

PERCHÉ SERVIRSI DELLA MdP ?

1. Esigenze del materiale

Carburi, metalli refrattari, materiali misti come spazzole elettriche o materiali di attrito, ceramica non possono essere prodotti mediante fusione

2. E' necessaria la porosità

Per boccole autolubrificanti
Per filtri

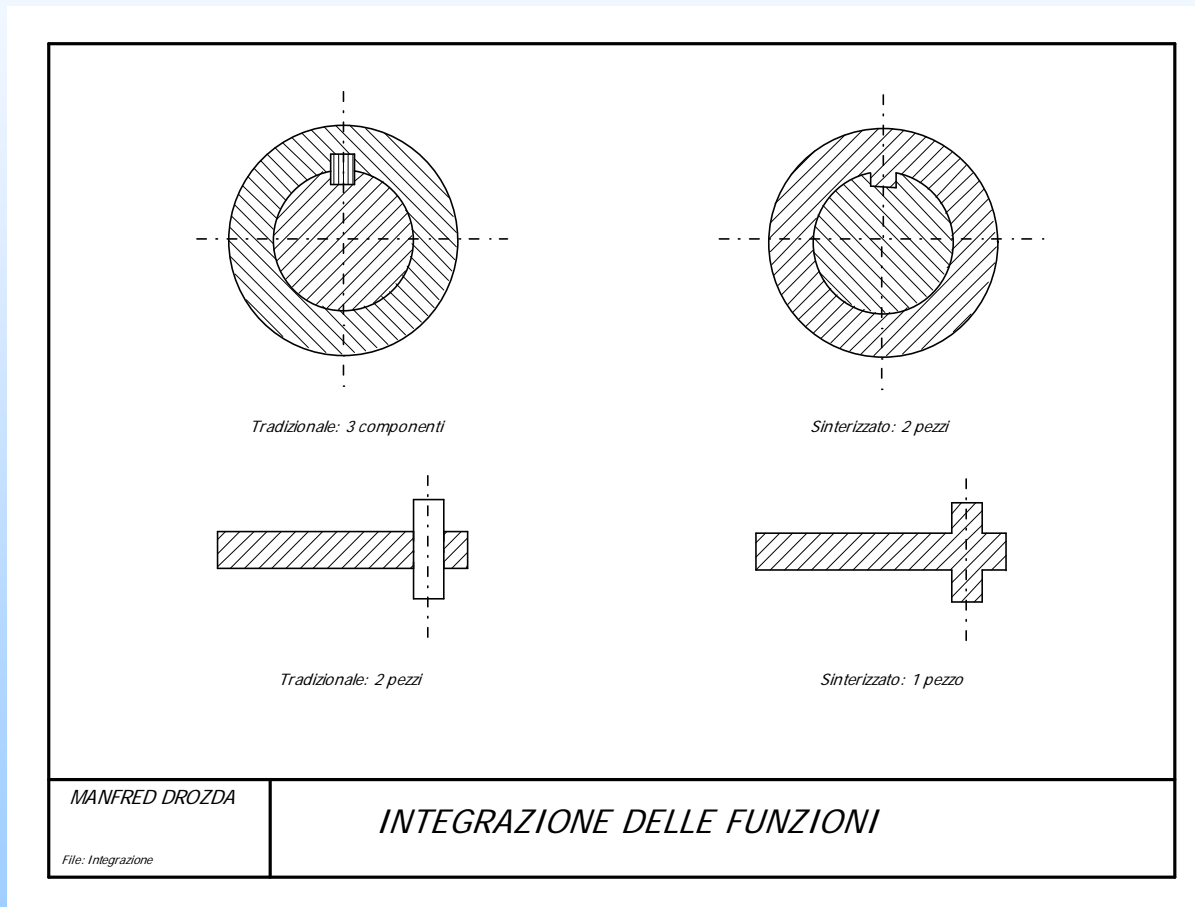
3. Per convenienza economica

La formatura della metallurgia delle polveri costa meno di quella delle tecnologie concorrenti (motivo preponderante)

La MdP è competitiva, se rispetto alle tecnologie tradizionali può essere risparmiata più di una lavorazione.

In genere la MdP non offre vantaggi se il pezzo può essere prodotto senza ulteriori lavorazioni da: tranciatura, tornitura da barra, pressofusione di Al o Zn, fucinatura.

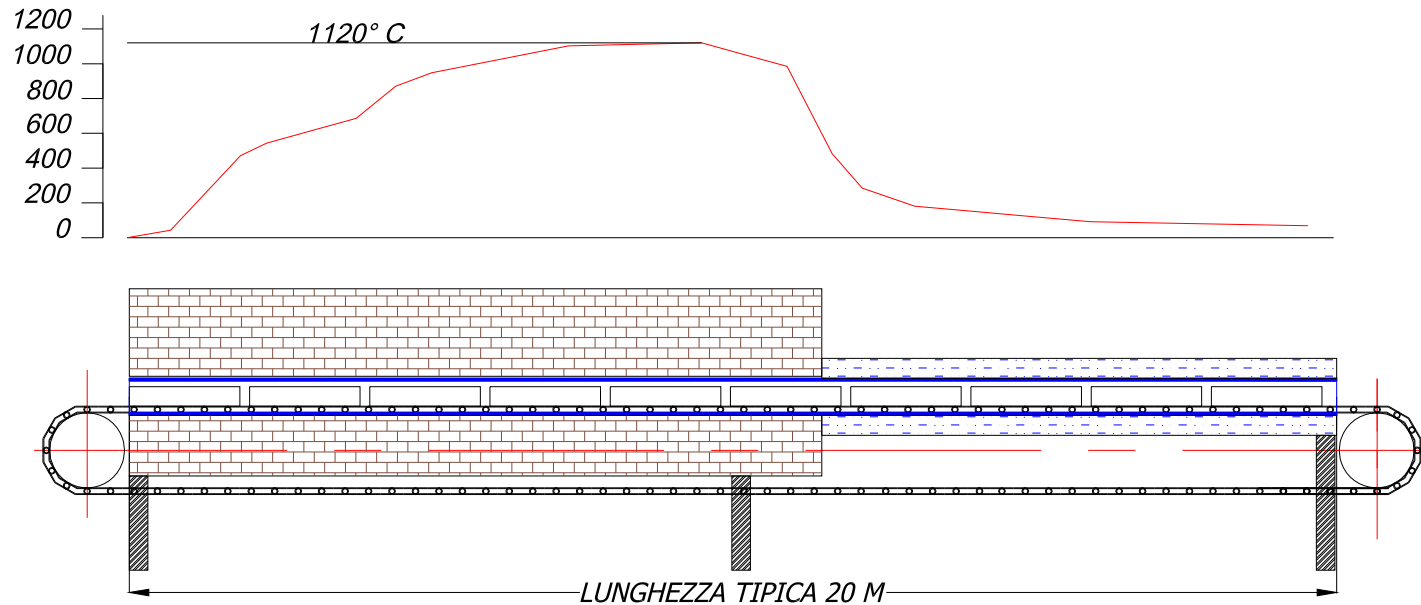
La MdP offre ampie possibilità di integrare più funzioni nel singolo pezzi rispetto a molte tecnologie tradizionali.



