

## PERCHE' SINTERIZZARE ?

### 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

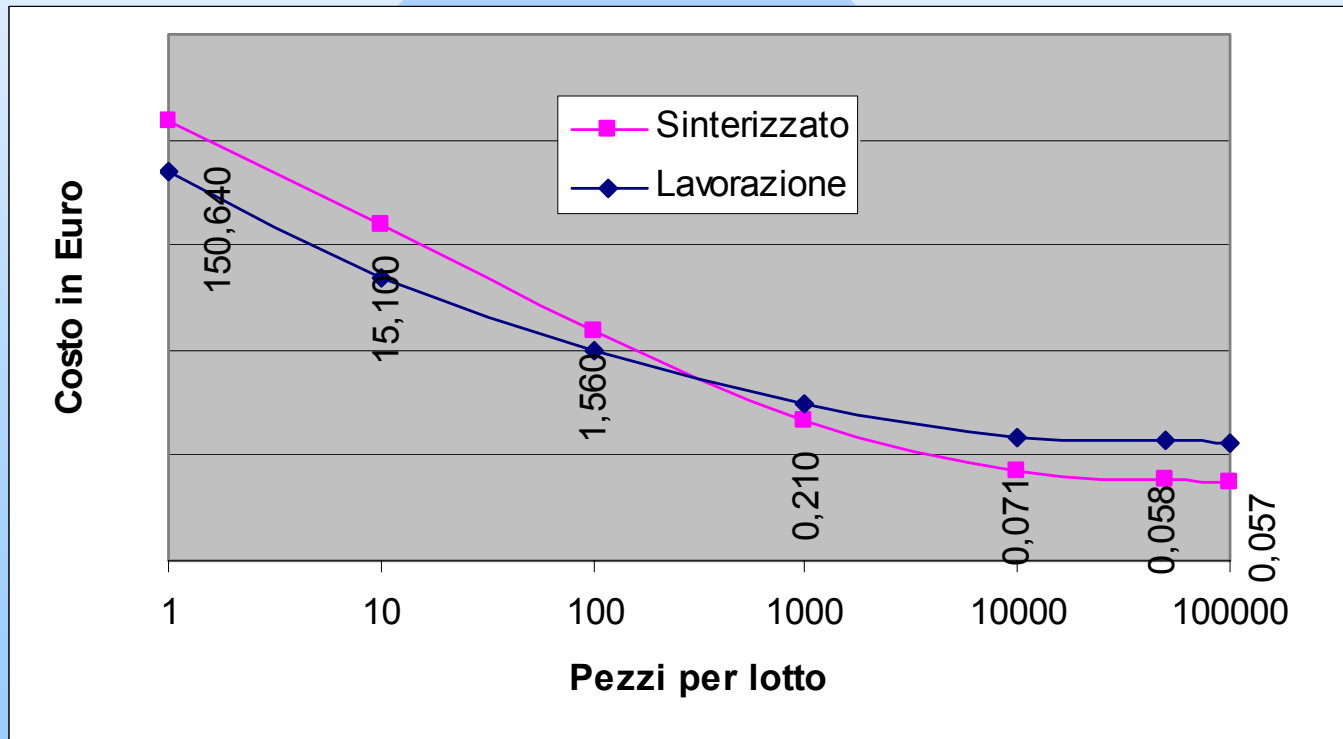
### 3. Per convenienza economica

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

## Premesse basilari

La formatura avviene mediante stampi montanti in una pressa. E' ovvio che il costo dell'avvio va ribaltato su tutti i pezzi prodotti in una campagna di pressatura.

La durata del montaggio stampo è compresa tra 0,5 ore fino a 5 ore. La cadenza della pressa è - in funzione della geometria del pezzo - tra 300 e 6.000 colpi/ora.

