

## Compattazione a caldo

Tutte le sequenze di trattamento descritte fino a questo momento comprendono la compattazione seguita dalla sinterizzazione; vantaggi sono spesso ottenuti combinando i due in un'unica operazione. Viene applicata una pressione sufficiente, alla temperatura di sinterizzazione, per unire le particelle e accelerare così la sinterizzazione.

Se possibile, i singoli grani vengono deformati in modo che si conformino l'uno all'altro, riempiendo i vuoti; soprattutto, i granelli vengono spostati l'uno rispetto all'altro, in modo da rompere film superficiali che rallenterebbero o impedirebbero la diffusione.

In tali condizioni la porosità può essere completamente eliminata.

Poiché un corpo formato da particelle non ha alcuna resistenza prima della compattazione, le pressioni applicate devono essere tutte di compressione e preferibilmente omnidirezionali, in modo da evitare la generazione di tensioni di trazione secondarie.

### Compressione isostatica a caldo (HIP)

Questo processo, di cui si è già parlato perché talvolta viene usato sui getti, viene usato spesso. Nella versione base la polvere è incapsulata in un contenitore metallico deformabile che viene svuotato dell'aria e quindi posto all'interno di un forno, che a sua volta è racchiuso in una camera ad alta pressione a freddo.

La camera è pressurizzata con un gas inerte fino a 300 MPa o, più in genere, a 100 MPa. Le temperature della fornace variano da 480 a 2000 °C; più tipicamente 1200 °C.

In una variante di HIP, la polvere è posta in uno stampo di vetro; in un'altra variante, in un guscio in ceramica.

In alternativa, parti presinterizzate al 92-95% di densità (principalmente placchette e altri componenti piccoli) non hanno porosità interconnesse e vengono trattate senza incapsulamento, in questo caso non ce n'è bisogno, per rimuovere la porosità residua. Il gas ad alta pressione può essere sostituito con una polvere ceramica o un metallo più tenero e poi la pressatura a caldo in una pressa convenzionale produce risultati simili all'HIP.

### Laminazione a caldo ed Estrusione

In questi processi occorre evitare reazioni indesiderate con l'atmosfera circostante.

Pertanto, la polvere è talvolta racchiusa in un contenitore realizzato con un metallo resistente alle alte temperature. Le barre piene vengono laminate o estruse e con l'estrusione si possono trattare anche i tubi.

Le proprietà meccaniche possono essere superiori al materiale prodotto per via convenzionale a causa della struttura insolita delle polveri.

### Forgiatura a caldo di preforme in polvere

Il processo può produrre parti con proprietà superiori, tra cui la tenacità e si possono ottenere forme altrimenti troppo complesse da produrre. Ad esempio, le bielle possono essere forgiate alle dimensioni finali e possono essere prodotte le parti rotanti delle turbine. La figura mostra le 2 parti di una biella sinterizzata. Il materiale è fragile, perciò quando le 2 parti sono state separate mediante frattura non c'è stata deformazione plastica e possono essere riaccoppiate perfettamente.

### Deposizione a spruzzo

In questo metodo di formatura diretta, le particelle atomizzate vengono direttamente depositate su un supporto, quindi non è necessaria alcuna sinterizzazione. Applicazioni primarie sono anelli e tubi in superleghe che vengono successivamente laminati.