Le fasi del processo

- Preparazione della miscela (facoltativo perché possono essere utilizzate anche premiscele)
- **Compattazione (fase obbligatoria)**
- **Sinterizzazione (fase obbligatoria)**
- Calibratura e/o lavorazioni meccaniche (facoltativo)
- Trattamenti termici di vari tipi (facoltativo)
- Impregnazione d'olio (facoltativo)
- Rivestimenti galvanici, di vernice etc (facoltativo)

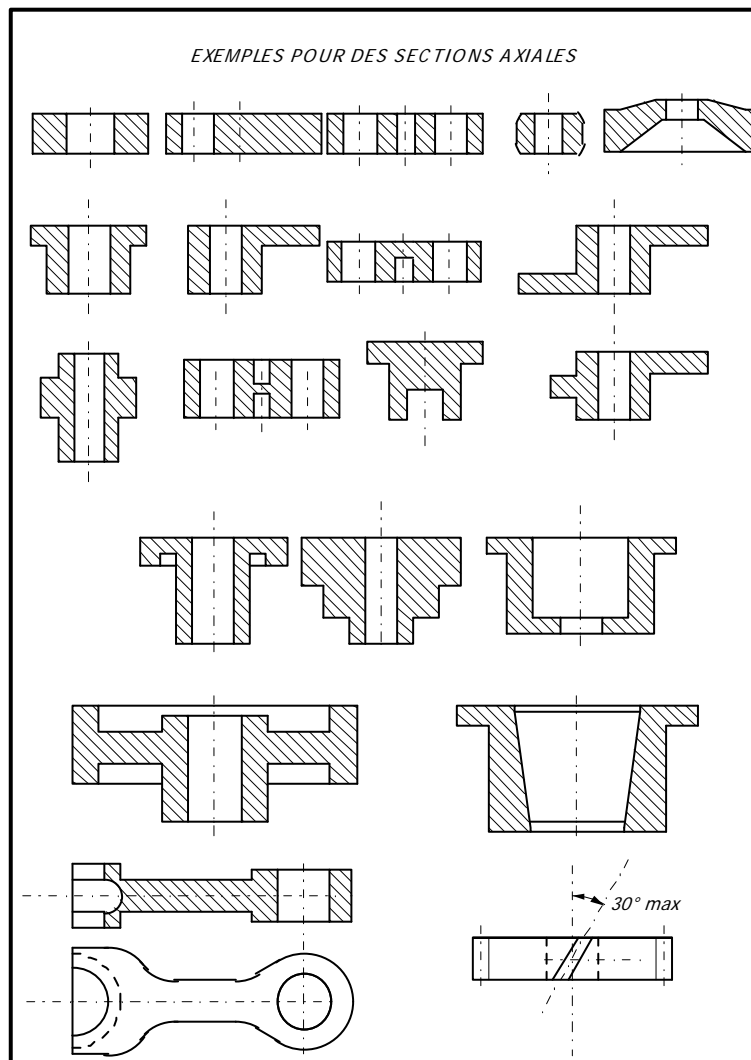




| | |
|----------------------------------|--|
| <i>Atmosfera protettiva:</i> | <i>o endogas o azoto/idrogeno</i> |
| <i>Riscaldamento:</i> | <i>o elettrico, o a gas o ibrido</i> |
| <i>Permanenza a temperatura:</i> | <i>15 - 25 min</i> |
| <i>Larghezza nastro:</i> | <i>tipicamente da 400 a 800 mm</i> |
| <i>Tempo di attraversamento:</i> | <i>210 min</i> |
| <i>Opzione:</i> | <i>raffreddamento veloce per la tempra</i> |

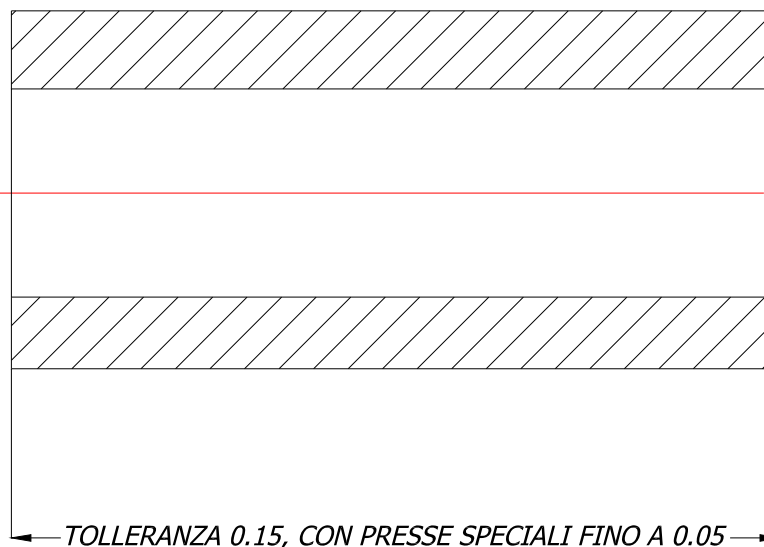
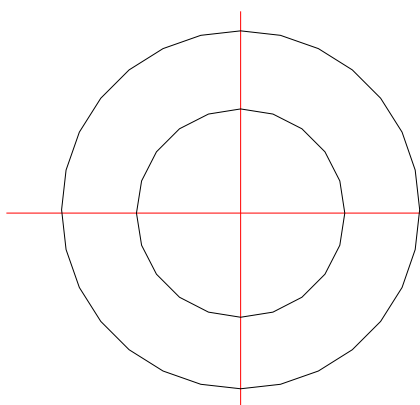
FORNO DI SINTERIZZAZIONE





PRINCIPI FONDAMENTALI DELLA COMPATTAZIONE:

- Si compatta della polvere con densità apparente di ca. 3 g/cm^3 per ottenere dei pezzi compattati con densità da 6 a $7,2 \text{ g/cm}^3$ (Rapporto di compattazione da 2,0 a 2,5, pressione fino a 700 N/mm^2).
- Ogni spessore nella sezione parallela alla direzione di compattazione corrisponde ad una colonna di polvere.
- Ogni colonna di polvere necessita la propria altezza di riempitura e corsa di compattazione, **altrimenti le densità nei singoli spessori saranno diverse.**
- Spessore dei fondi perpendicolari alla direzione di pressatura $\geq 1 \text{ mm}$.
- Rapporto lunghezza/spessore delle pareti
 - ≤ 6 per densità $> 6,8 \text{ cm}^3$
 - ≤ 10 per densità $6,4 - 6,8 \text{ cm}^3$
 - fino a 20 per bassa densità (boccole in bronzo)
- Evitare sottosquadri perpendicolari alla direzione di formatura (formabili solo nei casi particolari).



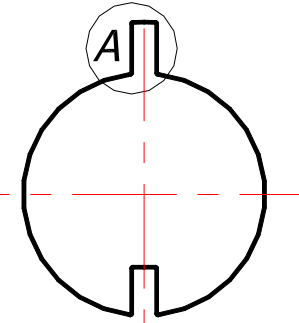
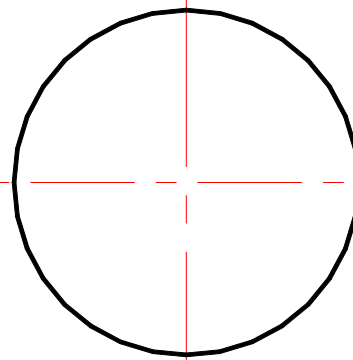
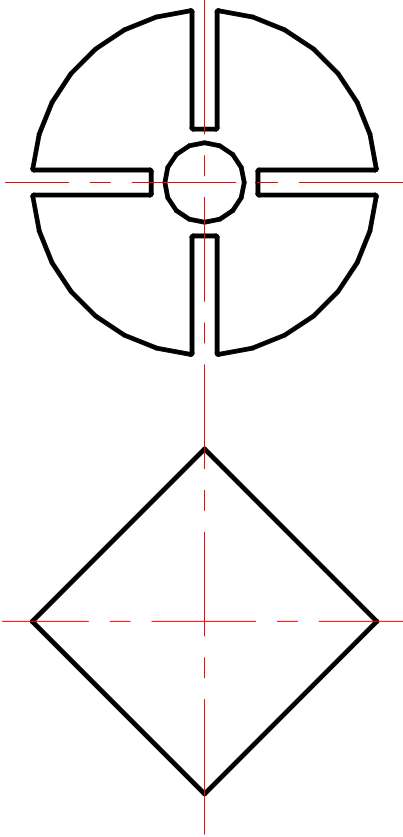
TOLLERANZA \varnothing :
DOPO SINT: IT9
DOPO CALIBRATURA: FINO A IT6

TOLLERANZA \odot :
N° DELLE DIVISIONI STAMPO * 0,15 = 0,03

SPESSORE PARETI:
SPESSORE MIN IN ASSOLUTO: ca. 0.5
RAPPORTO ALTEZZA PEZZO/SPESSORE PARETE:
Densità > 6,8 g/cm³: <6
Densità da 6.4 - 6,8 g/cm³: >6 - 10
Densità < 6.4 g/cm³: >10 - 20