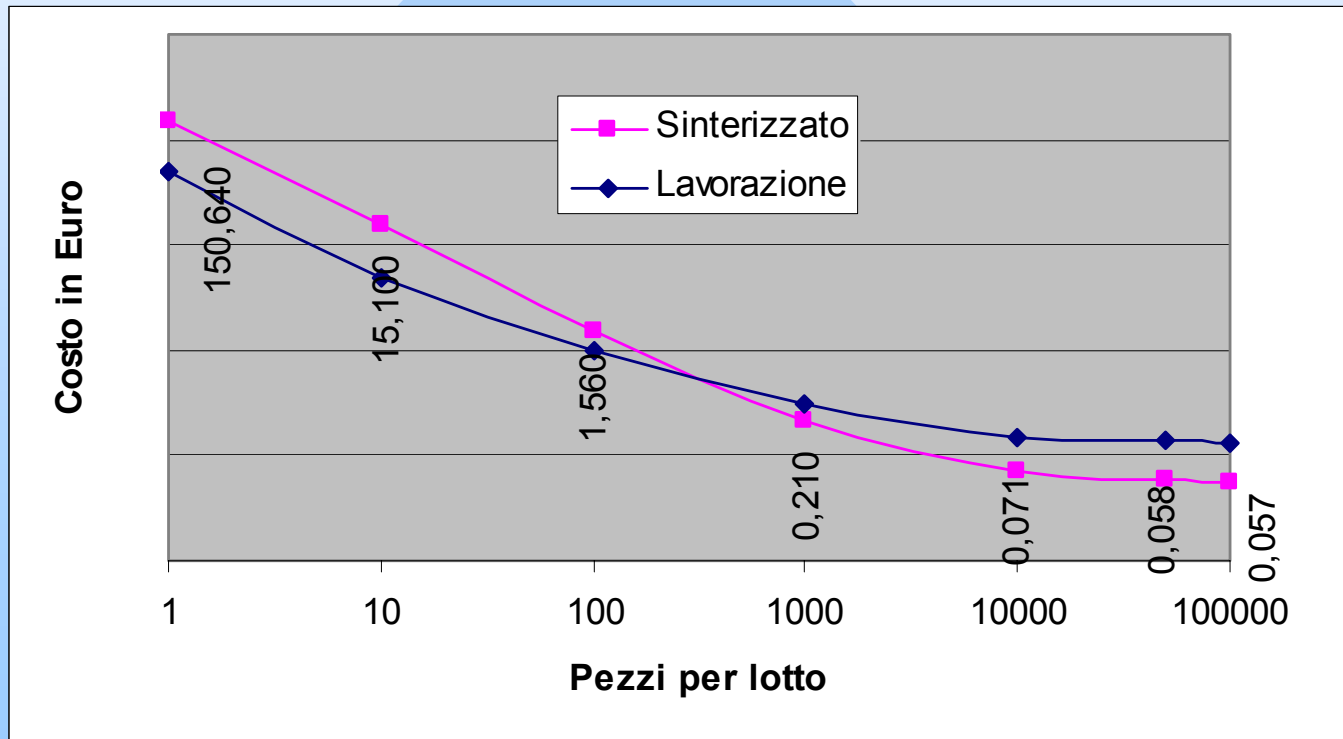


L'andamento dei costi come dal diagramma sotto – in favore per la MdP – non avviene sempre.

I casi favorevoli per la MdP sono:

Risparmio di più di una fase di lavorazione.

Gli sfridi della processo tradizionale sono importanti.



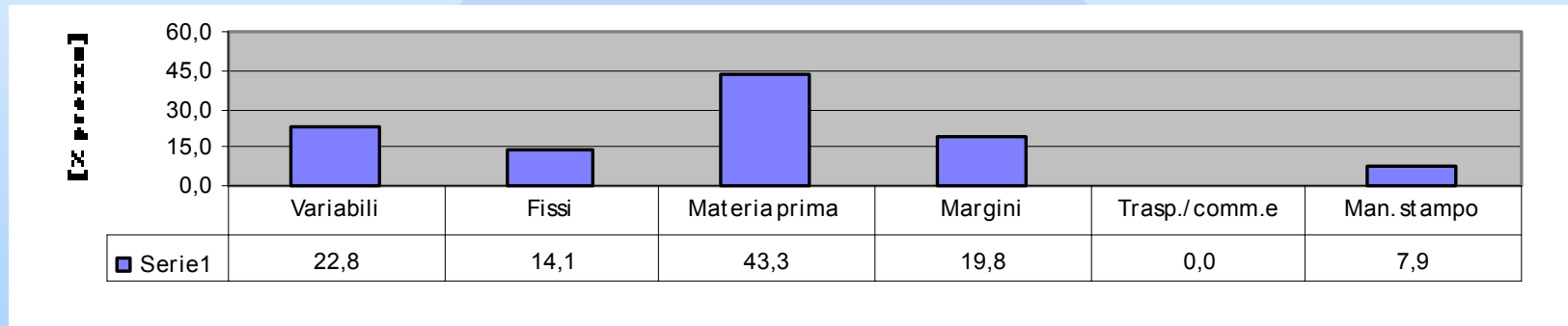
## Struttura dei Costi

Il vantaggio delle tecnologia della metallurgia delle polveri sta nel basso costo di formatura. Si esprime in termini di costi di lavorazione evitata.

Tale vantaggio è diminuito da due fattori:

I costi della materia prima che sono più alti rispetto agli acciai fusi

Il trattamento di sinterizzazione ("cottura").

