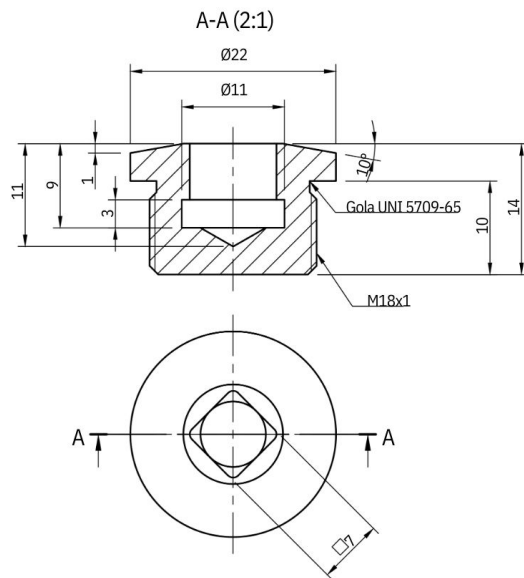
b. Lavorazione superfici 12, 13, 14 e 15

	Centratura	Foratura $\Phi 7\text{mm}$ (sup. 12)	Allargatura $\Phi 8.8$ (sup. 13)	Svasatura cil. $\Phi 13\text{ mm}$ (sup.15)
Vt	10 m/min	40 m/min	40 m/min	40 m/min
n	1990 giri/min	1819 giri/min	1447 giri/min	735 giri/min
a	0.03 mm/giro	0.18 mm/giro	0.5 mm/giro	0.5 mm/giro
P		0.012 Kw		



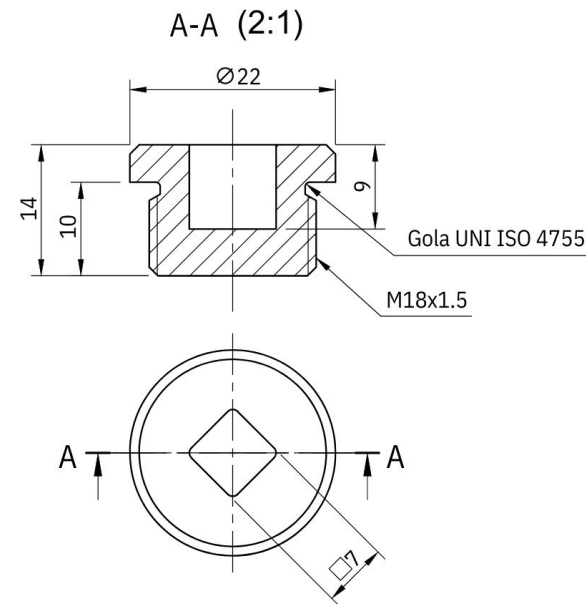
La filettatura G $\frac{1}{8}$ è effettuata **a mano**, quindi è necessario l'uso di lubrificante

Tappo - Particolare 14



Smussi non quotati: 1x45°
Raccordi non quotati: R 0.75

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di Ingegneria			
Particolare	Particolare n°14	Materiale: G-CuZn40	Foglio 1 : 1
Complessivo	Pompa a ingranaggi		Scala 2 : 1
Disegnatori	Iacopini Duccio Frandi Matilde		



Smussi non quotati: 1x45°
Raccordi non quotati: R 0.75

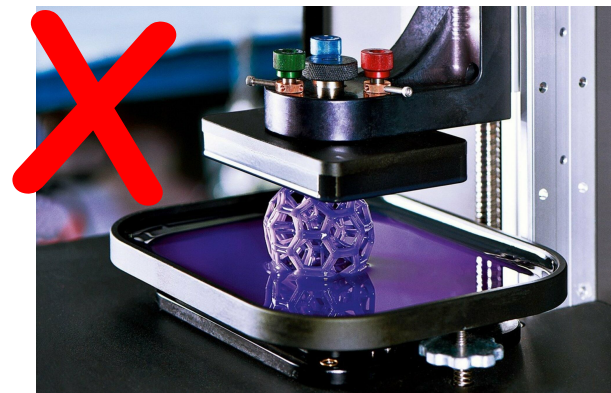
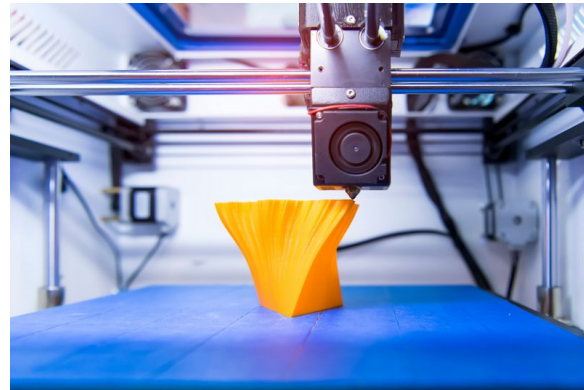
UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di Ingegneria			
Particolare	Particolare n°14	Materiale: PETG	Foglio 1 : 1
Complessivo	Pompa a ingranaggi		Scala 2 : 1
Disegnatori	Iacopini Duccio Frandi Matilde		

Scelta della tecnologia

Scelta la tecnologia **FDM** (Fused Deposition Modeling) e non la MSLA (Masked StereoLithography Apparatus)

Ragioni:

- Maggiore facilità di stampa.
- Versatilità delle macchine per FDM e maggiore reperibilità di parti di ricambio.
- Costi contenuti e libertà geometrica.
- Possibilità di iterazione rapida su prototipi per ottimizzare la geometria.



Scelte progettuali

- La Macchina: Mavis della Kentstrapper

- Materiale: PETG

Ragioni Scelta del materiale:

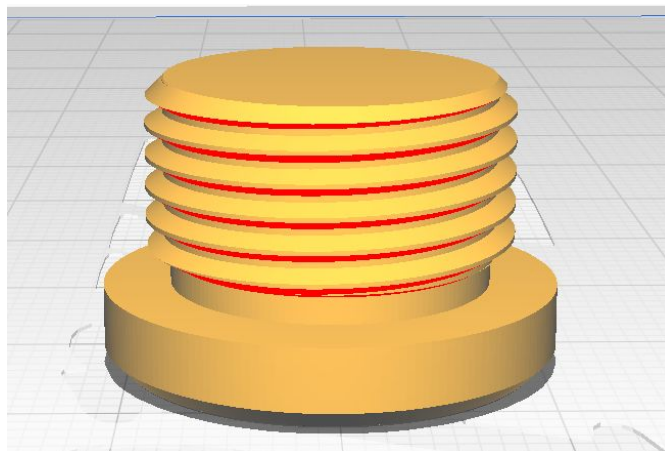
- facilità di stampa
- resistenza usura meccanica
- resistenza chimica
- buona tenuta tra layer
- economico