PEZZO AD UN LIVELLO

TOLLERANZE



DENTATURE

MODULO $\geq 0,5$

QUALITA' DIN:

SINTERIZZATO IT9

CALBRATO IT8

TEMPRATO IT10

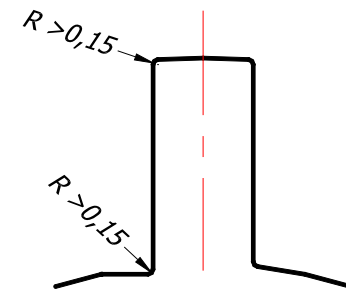
ERRORI DI ROTOLAMENTO:

$f_i \geq 0,02$

f_i DIPENDE DALL'ERRORE

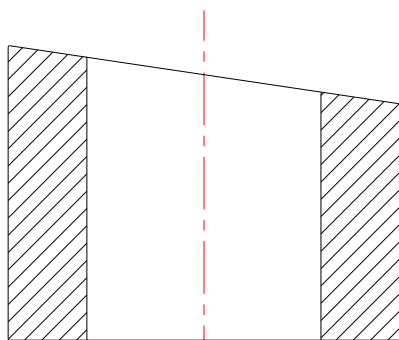
DI ESCURSIONE (VEDI QUI)

DETTAGLIO A



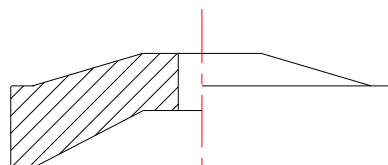
PEZZO AD UN LIVELLO

PROFILI



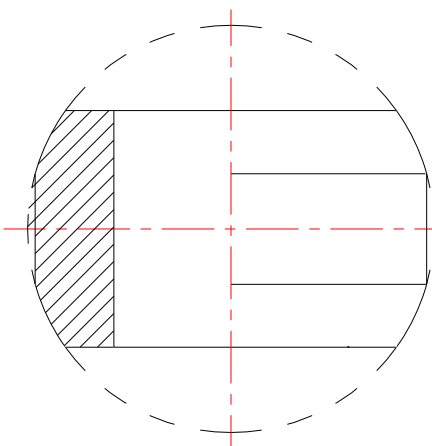
FACCE NON PARALLELE

VARIAZIONI DELLO SPESSORE SONO AMMISSIBILI FINO AL 20 %.



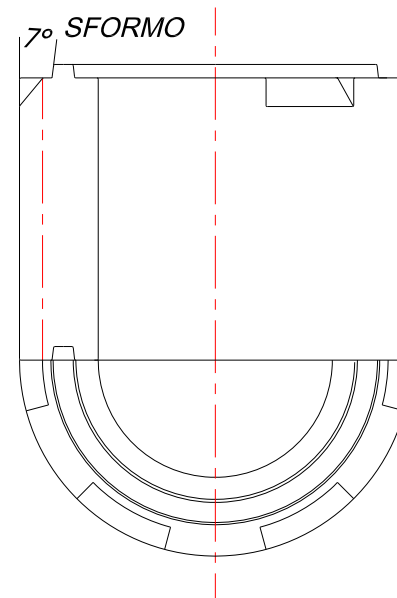
RAZZE INCLINATE:

LA VARIAZIONE DELLO SPESSORE DELLA RAZZA DIPENDE DAL RAPPORTO DI COMPATTAZIONE.



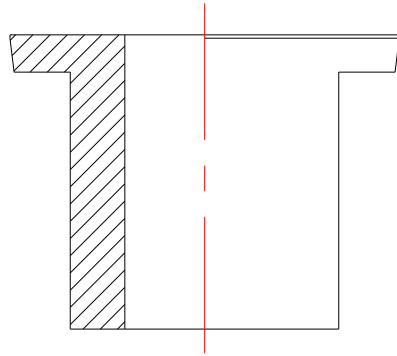
SFERE:

LA FORMATURA DI UNA SFERA INTERA NON É POSSIBILE. BISOGNA LIMITARSI ALLE CALOTTE.



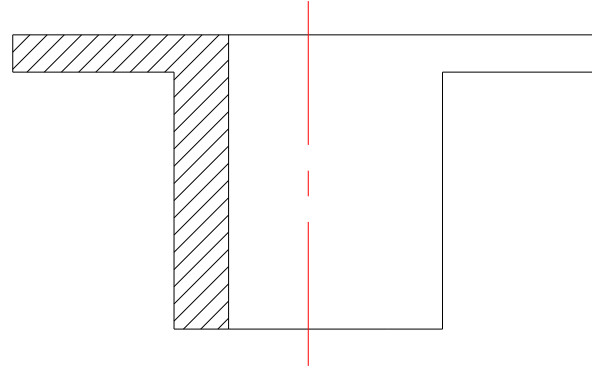
PEZZO AD UN LIVELLO

SEZIONI ASSIALI



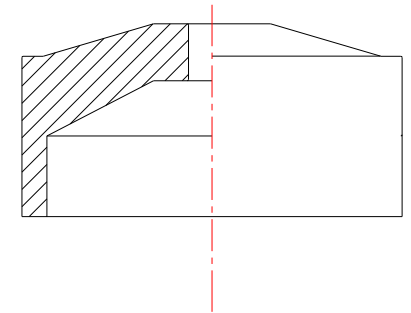
***DIFFERENZA PICCOLA
TRA I Ø***

*IL GRADO PUO' ESSERE REALIZZATO
NELLA MATRICE*



***DIFFERENZA GRANDE
TRA I Ø***

*IL GRADO PUO' ESSERE REALIZZATO
SOLO CON DUE PUNZONI INFERIORI*

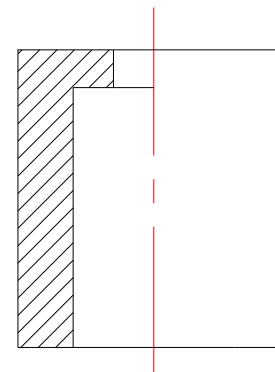
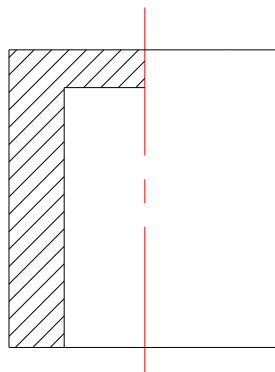
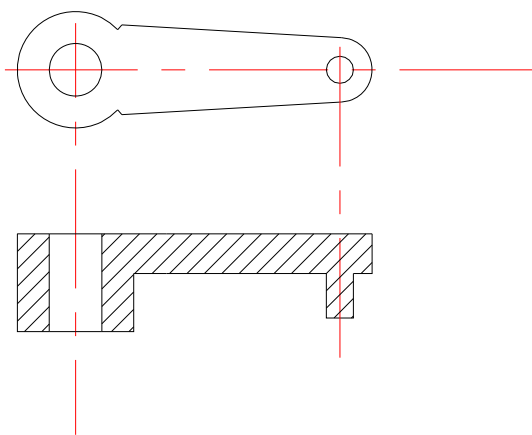


RAZZE INCLINATE:

*LA VARIAZIONE DELLO SPESSORE
DELLA RAZZA DIPENDE DAL RAPPORTO
DI COMPATTAZIONE.*

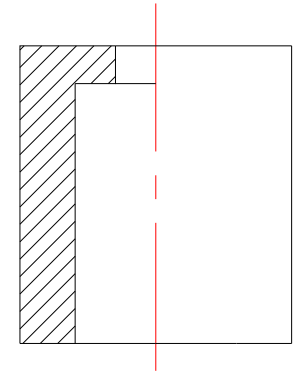
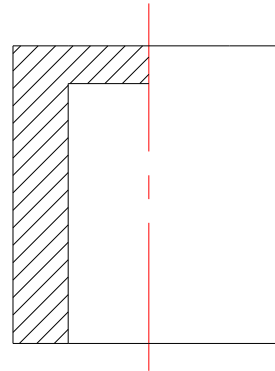
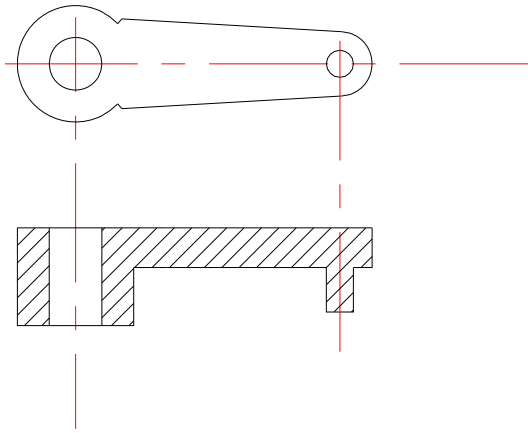
PEZZO A DUE LIVELLI/1