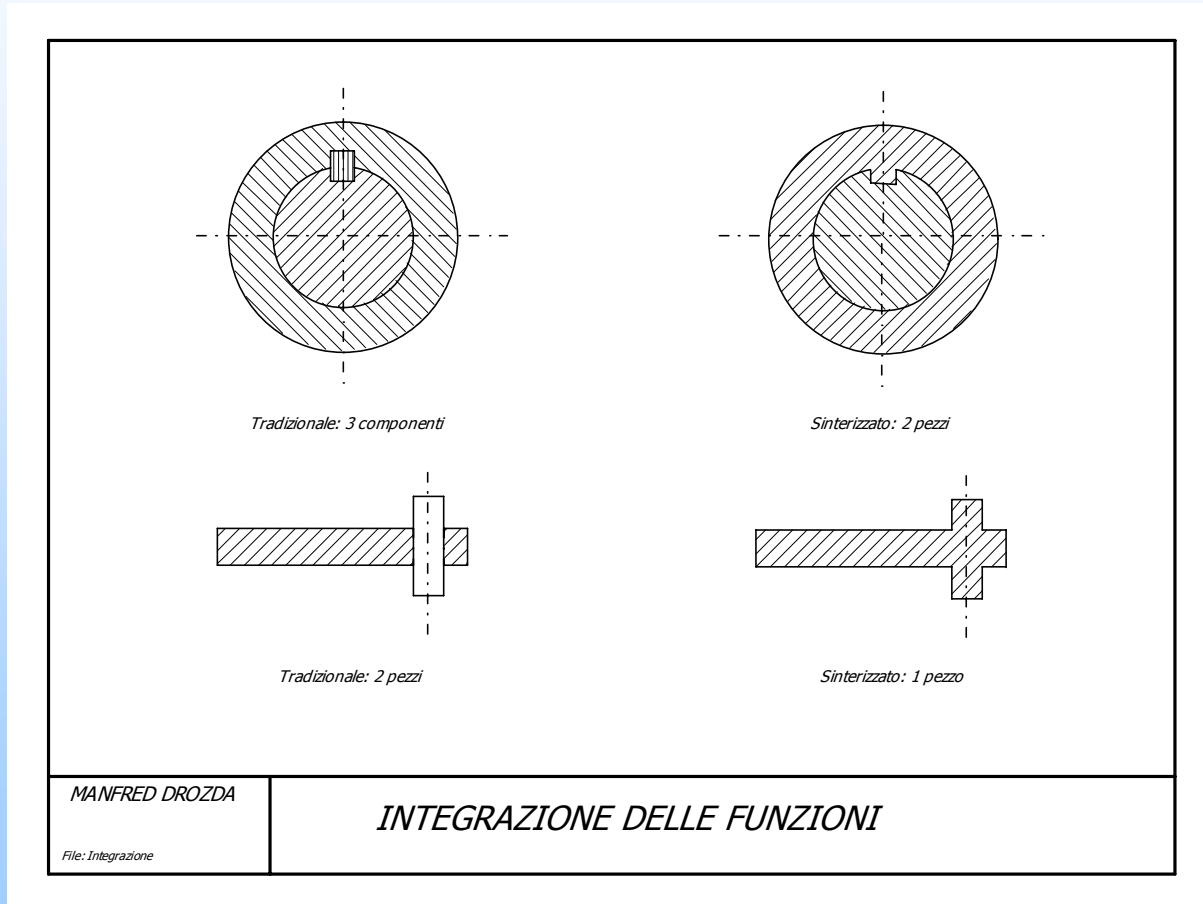


Di conseguenza un cilindro pieno di ferro sinterizzato difficilmente è competitivo. Invece, se questo cilindro è dentato e possiede un foro centrale, il sinterizzato è più competitivo dei pezzi prodotti con lavorazione.

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.

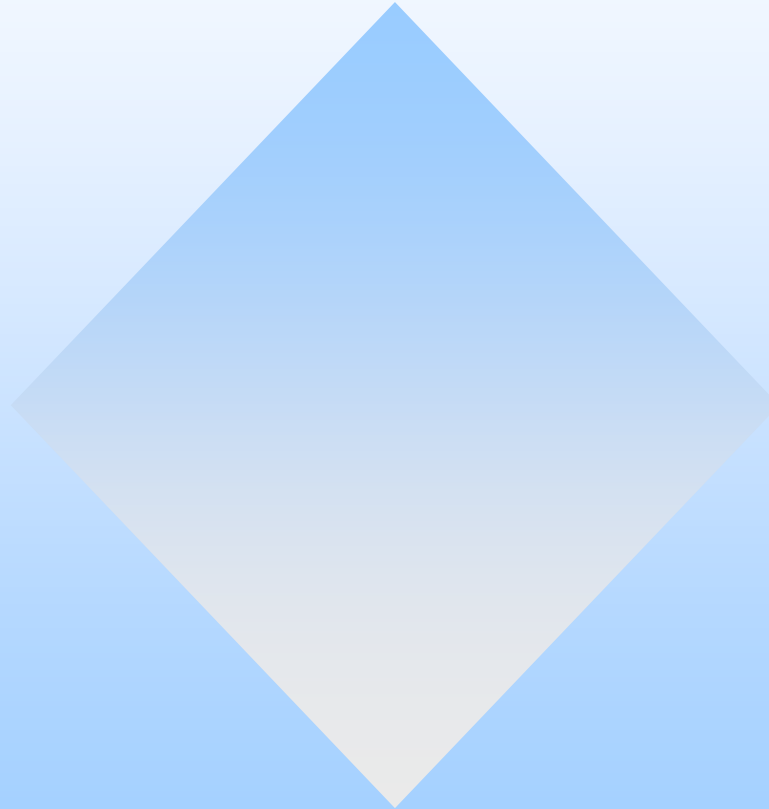
La MdP offre ampie possibilità di integrare più funzioni nel singolo pezzo rispetto a molte tecnologie tradizionali.