Slicing e Parametri di stampa

- Software: Cura



Altezza Layer	0,12 mm	Velocità	ugello: 50 mm/s ai bordi: 25 mm/s
Spessore Pareti	1,6 mm, 4 filamenti adiacenti	V. ventola raffreddamento	40%
Riempimento	20%	Supporti	solo per foro quadrato interno
Temperatura di Stampa	ugello: 240 °C ai bordi: 70 °C	Piatto di adesione	no

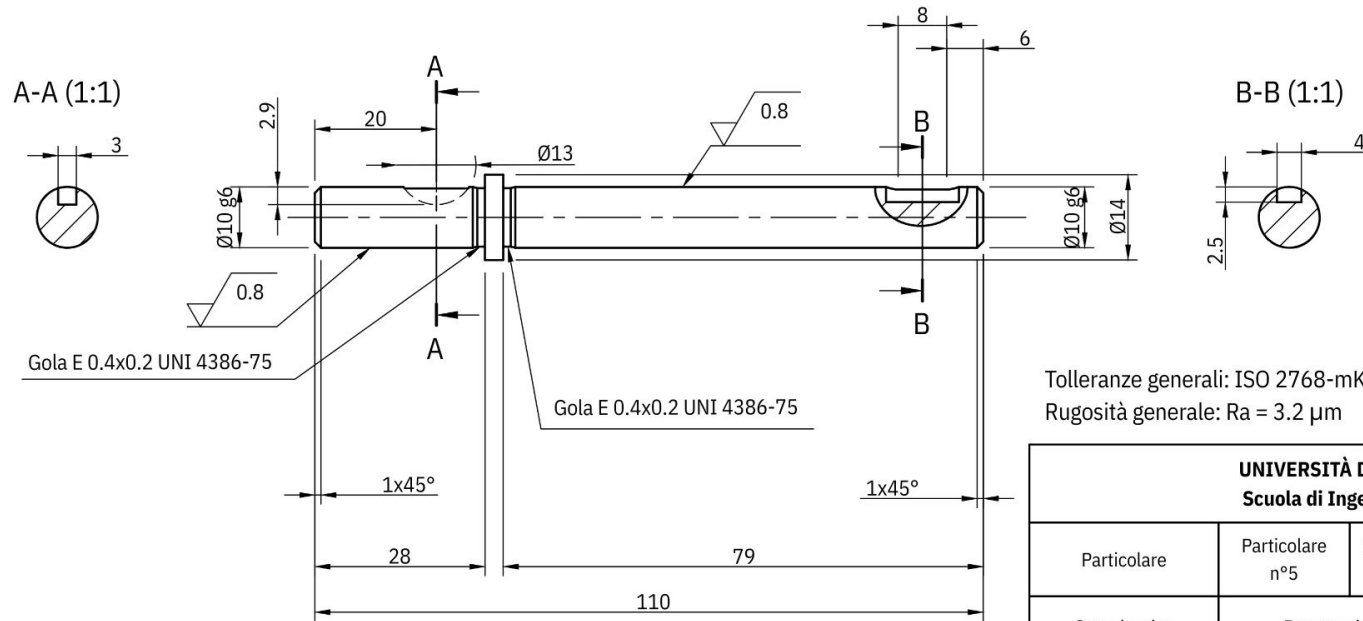


Analisi dei tempi e dei Costi

Tempo attivo di stampa	45 min
Preparazione e pulizia stampante	10 min
Pulizia pezzo finito	5 min
Tempo totale di esecuzione (1 pezzo)	60 min

	Prezzo medio	Quantità	Costo finale
Materiale: PETG	25 [€/Kg]	3 [g]	0.075 [€]
Energia elettrica	0,166 [€/KWh]	500 [W] x 45 [min]	0.062 [€]
Tempi passivi	25 [€/h]	15 min	6.250 [€]
Costo totale (+5%)	-	-	6.70 [€]

Alberino - Particolare 5

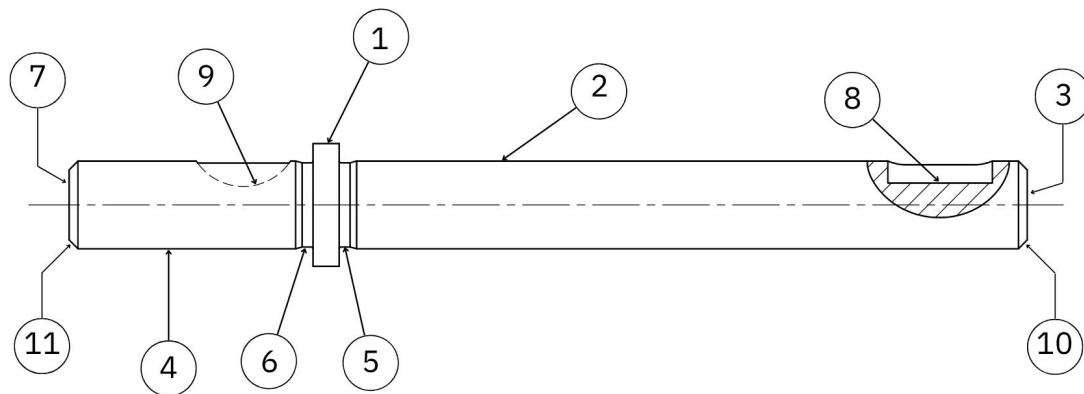


Tolleranze generali: ISO 2768-mK
Rugosità generale: Ra = 3.2 µm

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di Ingegneria			
Particolare	Particolare n°5	Materiale: C50E EN 10083-2	Foglio 1 : 1
Complessivo	Pompa a ingranaggi		Scala 1 : 1
Disegnatori	Iacopini Duccio Frandi Matilde		