SEZIONI ASSIALI



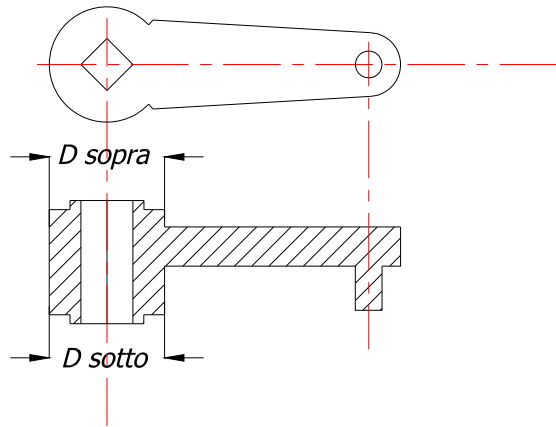
PEZZO A DUE LIVELLI/2

SEZIONI ASSIALI



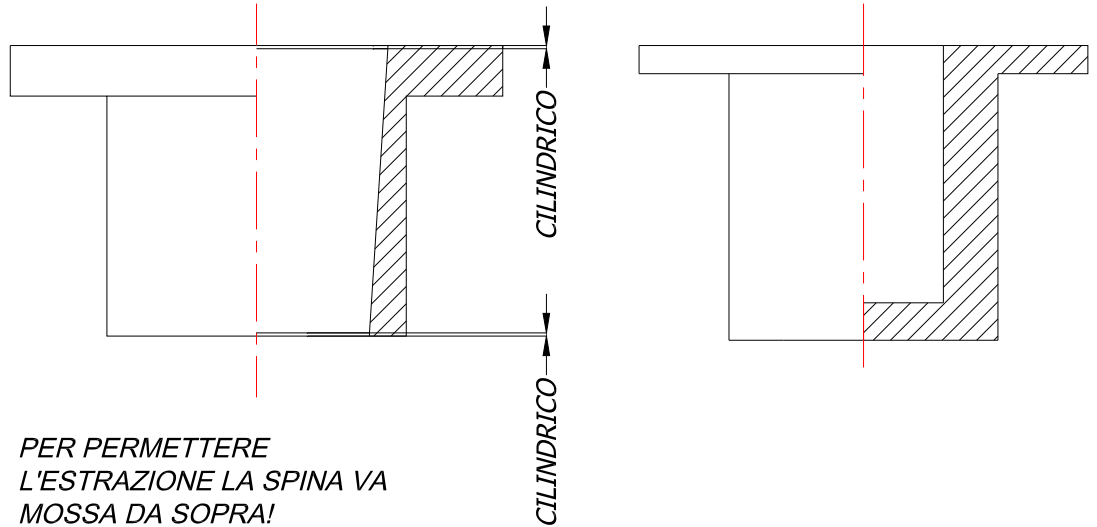
PEZZO A DUE LIVELLI/2

SEZIONI ASSIALI



N.B.

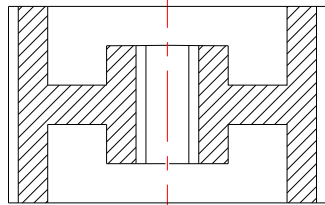
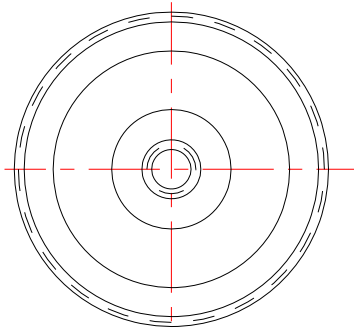
\varnothing sopra e sotto DEVONO
ESSERE UGUALI!



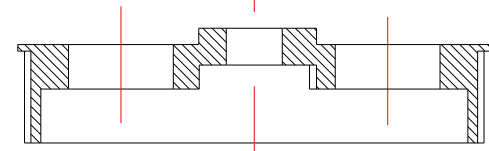
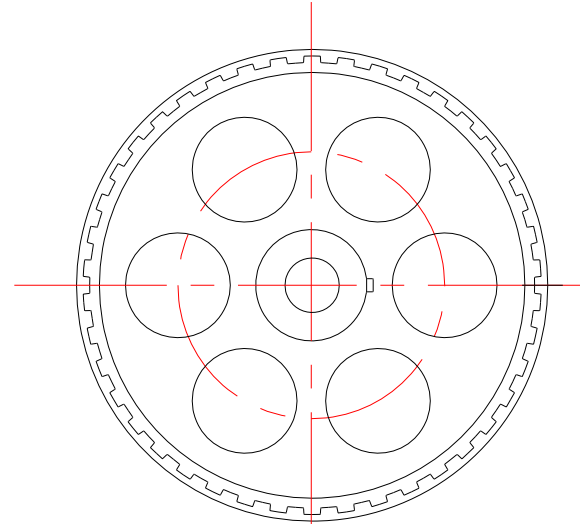
PER PERMETTERE
L'ESTRAZIONE LA SPINA VA
MOSSA DA SOPRA!