## 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)

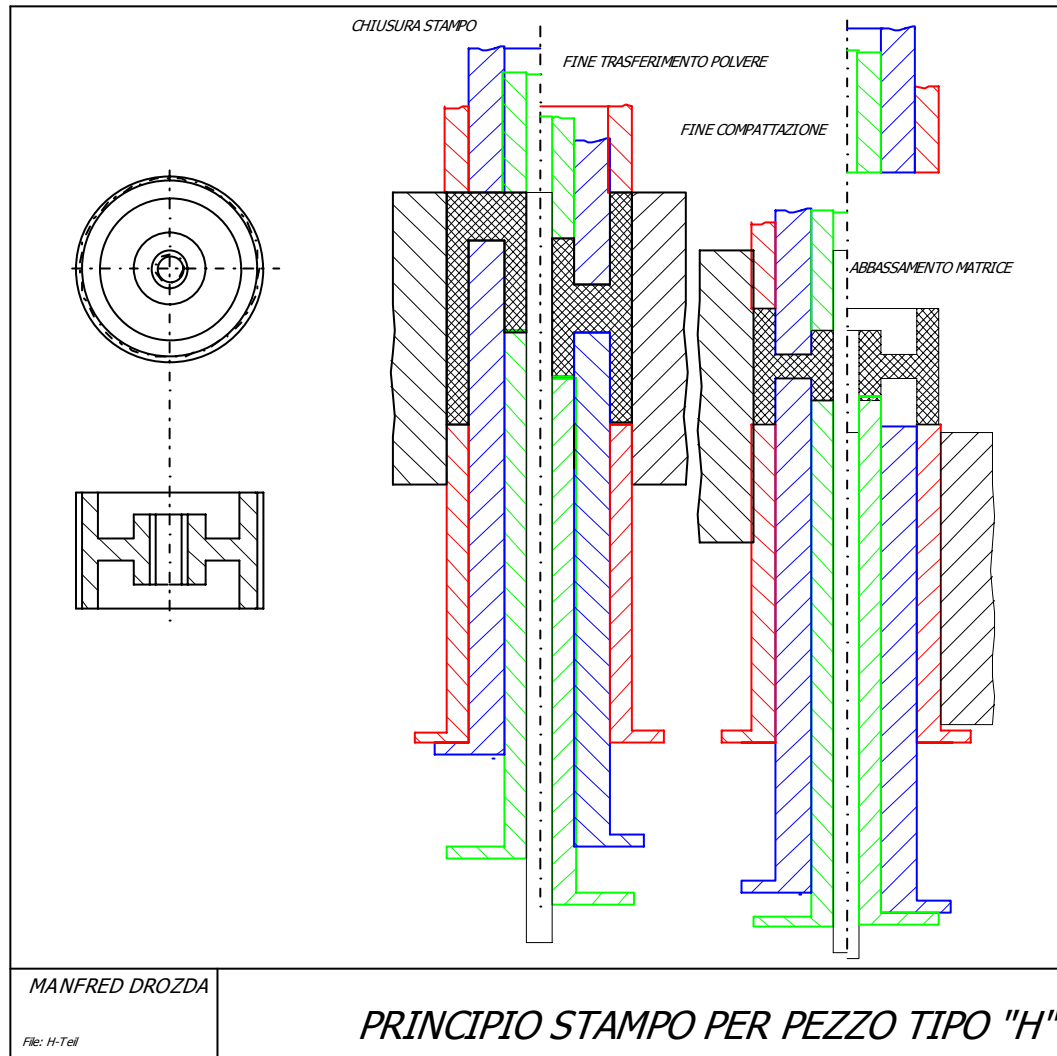
Movimento stampo in compattazione (vedi file CICLO DORST)

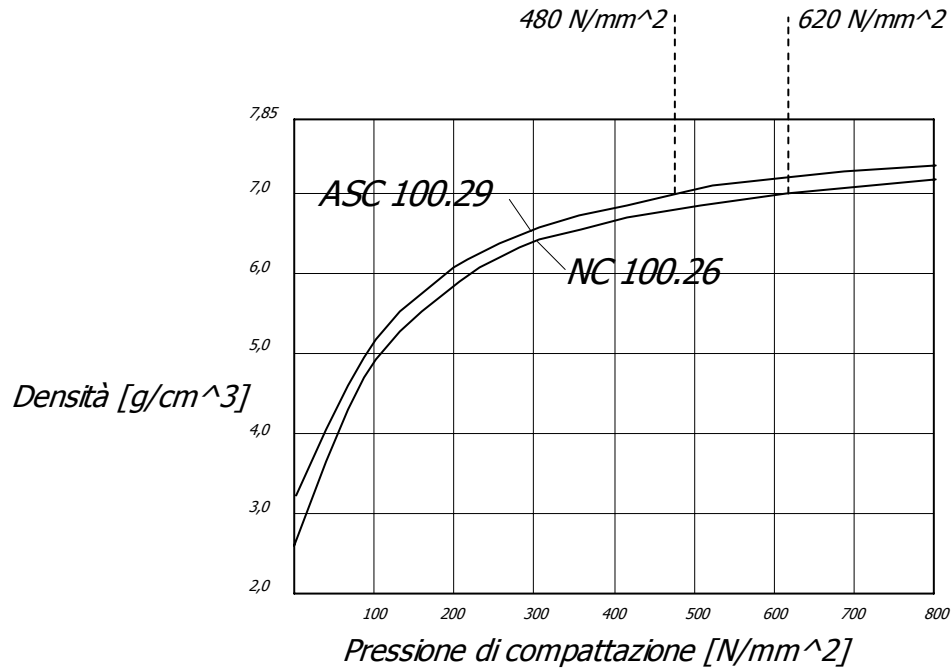


## • PRINCIPI FONDAMENTALI DELLA COMPATTAZIONE:

- Si compatta della polvere con densità apparente di ca.  $3 \text{ g/cm}^3$  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)
- 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.**
- Durante la compattazione tutte le colonne di polvere devono avere la stessa densità, **altrimenti si corre il rischio della formazione di cricche per l'inevitabile movimento relativo tra le singole colonne.**

- **ULTERIORI PRINCIPI DELLA COMPATTAZIONE:**
- Spessore dei fondi perpendicolari alla direzione di pressatura  $\geq 1$  mm.
- Rapporto lunghezza/spessore delle pareti
  - $\leq 6$  per densità  $> 6,8$  cm<sup>3</sup>
  - $\leq 10$  per densità  $6,4 - 6,8$  cm<sup>3</sup>
  - fino a 20 per bassa densità (boccole in bronzo)
- Evitare sottosquadri perpendicolari alla direzione di formatura (formabili solo nei casi particolari).