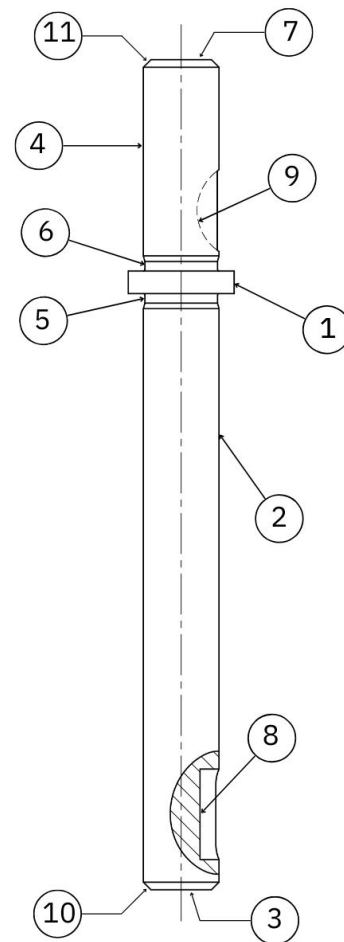


Riferimento Superfici



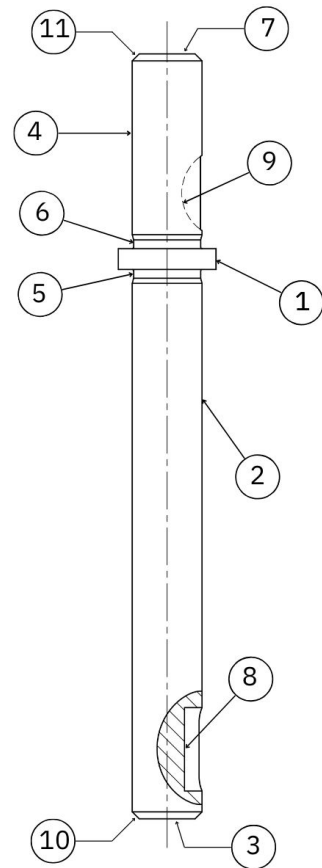
Ordine delle fasi

Superficie	Lavorazioni
3 e 7	Tornitura - Troncatura
1, 2 e 4	Tornitura - Cilindratura
5 e 6	Tornitura - Esecuzione di gole
10 e 11	Tornitura - Esecuzione smussi
8 e 9	Fresatura



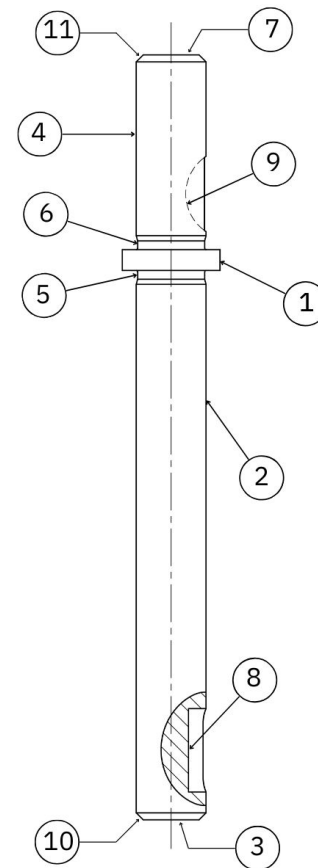
Ordine delle fasi

Fasi	Lavorazioni
10 Taglio grezzo	Troncatura con smerigliatrice
20 TORNITURA	Troncatura e centratura sup. 3 e 7
	Sgrossatura sup. 1
	Sgrossatura (2), Esecuzione gola (5) e smusso (10)
	Sgrossatura (4), Finitura (1), Esecuzione gola (6) e smusso (11)
30 FRESATURA	Esecuzione cava 8 e 9
40 RETTIFICA	Rettifica sup. 2 e 4



Ordine delle fasi (ottimale)

Fasi	Lavorazioni
10 Taglio grezzo	Troncatura con smerigliatrice
20 TORNITURA	Troncatura e centratura (sup. 3) Sgrossatura (1) e (2), Esecuzione smusso (10) e gola (5)
	Troncatura e centratura (sup. 7) Sgrossatura (4), Esecuzione smusso (11), Finitura (1), Esecuzione gola (6)
30 FRESATURA	Esecuzione cava 8 e 9
40 RETTIFICA	Rettifica sup. 2 e 4



Macchine utensili: Torno

TORNIO PARALLELO KNUTH BASIC 170 SUPER PRO



AREA UTILE DI LAVORO:

Distanza tra punte: 1000 mm

Φ massimo di tornitura: 354 mm

MANDRINO PRINCIPALE:

70 - 2000 giri/min

AVANZAMENTO

Asse X: 0.0291 - 2.035 mm/giro

Asse Z: 0.0406 - 2.842 mm/giro

POTENZA DI AZIONAMENTO:

1.5 KW

Macchine utensili: Fresatrice

FRESATRICE UNIVERSALE KNUTH VHF 1.1



AREA UTILE DI LAVORO:

Dimensione tavola: 1000 x 240 mm

TESTA DI FRESATURA VERTICALE:

Velocità mandrino: 100 - 2000 giri/min

MANDRINO PER FRESATURA ORIZZONTALE

Velocità mandrino: 60 - 1350 giri/min

VELOCITÀ AVANZAMENTO:

Asse X, Y, Z: 18 - 627 mm/min

POTENZA AZIONAMENTO:

Motore di azionamento verticale: 1.5 KW

Motore di azionamento orizzontale: 2.2 KW

Macchine utensili: Rettificatrice

RETTIFICATRICE CILINDRICA KNUTH RSM 800



AREA UTILE DI LAVORO:

Distanza tra punte: 640 cm

Φ massimo: 100 mm

VELOCITÀ DISPONIBILI:

Testa portamandrino: 25 - 380 giri/min

Testa portamola: fino a 16000 giri/min

AVANZAMENTO:

0.1 - 4 m/min

POTENZA DI AZIONAMENTO:

5.6 KVA

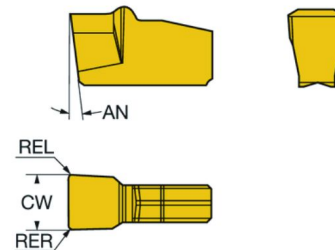
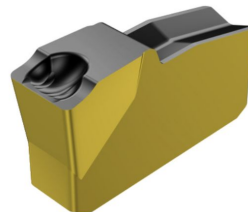
Scelta utensili: Troncatore

- INSERTO: **N151.2-300-30-5G 4225**

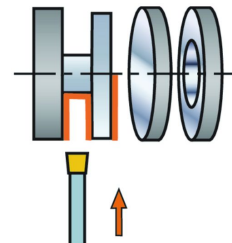
Larghezza di taglio (CW) = 3 mm

Raggio di raccordo taglienti (RER, REL) = 0.3 mm

Angolo di spoglia inferiore (AN) = 7°



- STELO PORTA UTENSILE: **L151.21-2525-30**



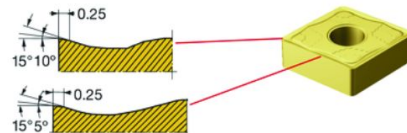
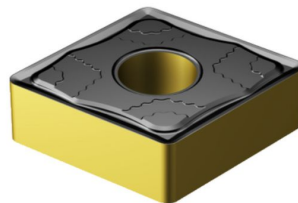
Scelta utensili: Sgrossatore

- INSERTO: **CNMG 12 04 08 - PMC 4425**

Forma inserto: Rhombic 80

Lunghezza tagliente (LE) = 12.1 mm

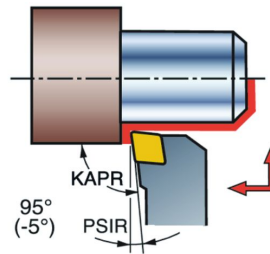
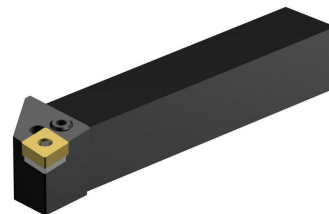
Raggio di punta (RE) = 0.7938 mm



