

La sinterizzazione dell'Alluminio

Ing. Alessandro Salemi



Sinteris



Sinterizzazione dell'Alluminio

unisce i vantaggi di

```
graph TD; A[unisce i vantaggi di] --> B[leghe di alluminio]; A --> C[metallurgia delle polveri];
```

leghe di alluminio

metallurgia delle polveri

Vantaggi delle leghe d'Alluminio

- Basso peso specifico (circa 2,7 gr/cm³)
- Buona resistenza alla corrosione
- Caratteristiche meccaniche notevoli
- Buona resistenza all'usura
- Ottima resistenza alla fatica

Vantaggi della metallurgia delle polveri

- Bassi costi di produzione
- Buon controllo delle tolleranze senza lavorazioni successive
- Possibilità di ottenere forme complesse a costo limitato
- Utilizzo totale del materiale (assenza di sfridi)

Vantaggi della metallurgia delle polveri di alluminio rispetto all'acciaio sinterizzato

- Basse pressioni di compattazione per l'eccellente comprimibilità delle polveri
- Forte risparmio energetico per le basse temperature di sinterizzazione

Fasi della metallurgia delle polveri

- Preparazione delle polveri
- Pressatura
- Sinterizzazione
- Calibratura
- Trattamenti termici
- Lavorazioni meccaniche eventuali

Preparazione delle polveri

Le polveri di alluminio sono addizionate con elementi di lega che consentono la sinterizzazione e migliorano le caratteristiche meccaniche delle leghe in particolare dopo trattamento termico.

- Magnesio Consente la sinterizzazione dei grani d'alluminio per le proprietà chimiche e fisiche nei confronti dell'ossido che ricopre i grani di polvere. Migliora la resistenza alla corrosione e favorisce il trattamento termico.
- Rame Favorisce la sinterizzazione in fase liquida e migliora le caratteristiche meccaniche dopo sinterizzazione e dopo trattamento termico.
- Zinco Migliora le caratteristiche meccaniche e favorisce il trattamento termico.
- Silicio Incrementa la durezza e la resistenza ad usura dopo sinterizzazione.
- Lubrificanti Sono indispensabili perchè migliorano la comprimibilità e lo scorrimento della polvere nella fase di pressatura.

Pressatura

La miscela di polveri è compattata in precisi stampi metallici su presse per la metallurgia delle polveri tradizionale. La comprimibilità di queste polveri è eccellente permettendo di raggiungere densità elevate con basse pressioni.

Alluminio

| Porosità | Pressione |
|----------|-----------------------|
| 10 % | 2 ton/cm ² |
| 5 % | 4 ton/cm ² |

Ferro

| Porosità | Pressione |
|----------|-------------------------|
| 10 % | 4,5 ton/cm ² |
| 5 % | 7,5 ton/cm ² |

I pezzi al verde hanno sufficiente resistenza per consentire una facile manipolazione degli stessi (5 – 10 MPa).

Sinterizzazione

I pezzi pressati sono sinterizzati in azoto puro (dew point < - 45°C) con temperatura strettamente controllata. A seconda delle miscele utilizzate la temperatura di sinterizzazione varia tra i 540°C e i 640°C per un tempo tra i 20 e i 30 minuti.

La fase di sinterizzazione deve essere preceduta da una fase di eliminazione del lubrificante tipicamente tra i 380°C e i 420°C per 20 minuti circa (sempre in azoto).

| Composizione | Delubrificazione | | Sinterizzazione | |
|--------------|---------------------------------|---------|-----------------|---------|
| | Temp. °C | Tempo | Temp. °C | Tempo |
| AlCuSiMg | 380 - 420 | 20 min. | 590 – 600 | 20 min. |
| AlCuMg | 380 – 420 | 20 min. | 600 – 610 | 20 min. |
| AlZnMgCu | Direttamente in sinterizzazione | | 600 – 610 | 20 min. |

Calibratura

La calibratura è spesso necessaria per ottenere buone tolleranze dimensionali sui particolari.

Il particolare sinterizzato viene ripressato in uno stampo opportunamente dimensionato e per deformazione plastica ne ricopia la forma.

Questa fase è relativamente semplice grazie all'ottima duttilità dell'alluminio.

Trattamenti termici

I particolari in alluminio sinterizzato possono essere trattati termicamente in modo analogo ai pezzi ricavati con le tecnologie tradizionali.

I trattamenti termici normalmente utilizzati sulle leghe di alluminio prevedono una permanenza ad alta temperatura seguita da una tempra quindi una fase di invecchiamento.

| Trattamento | Temperatura di solubilizzazione | Tempo di permanenza | Temperatura invecchiamento | Tempo |
|-------------|---------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------|
| T4 | 495 – 505°C | 30 min. | Ambiente | 30 giorni |
| T6 | 495 – 505°C | 30 min. | 160°C | 18 ore |
| T76 | 470°C | 60 min | 130°C | 24 ore |

Lavorazioni eventuali

I particolari in alluminio sinterizzato possono essere lavorati meccanicamente in maniera analoga ai particolari ottenuti con la tecnologia tradizionale.