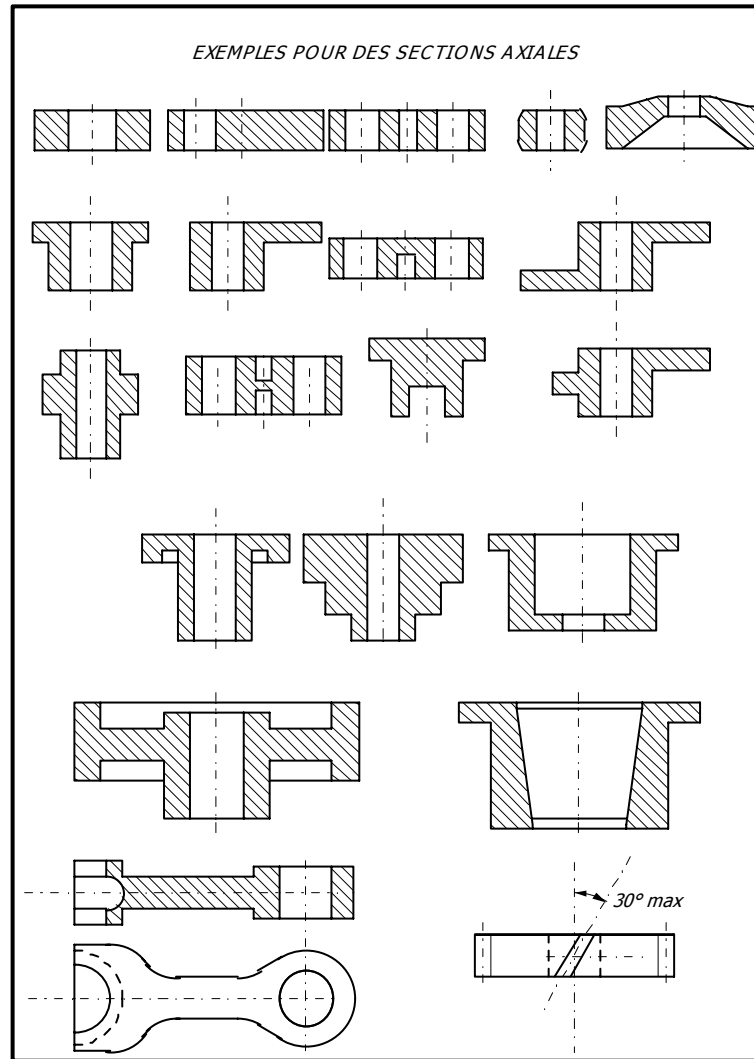




MANFRED DROZDA

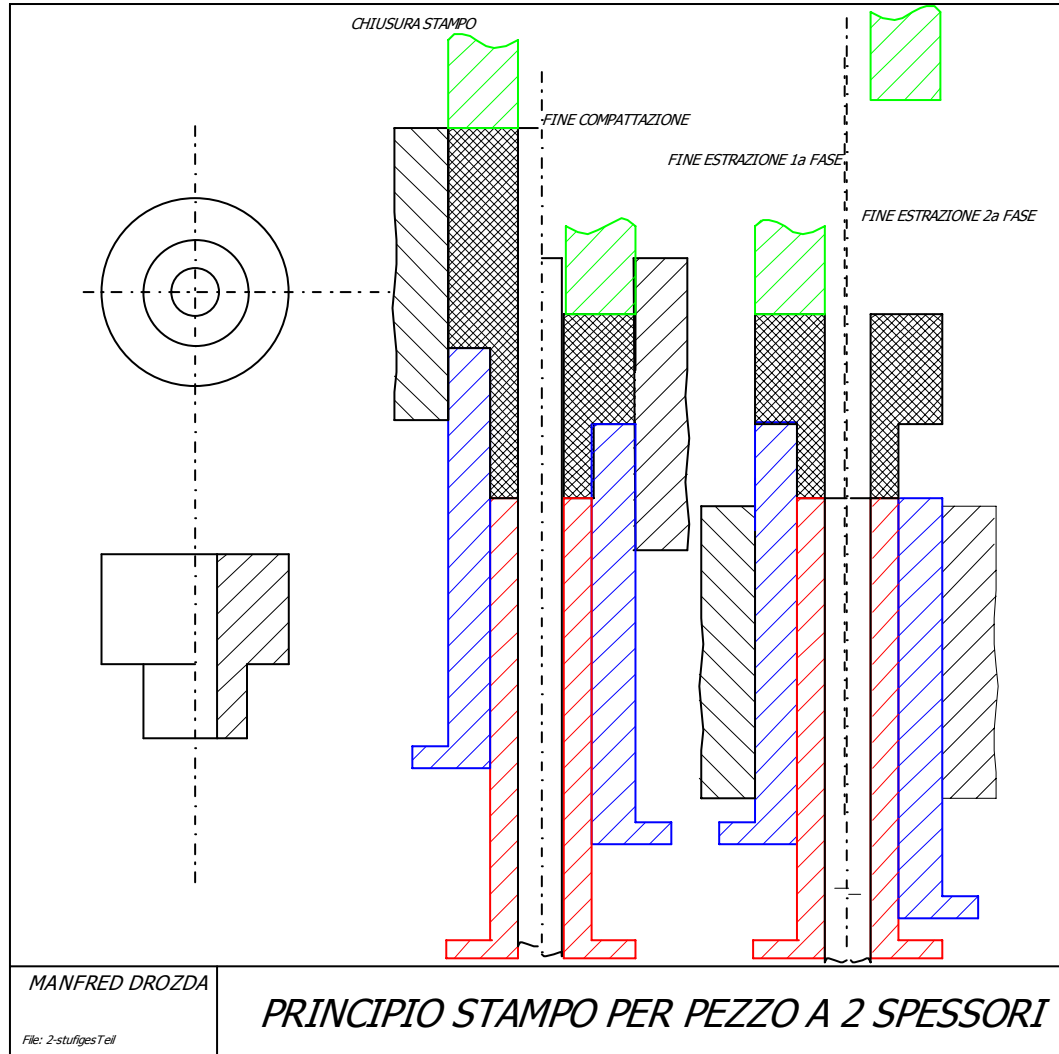
File: Verdichtung\_ASC\_NC

**DIAGRAMMI DI COMPATTAZIONE**

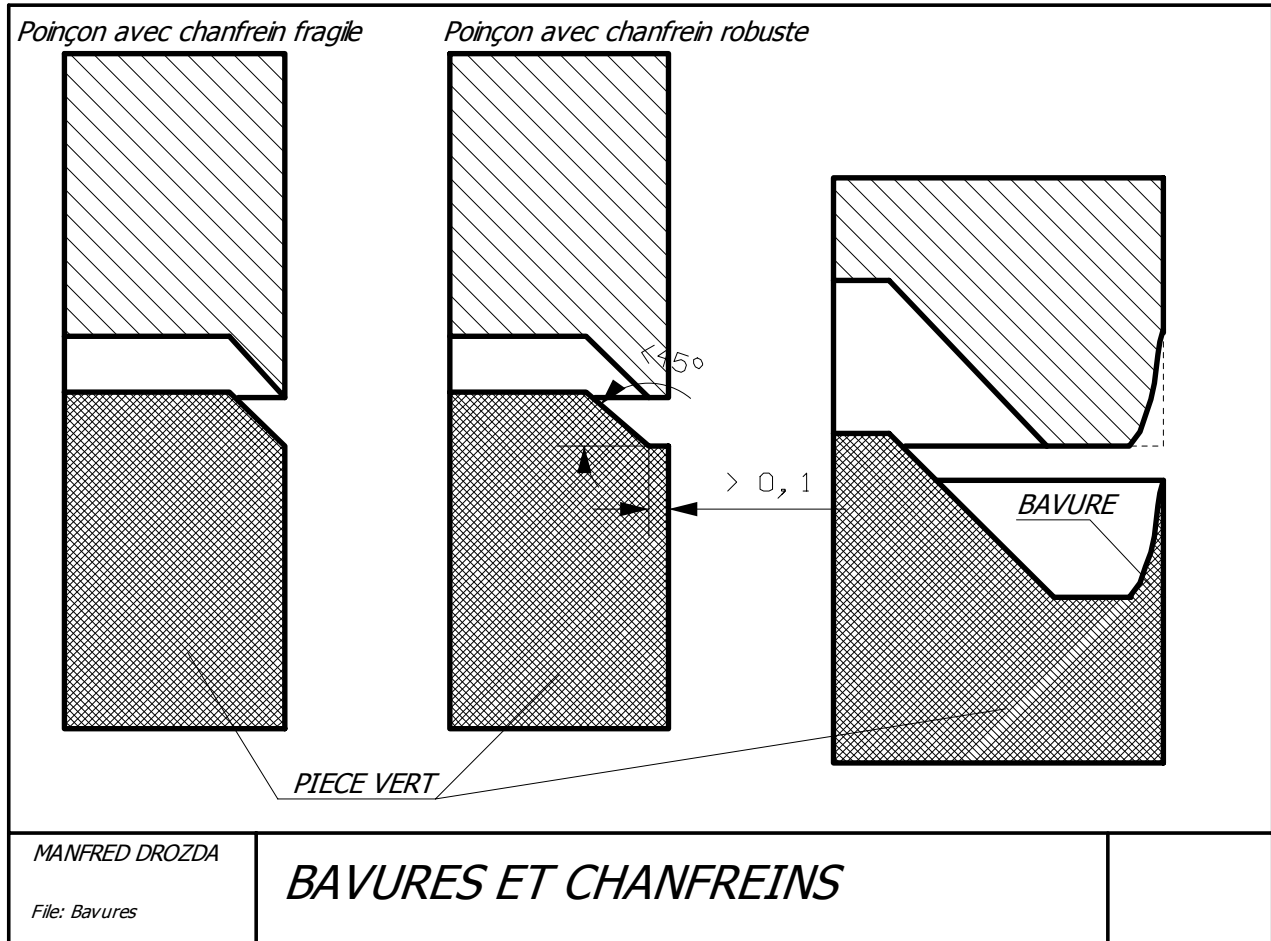


GRANDEZZA	CAMPO DI TOLLERANZA	
DIMENSIONI E DIFETTI DI FORMA (in direzione di pressatura)		
Spessori con battuta a lati opposti dello stampo	$\geq 0,15$ mm	Pag. 9
Spessori con battuta allo stesso lato dello stampo	0,10 mm	Pag. 10
Gradi sullo stesso punzone	0,03	Senza pag
Raggi di raccordo convessi	Tolleranza 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.	Pag. 11
Raggi di raccordo concavi	$\geq 0,03$	Pag. 11
"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)	Senza pag.