PEZZO A PLURILIVELLI 1

SEZIONI ASSIALI



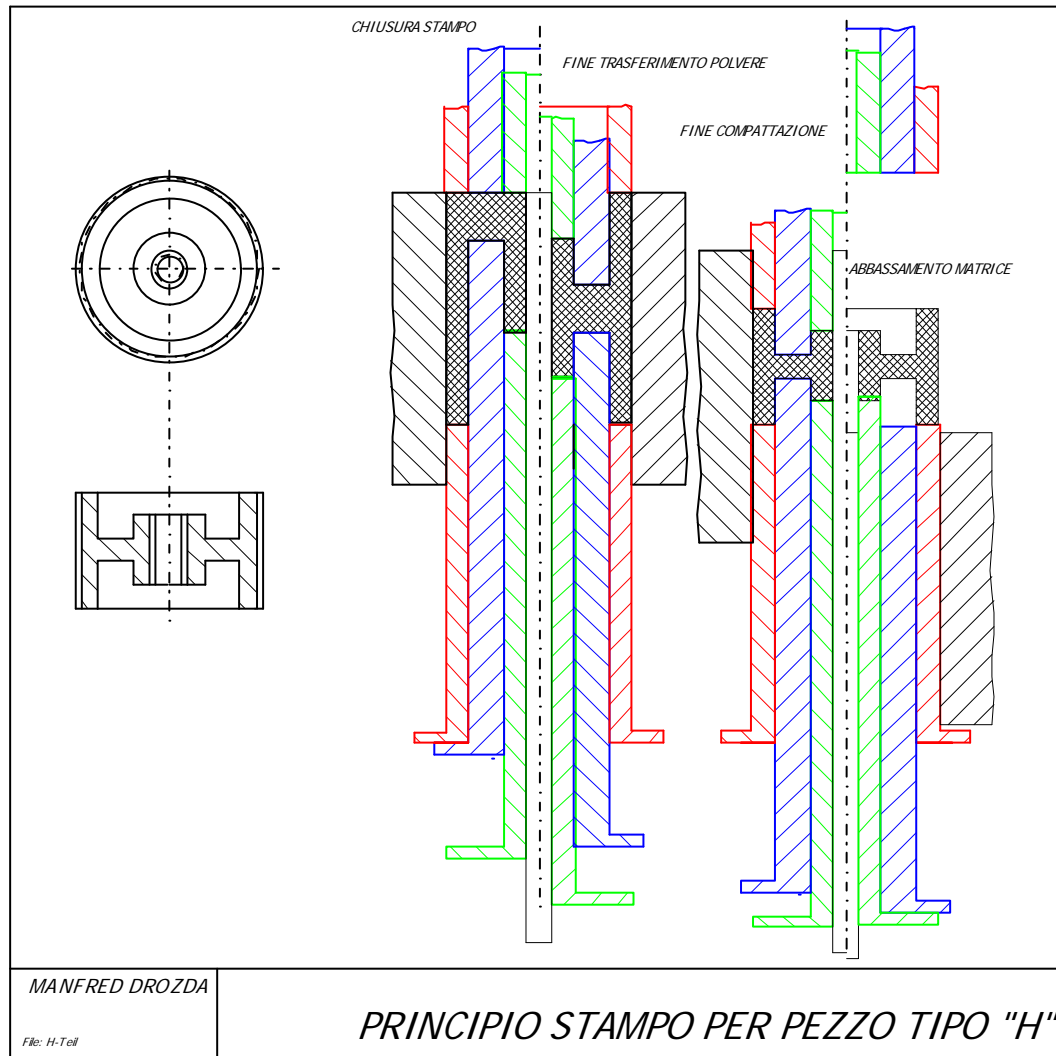
MOZZO SCORREVOLE

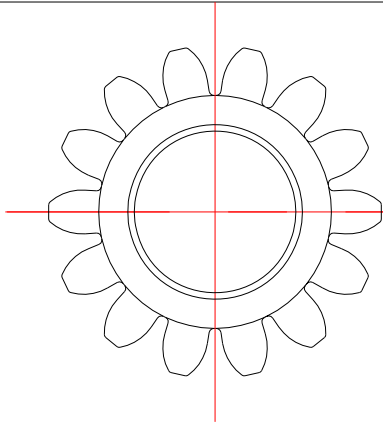


PULEGGIA DI DISTRIBUZIONE

PEZZO A PLURILIVELLI 2

Stampo per pezzo tipo "H"





DENTATURE

MODULO $\geq 0,5$

QUALITA' DIN:

| | |
|---------------------|-------------|
| <i>SINTERIZZATO</i> | <i>IT9</i> |
| <i>CALBRATO</i> | <i>IT8</i> |
| <i>TEMPRATO</i> | <i>IT10</i> |

ERRORI DI ROTOLAMENTO:

$f_i \geq 0,02$

*FI DIPENDE DALL'ERRORE
DI ESCURSIONE (VEDI QUI)*

RAGGI DI RACCORDO

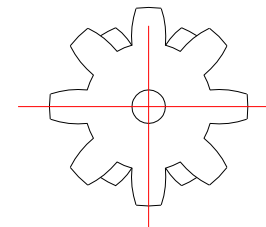
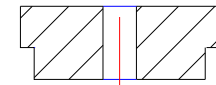
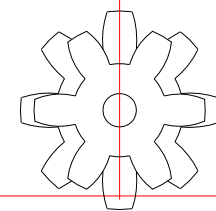
$R \geq 0,15$

DENTATURE ELICOIDALI:

ANGOLO DI ELICA $\leq 35^\circ$

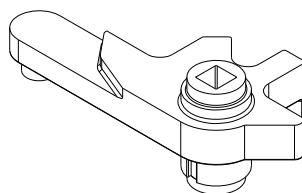
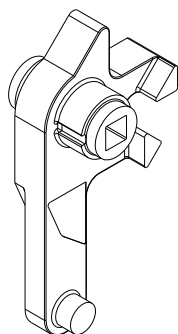
DENTATURE SPIROCONICHE:

*SENZA ELICA FATTIBILI, CON ELICA CI SONO
RESTRIZIONI.*



*DOPPIO INGRANAGGIO CON
DENTATURE SOVRAPPOSTE:
BISOGNA LAVORARE CON
MATRICE DIVISA*

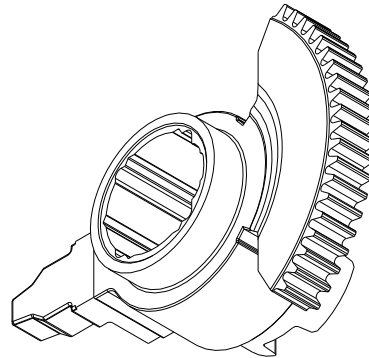
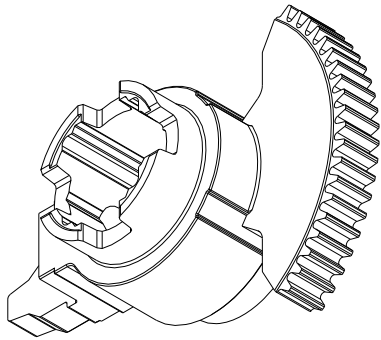
DENTATURE



- FASI DI PRODUZIONE*
- *PRESSATURA (TPA70)*
 - *SINTERIZZAZIONE*
 - *BURATTATURA*
 - *IMBALLO*

LEVA DI SERRATURA

SINT D39

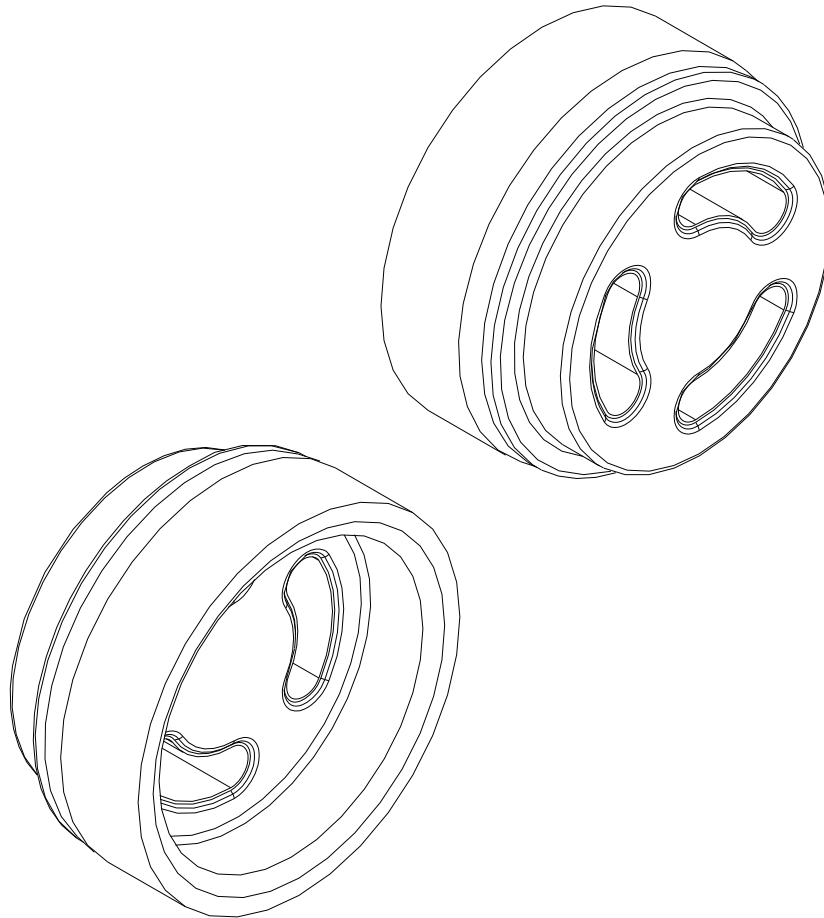


FASI DI PRODUZIONE:

- *PRESSATURA (TPA70)*
- *SINTERIZZAZIONE*
- *FORATURA/FILETTATURA*
- *TRATTAMENTO TERMICO*
- *BURATTATURA*
- *OLIATURA*
- *IMBALLO*