- STELO PORTA UTENSILE: **PCLNR 2525M 12**

Angolo tagliente principale (KAPR₁) = 95°

Angolo di spoglia superiore (GAMO) = -6°



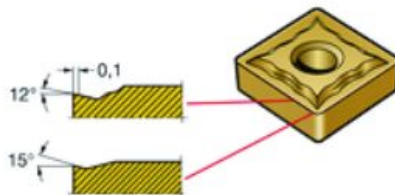
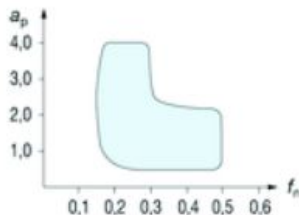
Scelta utensili: Finitore

- INSERTO: **CNMG 12 04 08 - MF 4425**

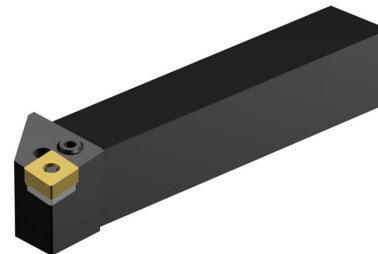
Forma inserto: Rhombic 80

Lunghezza tagliente (LE) = 12.1 mm

Raggio di punta (RE) = 0.7938 mm



- STELO PORTA UTENSILE: **PCLNR 2525M 12**
(lo stesso della sgrossatura)



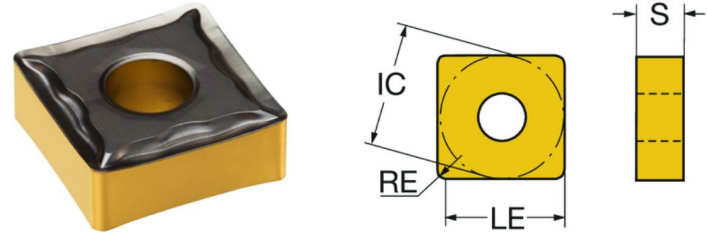
Scelta utensili: Smussi 1x45° (opzionale)

- INSERTO: **SNMG 12 04 08 - MF 4425**

Forma inserto: Square

Lunghezza tagliente (LE) = 11.9 mm

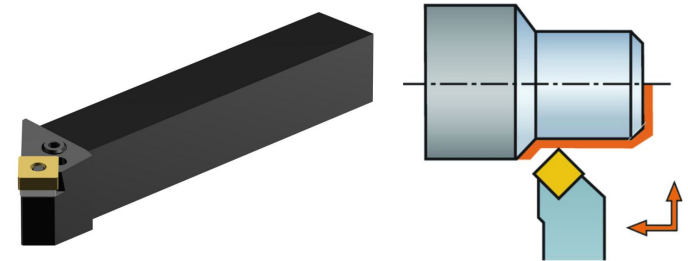
Raggio di punta (RE) = 0.7938 mm



- STELO PORTA UTENSILE: **PSSNR 2525M 12**

Angolo tagliente principale (KAPR_1) = 45°

Angolo di spoglia superiore (GAMO) = -8°



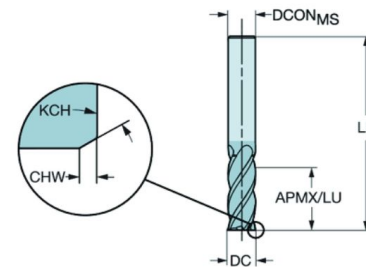
Scelta utensili: Frese

- **FRESA PER CAVA LINGUETTA DI TIPO A: 2P342-0318-PA P2BM**

Diametro di taglio (DC) = 3.175 mm

Angolo tagliente dell'utensile (KAPR_1) = 90°

Profondità di taglio massima (APMX) = 7.938 mm



- **FRESA PER CAVA LINGUETTA AMERICANA**

Tipo di articolo: punta per fresa a T

Materiale: acciaio rapido

Forma dell'impugnatura: gambo dritto

Larghezza della lama: 3 mm

Diametro del cerchio esterno: $\Phi 13$ mm

Diametro del gambo: $\Phi 10$ mm

Marca: Leroy Merlin



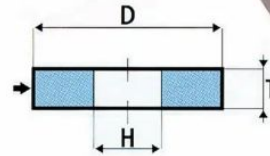
Scelta utensili: Mola

- MOLA PER RETTIFICA IN TONDO ESTERNA IN CERAMICA: 38A46-NVS

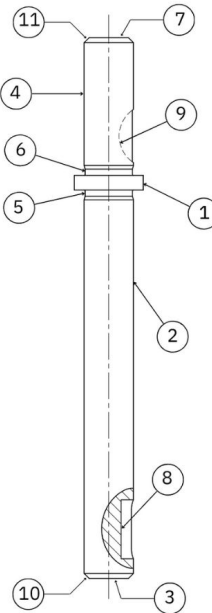
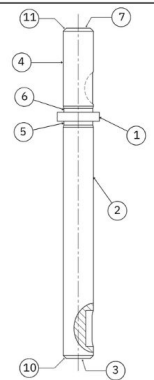
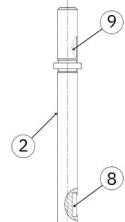
Diametro esterno: $D = 200 \text{ mm}$

Diametro interno: $H = 32 \text{ mm}$

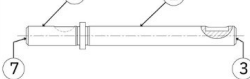
Spessore mola: $T = 25 \text{ mm}$



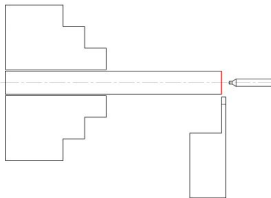
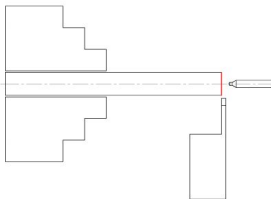
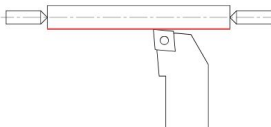
Fogli di CICLO (½)