La lavorazione meccanica si rende necessaria solo in casi particolari

- Filettature
- Esecuzione di sottosquadri
- Tolleranze e rugosità che richiedono rettifica o lappatura

Caratteristiche meccaniche

Le caratteristiche meccaniche delle leghe di alluminio ottenute con la metallurgia delle polveri sono paragonabili a quelle ottenute con le tecnologie tradizionali. L'alta plasticità dell'alluminio e la possibilità di pressarlo a densità elevate favoriscono l'ottenimento di tali risultati.

| Condizione | Rm (a seconda degli elementi di lega e della densità) | Durezza (a seconda degli elementi di lega e della densità) |
|-----------------------|--|---|
| Sinterizzato | 120 – 270 MPa | 55 – 100 HB |
| Trattato termicamente | 210 – 400 MPa | 75 – 150 HB |

Prime esperienze effettuate in Sinteris

Le prime esperienze sono state effettuate in seguito alla richiesta da parte di un cliente di avere pezzi in alluminio solo pressati da utilizzare nella messa a punto di un processo di inglobamento di inserti in ferro sinterizzato dentro particolari d'alluminio ottenuti per fusione.

La sostituzione dell'inserto sinterizzato con alluminio solo pressato consentiva la rifusione totale dei getti di prova quindi il recupero del materiale.



Esperienze effettuate in Sinteris: Materiale

I particolari solo pressati che ci sono stati richiesti ci hanno dato l'occasione di testare il comportamento in pressatura delle polveri di alluminio e di alcune leghe.

I test sono stati effettuati con una miscela fornita dalla Ecka Granules del tipo Alumix 123.

| Alumix 123 | |
|--------------|-------|
| Al | resto |
| Cu | 4,5% |
| Si | 0,7% |
| Mg | 0,5% |
| Lubrificante | 1,5% |

Esperienze effettuate in Sinteris: Pressatura

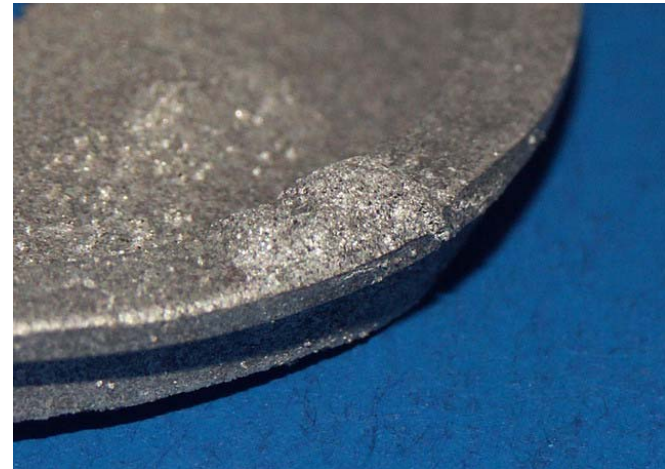
Le attrezzature già in nostro possesso e il know-how della tecnologia della metallurgia delle polveri di ferro si sono rivelate perfettamente adeguate alla pressatura delle polveri di alluminio.

I particolari pressati erano perfettamente integri e abbiamo potuto verificare, pressando delle barrette normalizzate per le prove di flessione, che la resistenza al verde era sistematicamente superiore a 10 MPa.



Esperienze effettuate in Sinteris: Pressatura

L'ostacolo principale è rappresentato dall'inquinamento da polvere di ferro, normale in un'azienda che produce sinterizzati ferrosi. Il ferro nella fase di sinterizzazione provoca reazioni esotermiche che portano a craterizzazioni dovute a fusioni localizzate.



Esperienze effettuate in Sinteris - Sinterizzazione

In Sinteris attualmente stanno proseguendo le esperienze per mettere a punto il processo e per la sua ottimizzazione.

Per sinterizzare i pezzi di prova ci si è appoggiati in un primo momento al fornitore della polvere (Ecka Granules) quindi si è individuata una azienda di trattamenti termici di Bologna (TTM) che ci ha permesso di produrre i primi piccoli lotti.

E' in corso una serie di test in collaborazione con la G.Elfi di Treviso per la messa a punto di un impianto adeguato per la produzione di serie.

Analisi di mercato

Per prima cosa si è cercato di individuare in quali dei particolari oggi prodotti in Sinteris l'acciaio sinterizzato può essere efficacemente sostituito dall'alluminio. I settori presi in esame sono in primo luogo quelli dell'automobile e del motociclo (tutti settori dove è richiesta leggerezza). La tipologia di particolari individuata per proseguire le prove è quella dei pistoni da ammortizzatori per motocicli.



Le prove sono tuttora in corso visto che il mercato ha dato segnali incoraggianti in questa direzione.