SEGMENTO DENTATO

SINT D 30 CARBOCEMENTATO

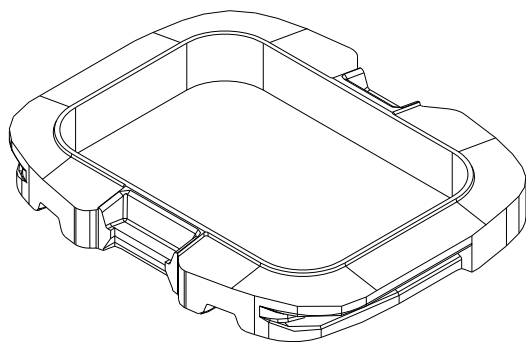


FASI PRINCIPALI DI PRODUZIONE

- *PRESSATURA*
- *SINTERIZZAZIONE A 1120°C (azoto/idrogeno)*
- *CALIBRATURA*
- *BURATTATURA*

UGELLO

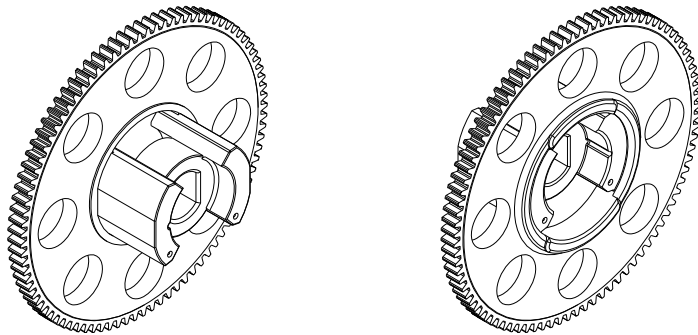
SINT C40



- FASI DI PRODUZIONE*
- *PRESSATURA*
 - *SINTERIZZAZIONE*
 - *IMPREGNAZIONE CON RESINA*
 - *BURATTATURA*
 - *VERNICIATURA CATAFORETICA*

PORTA SPECCHIO

SINT D10 VERNICIATO - pezzo con sottosquadro



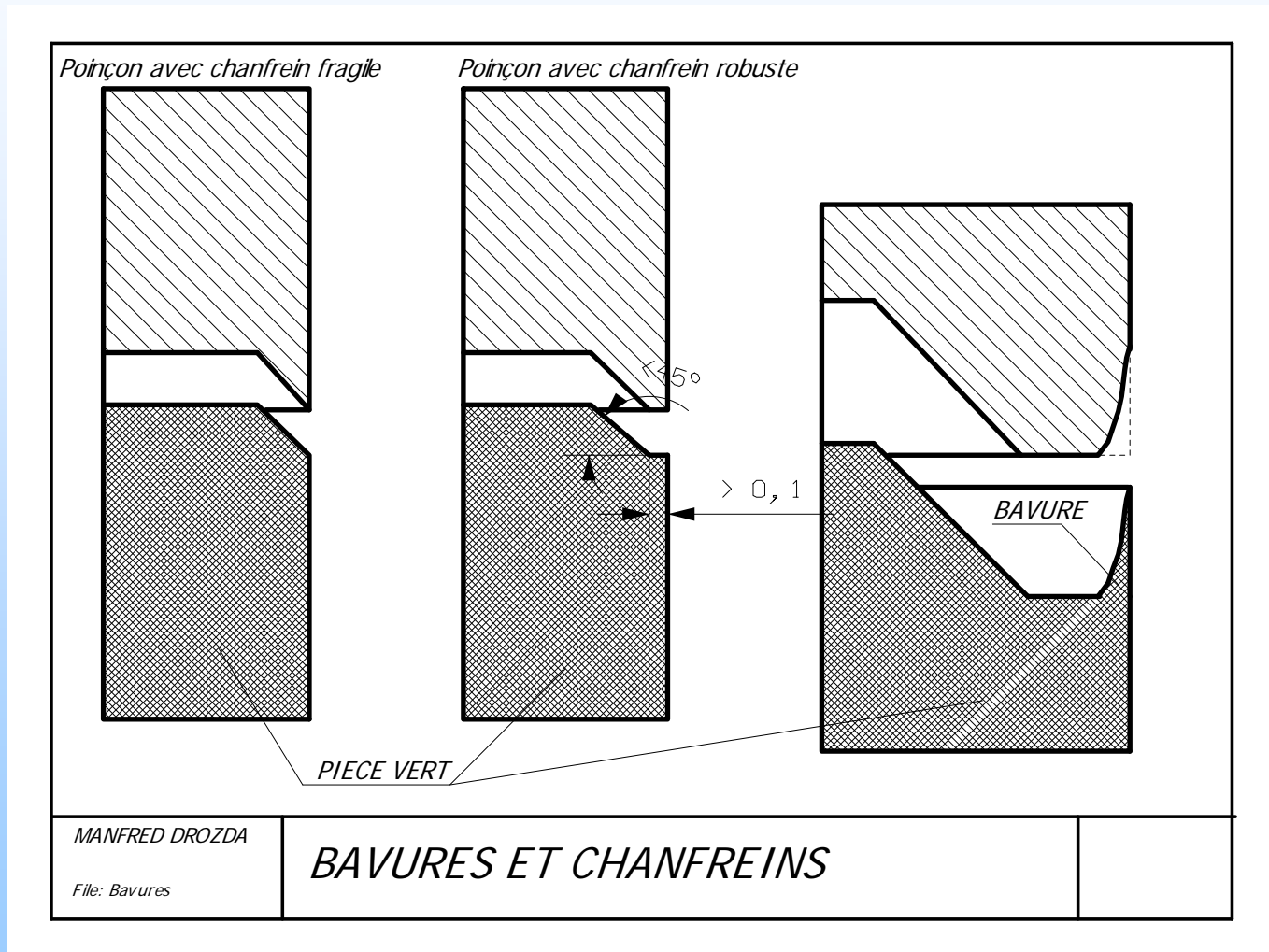
- FASI DI PRODUZIONE*
- *PRESSATURA (TPA 140)*
 - *SINTERIZZAZIONE*
 - *OLIATURA*
 - *IMBALLO*