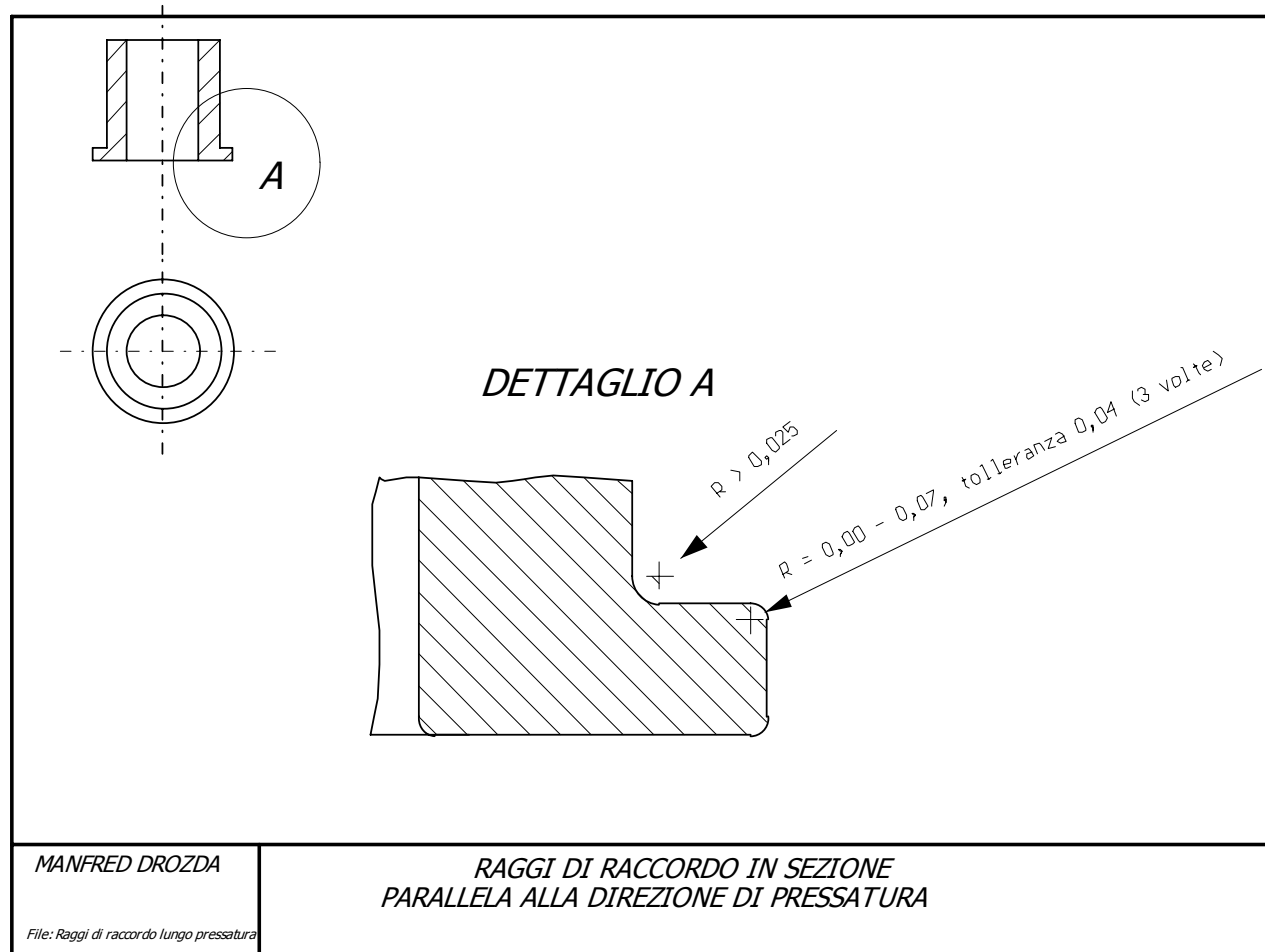
# Tolleranza di spessori



# 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><b>Dopo sinterizzazione:</b> Tipicamente IT9, nei casi particolari IT8</p> <p><b>Dopo calibratura:</b> Tipicamente IT8, con materiali molto malleabili fino a IT6. N.B.: Interassi non sono calibrabili. Materiali con HV &gt; 120 non sono calibrabili.</p> <p><b>Dopo tempra</b> Tipicamente IT10, nei casi particolari IT9</p>	Pag. 13
Raggi di raccordo	$\geq 0,15$ mm	Pag. 13
Planarità	Indicazione di massima: 0,1% della dimensione massima	Pag. 13
Rotondità	Indicazione di massima: 0,1% del $\varnothing$	Pag. 13
Concentricità	$= 0,015x(n + 1)$ ; n = n° delle divisioni stampo	Pag. 14
Oscillazione radiale	= concentricità + rotondità	Senza pag.