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di Ingegneria	CICLO DI LAVORAZIONE ELEMENTO: Particolare n°5 - Pompa a ingranaggi					STUDENTI: Iacopini Duccio - Frandi Matilde		FOGLIO 1/2		
DESIGNAZIONE SUPERFICI	N.	FASI	MACCHINA	SCHIZZO DI LAVORAZIONE	ATTREZZATURE	COMP. TEMPI Tempo di preparazione Tempi passivi Tempi attivi		SUPERFICI DI RIFERIMENTO	NOTE	
	10	Troncatura grossolana								
	20	Tornitura		Tornio parallelo (1.5 KW)		Piaffaforma autocentrante al mandrino e contropunta rotante Punta e contropunta	8'		SP3 ed SP7	SP: Superficie di Partenza SR: Superficie di Riferimento
		a.	Troncatura ③ Centrata ③				9' / 2'	2.5'	SP3	
		b.	Troncatura ⑦ Centrata ⑦						SP7	
		c.	Sgrossatura ①				SP1, SR3, SR7			
		d.	Sgrossatura ② Esecuzione gola ⑤ Esecuzione smusso ⑩				SR1, SR3			
		e.	Sgrossatura ④ Finitura ① Esecuzione gola ⑥ Esecuzione smusso ⑪				SR2, SR7			
	30	Fresatura		Fresatrice (2.2 KW)		Blocchetto a V Morsa	22" / 22"	SR2	SR2 appoggiata al blocchetto a V e vincolata con la morsa	
		a.	Esecuzione cava linguetta A ⑧ Esecuzione cava linguetta americana ⑨							

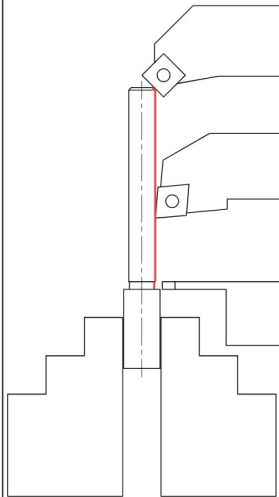
Fogli di CICLO (2/2)

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di Ingegneria		CICLO DI LAVORAZIONE ELEMENTO: Particolare n°5 - Pompa a ingranaggi				STUDENTI: Iacopini Duccio - Frandi Matilde		FOGLIO 2/2		
DESIGNAZIONE SUPERFICI	N.	FASI	MACCHINA	SCHIZZO DI LAVORAZIONE	ATTREZZATURE	COMP. TEMPI		SUPERFICI DI RIFERIMENTO	NOTE	
						Tempo di preparazione				
						Tempi passivi	Tempo totale unitario			
						Tempi attivi				
Vedere foglio 1	40	Rettifica								
		a.	Rettifica in tondo esterna ②	Rettificatrice (5.6 KW)		Piattoforma autocentrante al mandrino e contropunta		6.6'	SR4, SR3	SR4 al mandrino, SR3 in contropunta
		b.	Rettifica in tondo esterna ④						SR2, SR7	

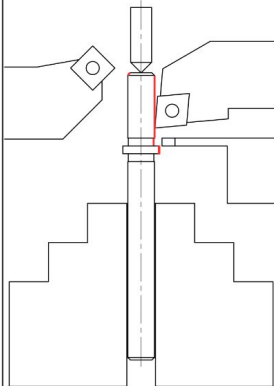
Fogli di FASE (1/5)

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di ingegneria			FASE DI LAVORAZIONE: Particolare n°5 - Pompa a ingranaggi				STUDENTI: Iacopini Duccio, Frandi Matilde			Foglio 1/5	
Materie prime			Materiale: C50E EN10083-2, Caratteristiche: R _m 650 N/mm ²				P _m [KW]	P _{pass} [KW]	V _c [m/min]	n [giri/ min]	
Fase	S. Fase	SCHIZZO DI LAVORAZIONE	n° OPERAZIONE	UTENSILI	ATTREZZATURE	CONTROLLO	η	p [mm]	n° _{pass}	a [mm/ giro]	
20	a.		1	Φ16 in piattaforma autocentrante, troncare sup. (3) a 130 mm dal bordo	Portainsero: L151.21-2525-30 Insero: N352.2-300-30-5G-4225	Piattaforma autocentrante al mandrino	Calibro corsoio	1.5 / 0.85	0.163 / 3	30 / 1	600 / 0.1
			2	Centrare Φ16 la sup. (3)	Punta a centrare	Portapunte in controtesta		1.5 / 0.85	0.1	25	500 / 0.1
	b.		1	Φ16 in piattaforma autocentrante, troncare a 110 mm dal bordo, sup. (7)	Come sopra	Come sopra	Come sopra				
			2	Centrare Φ16, sup.(7)	Come sopra	Come sopra	Come sopra				
	c.		1	Bloccare il pezzo con punta e contropunta, eseguire sgrossatura della sup. (1) da Φ16 a Φ14.2	Portainsero: PCLNR 2525 M 12 Insero: CNMG 120408 PMC 4425	Punta e contropunta	Calibro corsoio	1.5 / 0.85	0.181 / 0.9	50 / 1	995 / 0.2

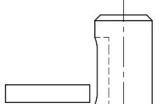
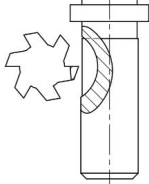
Fogli di FASE (%)

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di ingegneria			FASE DI LAVORAZIONE: Particolare n°5 - Pompa a ingranaggi				STUDENTI: Iacopini Duccio, Frandi Matilde			Foglio 2/5	
Materie prime		Materiale: C50E EN10083-2, Caratteristiche: R _m 650 N/mm ²						P _m [KW]	P _{ass} [KW]	V _c [m/min]	n [giri/ min]
Fase	S. Fase	SCHIZZO DI LAVORAZIONE	n°	OPERAZIONE	UTENSILI	ATTREZZATURE	CONTROLLO	η	p [mm]	n° _{pass}	a [mm/ giro]
20	d.		1	Bloccare il pezzo con la piattaforma autocentrante a 30 mm dal bordo. Sgrossare (2) da Ø14.2 a Ø10.2	Portainsero: PCLNR 2525 M 12 Insero: CNMG 120408 PMC 4425	Piattaforma autocentrante al mandrino Contropunta in controtesta	Calibro corsoio	1.5 0.85	0.344 2	50 1	1000 0.2
			2	Con l'utensile troncatore, creare la gola profonda 0.2 mm a 79 mm dal bordo.	Portainsero: L151.21-2525-30 Insero: N352.2-300-30-5G-4225	Come sopra	Calibro corsoio	1.5 0.85	0.164 3	30 1	940 0.1
			3	Con l'utensile con inserto a 45°, creare uno smusso profondo 1 mm al bordo	Portainsero: PSSNR 2525M 12 Insero: SNMG 12 04 08 - MF 4425	Come sopra	Calibro corsoio	1.5 0.85	- -	70 1	1400 0.1

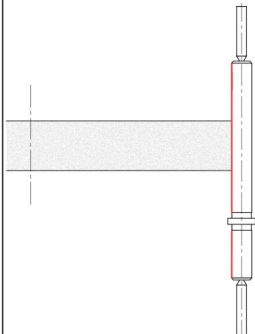
Fogli di FASE (3/5)