INGRANAGGIO 89 DENTI

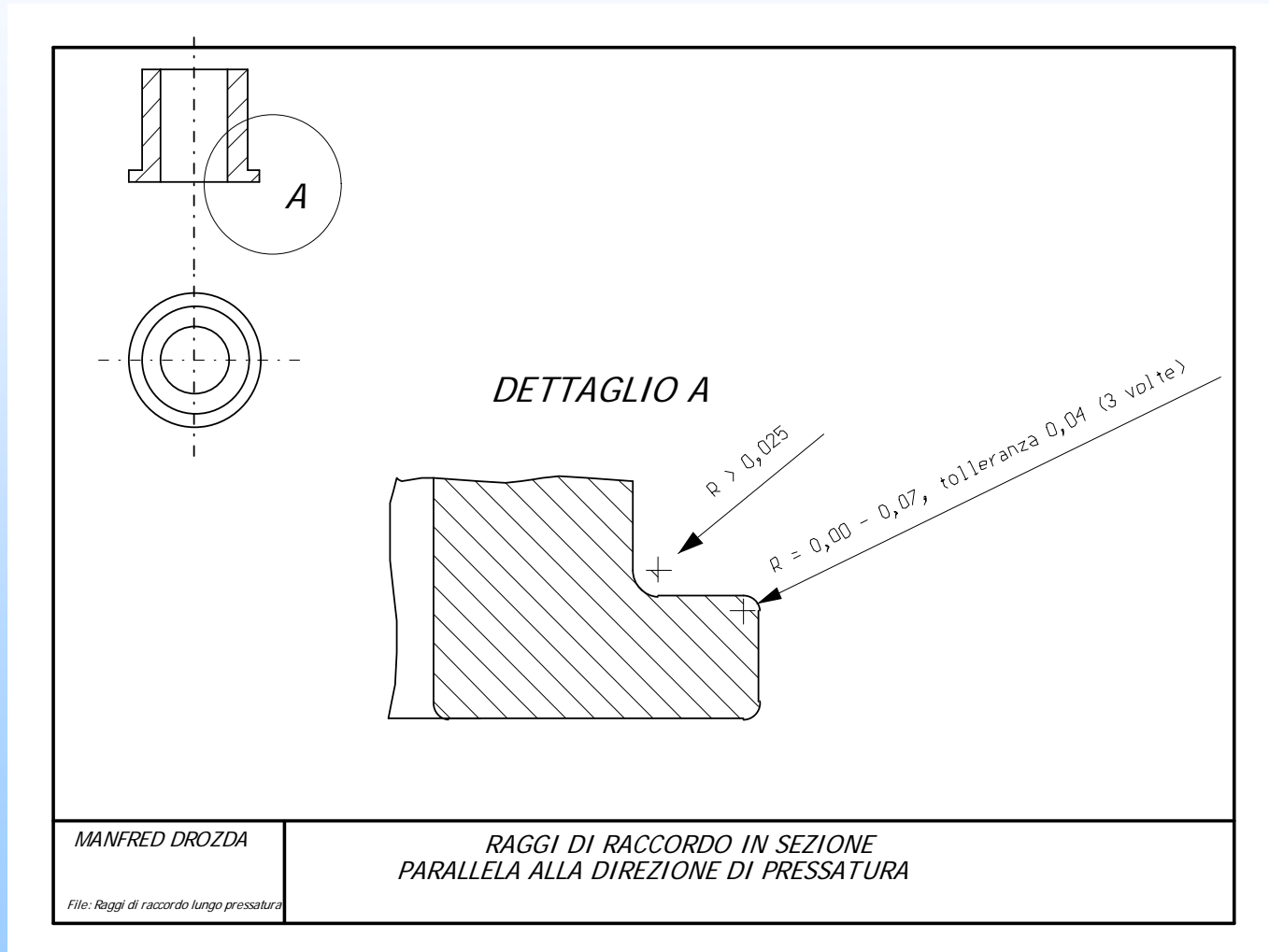
SINT D39

| GRANDEZZA | CAMPO DI TOLLERANZA | |
|--|--|--|
| DIMENSIONI E DIFETTI DI FORMA (in direzione di pressatura) | | |
| Spessori con battuta a lati opposti dello stampo | $\geq 0,15$ mm | |
| Spessori con battuta allo stesso lato dello stampo | 0,10 mm | |
| Gradi sullo stesso punzone | 0,03 | |
| Raggi di raccordo convessi | Tolleranza tipica $+0,02 \div -0,05$ (0,03 nei casi particolari). N.B.: la inevitabile formazione di bave rende necessario il processo di burattatura. Per evitare raggi positivi senza burattatura bisogna scaricare i bordi. | |
| Raggi di raccordo concavi | $\geq 0,03$ | |
| "Assenza di bave" | Questa specifica non è fattibile in tutti i casi. La bave è tolta mediante la burattatura. Se i sassi sono più grandi della cavità non riescono a toglierla completamente. (problema: fondo angolo) | |

Raggi di raccordo in sezione parallela alla direzione di pressatura.



Raggi di raccordo in sezione parallela alla direzione di pressatura.



| GRANDEZZA | CAMPO DI TOLLERANZA | |
|---|--|--|
| DIMENSIONI E DIFETTI DI FORMA (perpendicolari alla direzione di pressatura) | | |
| Diametri Lunghezze | <p>Dopo sinterizzazione: Tipicamente IT9, nei casi particolari IT8</p> <p>Dopo calibratura: Tipicamente IT8, con materiali molto malleabili fino a IT6. N.B.: Interassi non sono calibrabili. Materiali con HV > 120 non sono calibrabili.</p> <p>Dopo tempra Tipicamente IT10, nei casi particolari IT9</p> | |
| Raggi di raccordo | ≥ 0,15 mm | |
| Planarità | Indicazione di massima: 0,1% della dimensione massima | |
| Rotondità | Indicazione di massima: 0,1% del Ø | |
| Concentricità | = 0,015x(n + 1); n = n° delle divisioni stampo | |
| Oscillazione radiale | = concentricità + rotondità | |

Raggi di raccordo in sezione perpendicolare alla direzione di pressatura.

Quasi tutte le sagome sono generate da elettroerosione a filo. Il valore minimo di 0,15 è dettato dalla somma tra il raggio del filo di taglio più la luce tre filo e superficie del pezzo da tagliare.

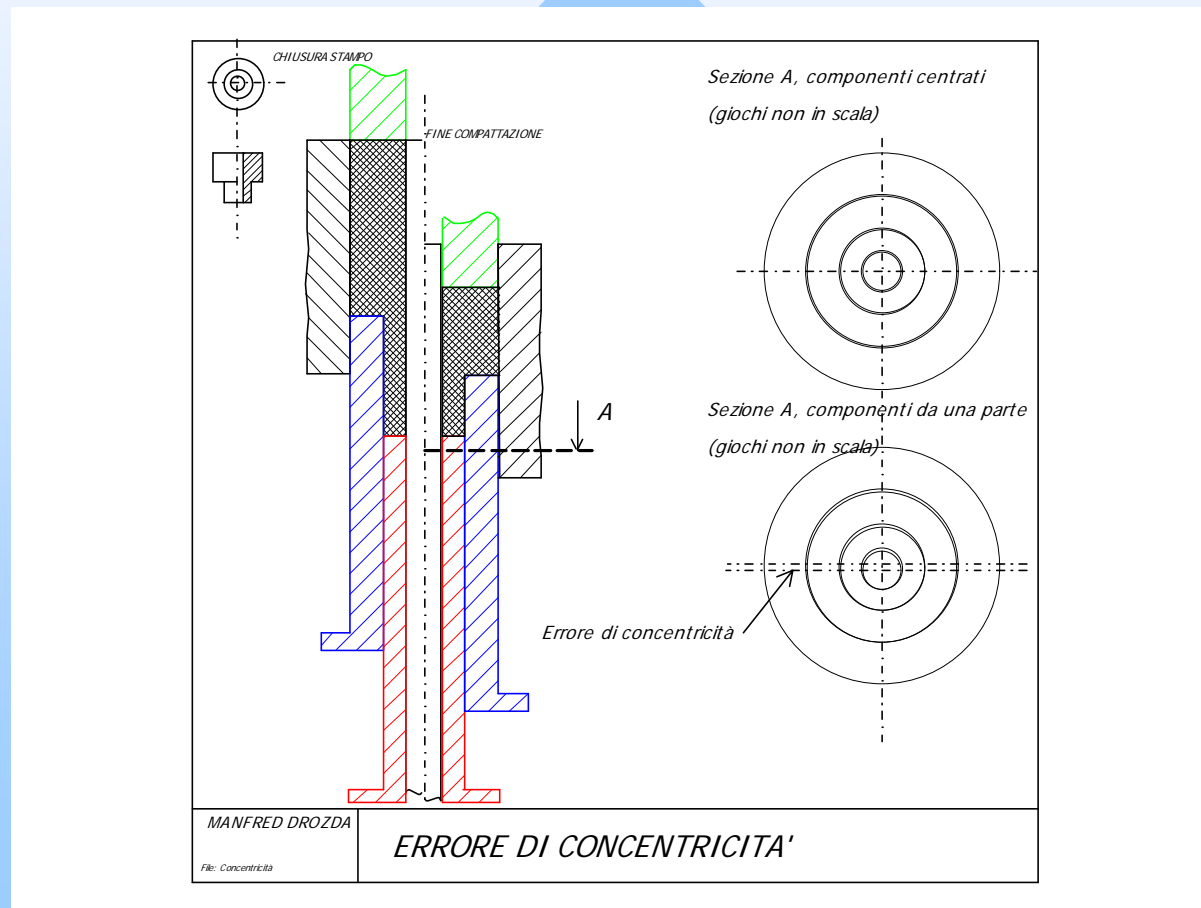
Lunghezze, diametri, rotondità, planarità.

Queste grandezze sono influite da:

Variazioni locali della densità risultanti dalla pressatura.