**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.

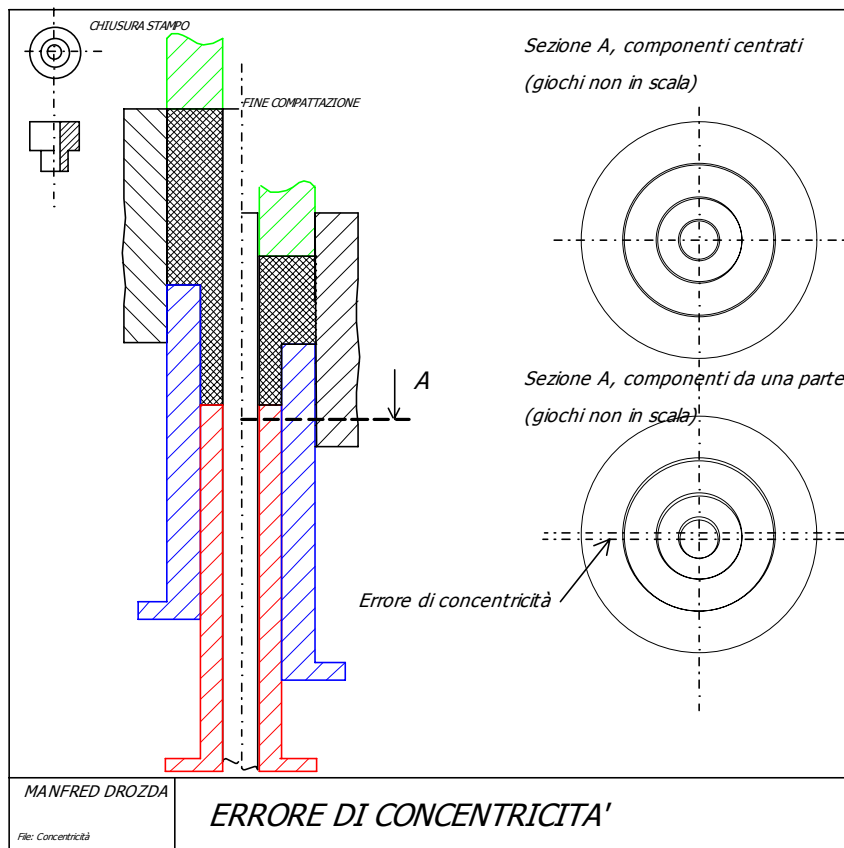
**Lunghezze, diametri, rotondità, planarità.**

Queste grandezze sono influite da:

Variazioni locali della densità risultanti dalla pressatura.

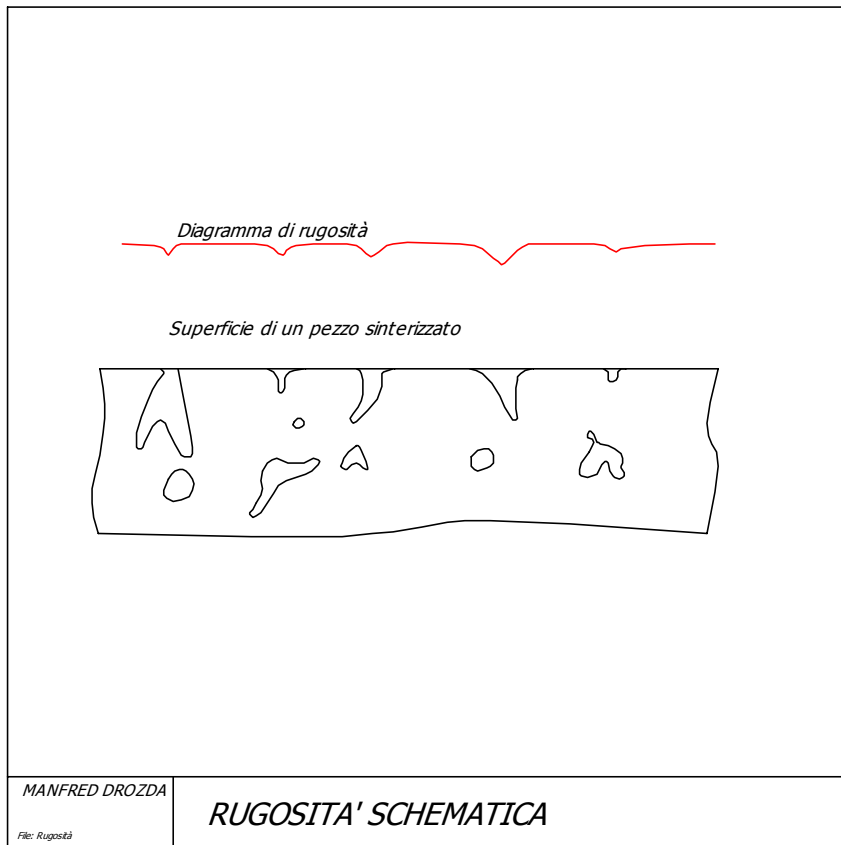
Variazioni dimensionali durante la sinterizzazione ("ritiro").

L'errore di concentricità è causato dalla somma dei giochi tra i componenti dello stampo, errori degli stessi componenti, errori di forma sui pezzi. Se  $n$  è la somma tra matrice, anima centrale ed il n° dei punzoni, tipicamente vale  $0,015x(n + 1)$ , per stampi semplici anche  $0,01x(n+1)$  può essere raggiunto.



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 $\geq 15 \mu\text{m}$	Pag. 16
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.	Pag. 17
Carbocementazione	Fattibile, la profondità di tempra necessità tolleranze relativamente ampie +/- 0,02. La carbocementazione peggiora la precisione fino ad una classe IT.	Pag. 17
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.	Pag. 17
Durezza "vera" (della matrice)	Microdurezza HV 0,2. Non è influita dalla porosità. La zona, dove misurare la densità va indicata sul disegno.	Pag. 17

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 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/cm<sup>3</sup>            Classi FIAT +/- 0,25 g/cm<sup>3</sup>            Se non indicato diversamente la densità si riferisce all'intero 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 $< 30^\circ$	
Lavorabilità		
Tornitura, Fresatura	Se non si sceglie l'acciaio d'utensile giusto, ci può essere un'usura elevata.	