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di ingegneria			FASE DI LAVORAZIONE: Particolare n°5 - Pompa a ingranaggi				STUDENTI: Iacopini Duccio, Frandi Matilde			Foglio 3/5	
Materie prime		Materiale: C50E EN10083-2, Caratteristiche: R _m 650 N/mm ²						P _m [KW]	P _{ass} [KW]	V _c [m/min]	n [giri/ min]
Fase	S. Fase	SCHIZZO DI LAVORAZIONE	n°	OPERAZIONE	UTENSILI	ATTREZZATURE	CONTROLLO	η	p [mm]	n° _{pass}	a [mm/ giro]
20	e.		1	Bloccare il pezzo con la piattaforma autocentrante a 30 mm dal bordo. Sgrossare (4) da Ø14.2 a Ø10.2	Portainserito: PCLNR 2525 M 12 Inserito: CNMG 120408 PMC 4425	Piattaforma autocentrante al mandrino Contropunta in controtesta	Calibro corsoio	1.5 0.85	0.344 2	50 1	1000 0.2
			2	Cambiare inserto con quello finitore, dunque finire sup. (1)	Portainserito: PCLNR 2525 M 12 Inserito: CNMG 120408 MF 4425	Come sopra	Calibro corsoio	1.5 0.85	0.04 0.1	70 1	1570 0.2
			3	Con l'utensile troncatore, creare la gola profonda 0.2 mm a 28 mm dal bordo.	Portainserito: L151.21-2525-30 Inserito: N352.2-300-30-5G-4225	Come sopra	Calibro corsoio	1.5 0.85	0.164 3	30 1	940 0.1
			4	Con l'utensile con inserto a 45° profondo 1 mm	Portainserito: PSSNR 2525M 12 Inserito: SNMG 12 04 08 - MF 4425	Come sopra	Calibro corsoio	1.5 0.85	- -	70 1	1400 0.1

Fogli di FASE (4/5)

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di ingegneria		FASE DI LAVORAZIONE: Particolare n°5 - Pompa a ingranaggi					STUDENTI: Iacopini Duccio, Frandi Matilde			Foglio 4/5
Materie prime		Materiale: C50E EN10083-2, Caratteristiche: R_m 650 N/mm ²					P_m [KW]	P_{ass} [KW]	V_c [m/min]	n [giri/ min]
Fase	S. Fase	SCHIZZO DI LAVORAZIONE	n° OPERAZIONE	UTENSILI	ATTREZZATURE	CONTROLLO	η	p [mm]	n°_{pass}	V_a [mm/ min]
30	a.		1 Appoggiare il pezzo sul blocco a V e bloccare il pezzo nella morsa, quindi eseguire la cava, sup. (8) di profondità 2.5 mm dalla superficie. I parametri di taglio sono gli stessi sia per la prima sgrossatura che per le passate di finitura laterali, da eseguire in opposizione	2P342-0318-PA P2BM	Blocchetto a V Morsa	Calibro corsoio	2.2 / 0.85	0.005 / 3	12 / 1	294 / 70
	b.		1 Nella stessa configurazione, utilizzare la fresa a T con $\Phi 13$ ed eseguire la cava, sup. (9), di profondità 2.9 mm	Fresa a T $\Phi 13$	Come sopra	Calibro corsoio	2.2 / 0.85	0.060 / 3.125	12 / 3	1222 / 196

Fogli di FASE (5/5)

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di ingegneria			FASE DI LAVORAZIONE: Particolare n°5 - Pompa a ingranaggi				STUDENTI: Iacopini Duccio, Frandi Matilde			Foglio 5/5	
Materie prime		Materiale: C50E EN10083-2, Caratteristiche: R _m 650 N/mm ²						P _m [KW]	P _{ass} [KW]	V _c [m/s]	n _{mola} [giri/ min]
Fase	S. Fase	SCHIZZO DI LAVORAZIONE	n°	OPERAZIONE	UTENSILI	ATTREZZATURE	CONTROLLO	η	p [mm]	n° _{pass}	a [mm/ giro]
40			1	Bloccare il pezzo con punta e contropunta alla rettificatrice cilindrica, dunque rettificare la superficie (2) a Ra=0.8	Mola in ceramica 38A46-NVS	Blocchetto a V Morsa	Calibro passa-non-passa Φ10g6 Rugosimetro	5.6 0.85	1.4 0.1	35 1	3340 0.02
			1	Nella stessa configurazione, utilizzare la stessa mola per rettificare la superficie (4)	Come sopra	Come sopra	Come sopra	5.6 0.85	1.4 0.1	35 1	3340 0.02



Analisi dei tempi

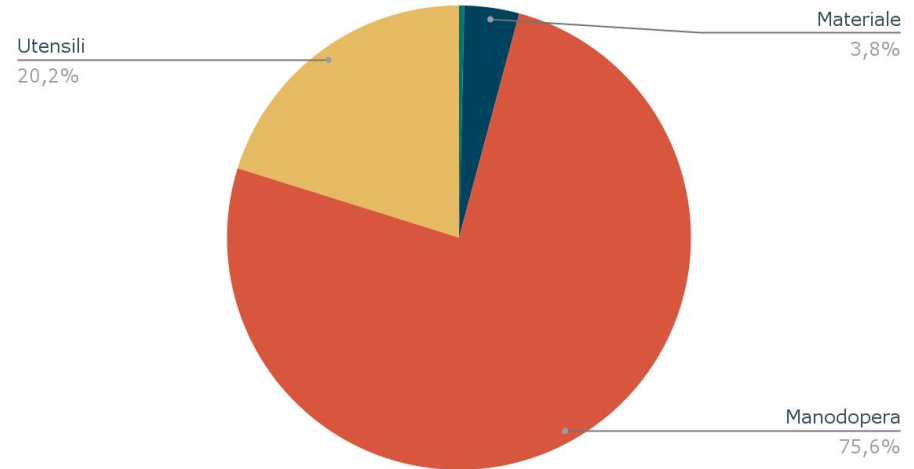
Fase	Tempi attivi [min]	Tempi passivi [min]	Tempo tot. di FASE [min]
Tornitura	2	17	19
Fresatura	0.3	14	14.3
Rettifica	3.66	8.1	11.76