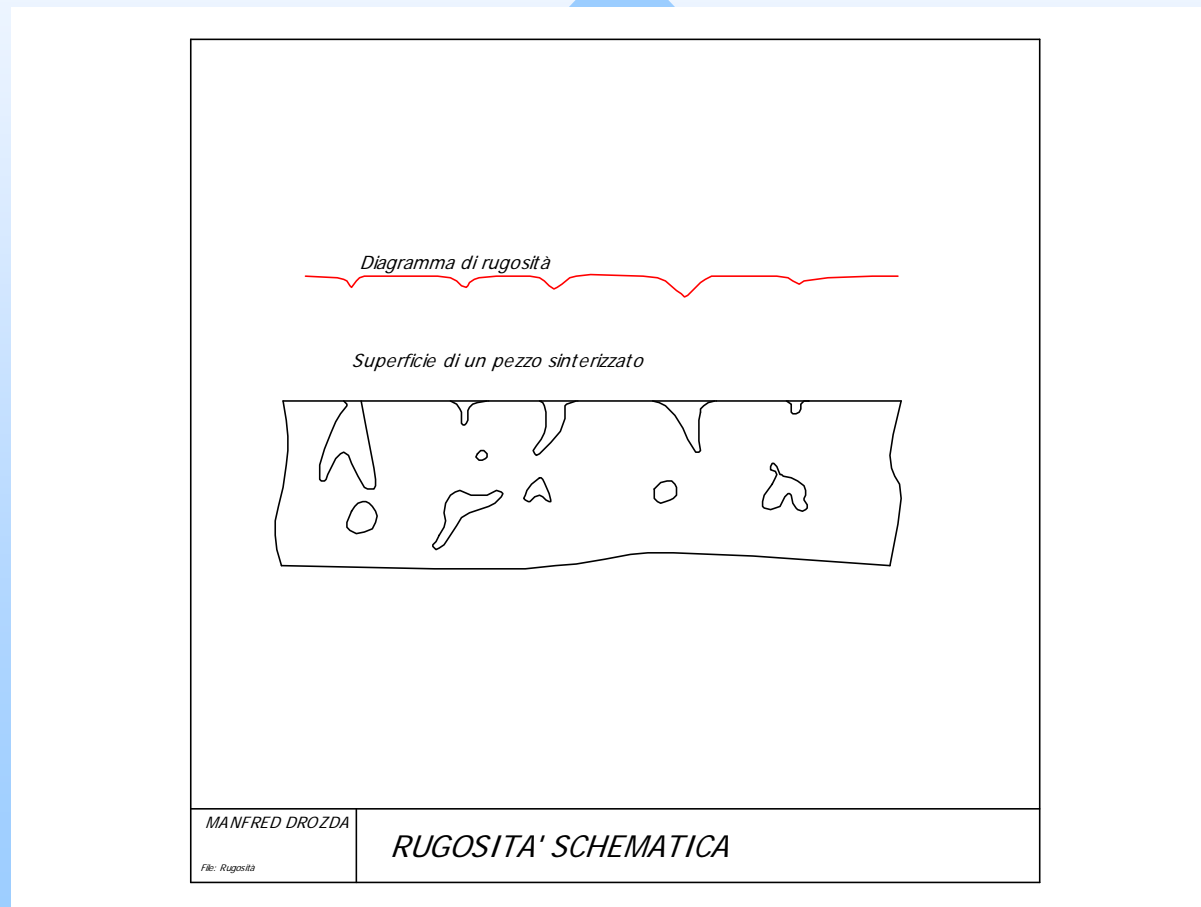
Variazioni dimensionali durante la sinterizzazione ("ritiro").

L'errore di concentricità è causato principalmente dai giochi dei componenti di stampo tra di loro. Un valore indicativo si ottiene come:
 $n^\circ \text{ di accoppiamenti} \times 0,0125$.



| GRANDEZZA | CAMPO DI TOLLERANZA | |
|--------------------------------|--|--|
| ALTRE CARATTERISTICHE | | |
| Rugosità | R_z , In direzione di pressatura $\geq 10 \mu\text{m}$ R_z , Perpendicolare alla direzione di pressatura $\geq 15 \mu\text{m}$ | |
| Durezza apparente | Tutte le HR, HV10, HB. Dipende dalla densità e dal tipo di lega. La zona, dove misurare la densità va indicata sul disegno. | |
| Carbocementazione | Fattibile, la profondità di tempra necessita tolleranze relativamente ampie +/- 0,02. La carbocementazione peggiora la precisione fino ad una classe IT. | |
| Durezza apparente dopo tempra | Per densità $6,8 - 7,0 \text{ g/cm}^3 \geq 40 \text{ HRC}$. Microdurezza: $\geq 600 \text{ HV } 0,2$ La zona, dove misurare la densità va indicata sul disegno. | |
| Durezza "vera" (della matrice) | Microdurezza HV 0,2. Non è influita dalla porosità. La zona, dove misurare la densità va indicata sul disegno. | |

I valori della rugosità sulla superficie sinterizzata o calibrata sono apparentemente alti. Ma poiché essa non include creste, non compromette il comportamento di strisciamento.



Durezza apparente:

Comprende anche l'effetto della porosità e quindi dipende dalla densità. Perciò bisogna indicare il luogo di misura.

Le durezze per ogni lega e classe di densità sono standardizzate.

Carbocementazione:

Il comportamento dei sinterizzati in carbocementazione è diverso da quello degli acciai tradizionali, in quanto l'atmosfera carburizzante penetra il pezzo attraverso la porosità aperta. Di conseguenza i tempi di cementazione sono molto ridotti, invece lo scarto di della profondità è più alto.

Visto che la durezza apparente è influita direttamente dalla porosità bisogna indicare il luogo di misura. Vale lo stesso per il profilo di tempra.

Nota bene per i carichi in HV

Prescrivere 0,1 kg per le microdurezze ed HV 10 per le durezze apparente. Il campo tra 0,3 e 10 va evitato perché l'impronta è nell'ordine di grandezza dei pori e può variare molto dalla loro posizione relativa all'impronta.

| GRANDEZZA | CAMPO DI TOLLERANZA | |
|-----------------------|---|--|
| ALTRE CARATTERISTICHE | | |
| Autotempra | <p>Leghe con 4% di Ni e/o 1% Mo possono essere temprate dal calore della sinterizzazione mediante raffreddamento accelerato (tempra a cuore). Il risparmio del costo della tempra è parzialmente annullato dal maggior costo della materia prima. Ovviamente le possibili lavorazioni meccaniche sono limitate alla rettifica. La zona, dove misurare la densità va indicata sul disegno.</p> | |
| Densità | <p>Classi DIN +/- 0,2 g/cm³ Classi FIAT +/- 0,25 g/cm³ Se non indicato diversamente la densità si riferisce all' <i>intero</i> pezzo</p> | |

| GRANDEZZA | CAMPO DI TOLLERANZA | |
|--------------------------|--|--|
| ALTRE CARATTERISTICHE | | |
| Nitrurazione gasosa | Applicabile, peggiora la precisione fino ad una classe IT. | |
| Nitrurazione sotto vuoto | Processo caro che permette però di mantenere la precisione. | |
| Proprietà magnetiche | Vanno concordate da caso a caso | |
| Rivestimenti galvanici | Quasi tutto è possibile. Premessa: per evitare l'intrappolamento dei liquidi nella porosità essa va sigillata mediante impregnazione con resina. | |
| Ossidazione a vapore | Migliora la durezza e la resistenza all'usura. | |
| Impregnazione d'olio | Crea una riserva d'olio per la lubrificazione in servizio | |

| GRANDEZZA | CAMPO DI TOLLERANZA | |
|-----------------------|--|--|
| ALTRE CARATTERISTICHE | | |
| Giunzioni | | |
| Piantaggio a freddo | Fattibile. Attenzione al modulo fi Young! | |
| Saldatura | Fattibile. Si esegue spesso la saldatura a proiezione. | |
| Brasatura | Fattibile. La porosità può essere fastidiosa, se non si applica il brasante giusto | |
| DENTATURE | | |
| Modulo | Mai scegliere moduli < 0,3. Possono essere infattibili perche la polvere di granulometria normale non riesce a fluire nelle cavità vicino all'estremità del dente. | |
| Dentature elicoidali | Fattibile con portastampi che permettono la rotazione di certe parti durante la compattazione ed estrazione. L'angolo dell'elica deve essere < 30° | |
| Lavorabilità | | |
| Tornitura, Fresatura | Se non si sceglie l'acciaio d'utensile giusto, ci può essere un'usura elevata. | |