Dunque il tempo totale di ciclo è di **45 min**

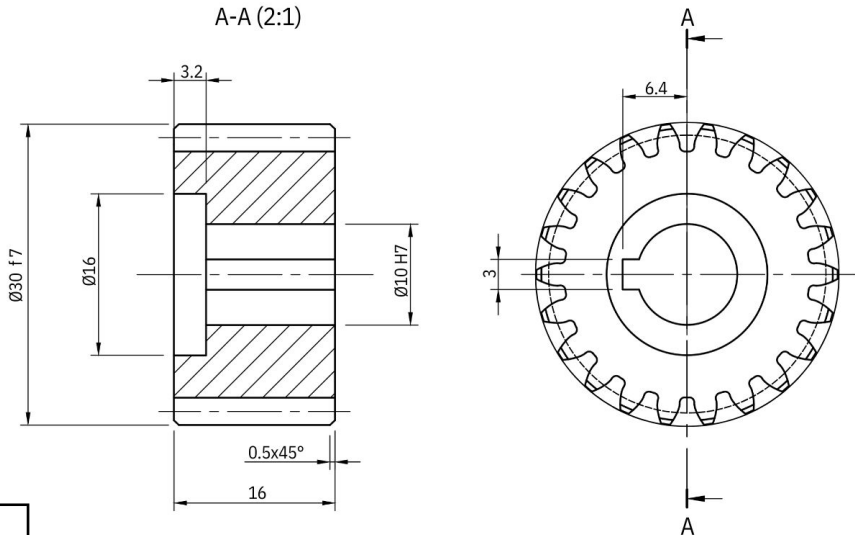
Analisi dei costi

VOCE	COSTO [€]
Macchine	0.089
Energia elettrica	0.001
Materiale	0.947
Manodopera	18.75
Utensili	5.000
TOT.	24.8 ≈ 25

Suddivisione dei costi



Ingranaggio conduttore - Particolare 4



m	1.25
z	22
d	27.5
ha	1.25
hf	1.562
h	2.812
da	30
df	24.376
α	20°

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di Ingegneria			
Particolare	Particolare n°4	Materiale: C50E	Foglio 1 : 1
Complessivo	Pompa a ingranaggi		Scala 2 : 1
Disegnatori	Iacopini Duccio Frandi Matilde		

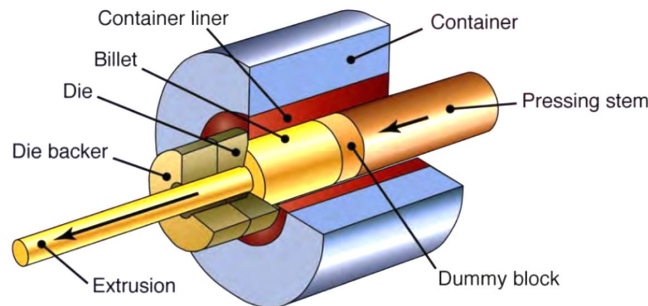
Scelta del processo

- Materiale: C50E EN 10083-2
- Cosa vogliamo ottenere?

➔ Una RUOTA DENTATA

quindi l'effetto dell'incrudimento risulterebbe molto utile.

Scegliamo l'**ESTRUSIONE A FREDDO** di tipo DIRETTO



Qualità materiale	C50E
Norma di riferimento	EN 10083-2: 2006
Numero	1.1206

Composizione chimica								
C%	Si% max	Mn%	P% max	S% max	Cr% max	Mo% max	Ni% max	Scostamenti ammessi per analisi di prodotto
0,47-0,55	0,40	0,60-0,90	0,030	0,035	0,40	0,10	0,40	
± 0,02	+0,03	± 0,04	+ 0,005	+ 0,005	--	--	--	
Cr+Mo+Ni max 0,63%								
Per il tipo C50R n° 1.1241 S% 0,020-0,040 scostamento di prodotto ± 0,005								

Temperature in °C					
Deformazione a caldo	Normalizzazione	Tempra	Tempra	Rinvenimento	Distensione
1100-850	860 aria	830 acqua	850 olio o polimero	550-650 aria	50 sotto la temperatura di rinv.
Ricottura di lavorabilità	Ricottura isoterica	Stato naturale	Tempra provetta Jominy	Preriscaldamento per saldatura	Distensione dopo saldatura
700 aria (HB max 217)	800 raff. forno fino a 660 poi aria (HB 180-226)	-- (HB max 255)	850 acqua	250 Ac1 Ac3	600 raff. forno Ms Mf
				730 765	320 100

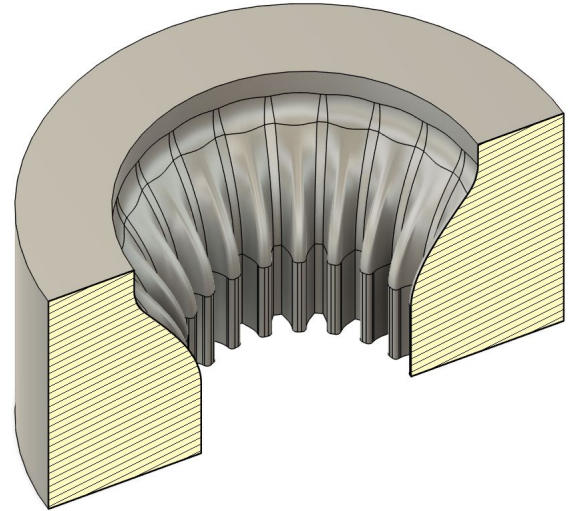
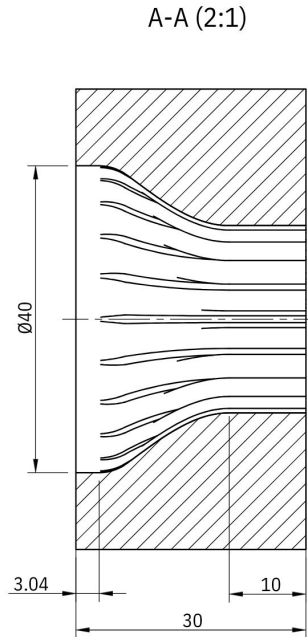
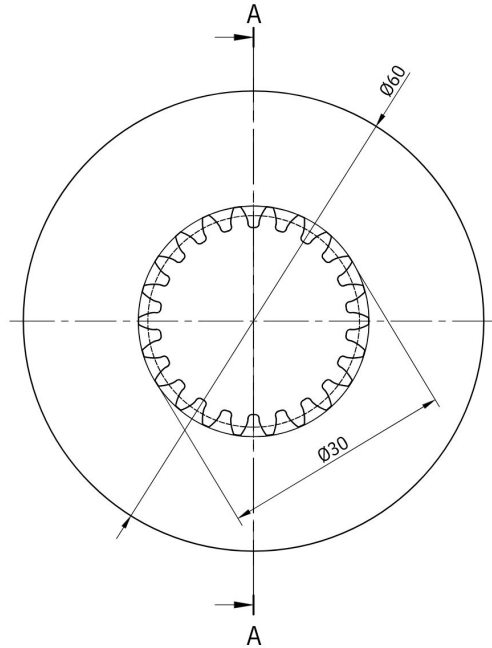
Proprietà meccaniche e fisiche							
Laminati a caldo caratteristiche meccaniche allo stato normalizzato EN 10083-2: 2006							
diametro/spess. mm	Prova di trazione in longitudinale a +20 °C						
	R	Re ^{a)}	A%	C%	Kv	HB	
oltre fino a	N/mm ² min	N/mm ² min.	min.	min.	J min.	min	
16/16	650	355	13	--	--	200	
16/16 100/100	610	320	14	--	--	183	
100/100 250/250	590	290	14	--	--	176	

Laminati a caldo caratteristiche meccaniche allo stato bonificato EN 10083-2: 2006							
diametro/spess. mm	Prova di trazione e resilienza in longitudinale a +20 °C						
	R	Re ^{a)}	A%	C%	Kv	HB	
oltre fino a	N/mm ²	N/mm ² min	min.	min.	J min	per informazione	
16/8	750-900	520	13	30	--	225-271	
16/8 40/20	700-850	460	15	35	--	213-253	
40/20 100/60	650-800	400	16	40	--	200-240	

^{a)} Re carico unitario di snervamento superiore, qualora non si manifesti marcatamente, va considerato Rp 0,2

Tabella di rinvenimento valori a temperatura ambiente su tondo Ø 10 mm dopo tempra a 830 °C in acqua					
HB	560	481	409	326	242
HRC	55	50	44	35	23
R N/mm ²	2070	1760	1430	1080	810
Rinv. °C	200	300	400	500	600

Design della matrice di estrusione





Calcoli per la deformazione e stima della forza necessaria

- Deformazione Plastica:

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{A_0}{A_f}\right) = \ln\left(\frac{1256,6}{587}\right) = 0,7665$$

- Tensione in campo elastico:

$$\sigma = K \cdot \varepsilon^n = 970 \cdot 0,7665^{0,15} = 932 \text{ MPa}$$

- Lavoro di deformazione:

$$W_i = K \cdot \frac{\varepsilon^{n+1}}{n+1} = 970 \cdot \frac{0,7665^{0,15+1}}{0,15+1} = 621 \text{ J}$$

- Aumento di temperatura:

$$\Delta T = \frac{W_i}{\rho \cdot c} = 165^\circ$$

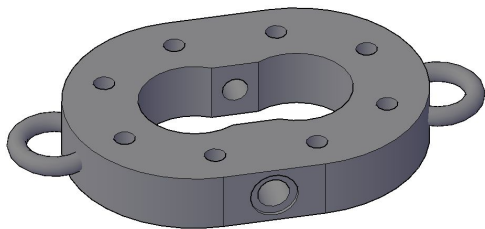
- Pressione da esercitare:

$$p = \sigma \cdot (K_1 + K_2 \cdot \ln\left(\frac{A_0}{A_f}\right)) = 932 \cdot (0,8 + 1,2 \cdot \ln\left(\frac{1256,6}{587}\right)) \\ = 2 \text{ GPa}$$

- Forza totale:

$$F = p \cdot A_0 = 3.8 \text{ MN}$$

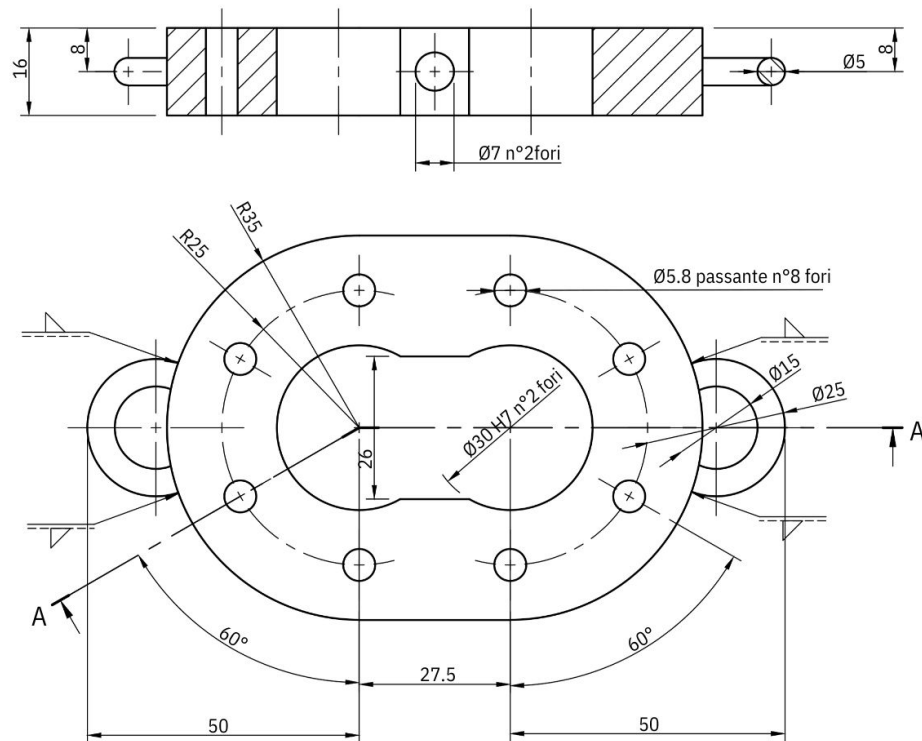
Saldatura



Tolleranze generali: ISO 2768-mK
Rugosità generale: Ra = 3.2 µm

UNIVERSITÀ DI PISA Scuola di Ingegneria			
Particolare	Particolare n°7	Materiale: G-AlSi5-CuMg	Foglio 1 : 1
Complessivo	Pompa a ingranaggi		Scala 1 : 1
Disegnatori	Iacopini Duccio Frandi Matilde		

A-A (1:1)





Scelte progettuali

- Materiale Semi-anelli: lega di Alluminio e Magnesio
- Giunti: a T (a cordone d'angolo)
- Tipo Saldatura: MIG

PARAMETRI DI SALDATURA:

- Modalità di saldatura: Spray arc
- Voltaggio: 25 V
- Gas di protezione: Argon
- Materiale d'apporto: filo di Al-Si 4043 di diametro $\Phi 1.2$ mm
- Velocità di apporto materiale: 10 m/min

Macchina

ALIMENTAZIONE ELETTRICA: 20 - 350 A (DC)

APPLICAZIONI

Saldatura di alluminio: spessori limite: 1.2 - 12.7 mm ;

Saldatura di acciaio: spessori limite: 0.5 - 12.7 mm ;

Saldatura di acciaio inox: spessori limite: 0.5 - 12.7 mm ;

MATERIALI D'APPORTO

Alluminio: 0.9 mm - 1.2 mm ;

Acciaio: 0.6 mm - 1.2 mm ;

Acciaio inox: 0.6 mm - 1.2 mm ;

VELOCITÀ DEL FILO: 1.3 - 20 m/min ;



**Grazie per
l'attenzione
e**