

1 produzione della polvere

I prodotti possono essere realizzati direttamente portando una polvere del materiale di partenza nella forma finale desiderata. Il processo è stato applicato per la prima volta a metalli che non potevano essere fusi con la tecnologia disponibile.

I rapidi sviluppi del ventesimo secolo hanno portato ad una crescita esplosiva delle applicazioni.

Esistono diversi vantaggi nell'utilizzare il processo: le parti strutturali net-shape di forma abbastanza complessa possono essere prodotte economicamente; possono essere realizzati materiali con proprietà uniche, come un livello controllato di porosità.

Le parti possono realmente essere compositi, come cuscinetti autolubrificanti impregnati di olio, pastiglie dei freni con fibre ceramiche all'interno o spazzole per motori elettrici che combinano rame con grafite.

A volte la metallurgia delle polveri è usata con i materiali lavorabili per deformazione plastica, come gli acciai per utensili per ottenere caratteristiche meccaniche superiori.

La caratteristica essenziale è che il legame tra le particelle viene prodotto senza fusione totale, anche se in alcuni casi può verificarsi una fusione localizzata.

La polvere è prodotta con molte tecniche (in figura elettrolisi, riduzione, decomposizione termica, precipitazione, atomizzazione), viene poi sottoposta a una serie di fasi preparatorie e compattata (sottolinea in figura) per conferirgli forma e resistenza temporanea fino alla sinterizzazione (sottolinea) che realizza i legami metallurgici.

Un percorso alternativo conferisce forma e resistenza grazie alla compattazione a caldo.

Una compattazione a scala atomica avviene nell'elettroformatura (sottolinea).

I passaggi nel processo che comprende produzione, caratterizzazione e trattamento della polvere hanno un'influenza decisiva sulla qualità del prodotto finale.

Le polveri possono essere prodotte con una serie di tecniche.

Estrazione

Il metallo viene ottenuto da un suo composto. Adesso vi elenco rapidamente le varie modalità di estrazione, che non siete tenuti ad imparare.

1. La riduzione di un ossido mediante carbonio o idrogeno (Fe, Cu, Co, Mo, W) produce spesso una torta porosa che viene macinata con tecniche simili a quelle utilizzate per la ceramica.
2. La decomposizione termica di un composto produce particelle aguzze. La forma delle particelle viene sottolineata perché la forma delle particelle di polvere ha grande influenza sulle proprietà del prodotto finale.
3. L'elettrolisi è diretta in modo da produrre un deposito altamente irregolare, spesso dendritico, che viene poi spezzato (Fe, Cu, Be).
4. La precipitazione del metallo da una soluzione acquosa è possibile usando un metallo meno nobile, per esempio Cu con Fe o riducendo con idrogeno (ad esempio Ni).

Deposizione

La precipitazione di materiale pieno dalla fase di vapore produce una polvere estremamente fine (Zn).

Atomizzazione

Questo è il processo dominante per i materiali pre-legati.

Molta ricerca intensiva ha reso possibile uno stretto controllo del processo.

Con l'osservazione diretta della formazione delle particelle viene realizzato un controllo a circuito chiuso.

1. L'atomizzazione con acqua è quella usata più spesso.

Il fuso che emerge da un ugello è frantumato con getti d'acqua. Viene utilizzato con acciai poco legati, acciaio inossidabile, leghe di Cu e di Ni, e Stagno.

La dimensione e la forma delle particelle sono facilmente modificabili controllando i parametri di processo (la dimensione media delle particelle è inversamente proporzionale alla pressione del getto), ma la polvere è sempre ossidata.

2. Atomizzazione con gas che produce particelle sferiche.

Quando l'ossidazione è accettabile o l'ossido può essere successivamente ridotto, si può usare aria (Al, Cu, Sn), ma i gas inerti sono preferiti con le superleghe, gli acciai inossidabili, acciai per utensili e leghe di Ti.

3. L'atomizzazione centrifuga è realizzata direzionando un flusso fuso verso un disco rotante refrigerato.

Nei processi con elettrodo rotante la lega da atomizzare è sotto forma di elettrodo in rotazione veloce (15000 giri/min) che viene gradualmente fuso da un arco elettrico o da un arco di plasma di elio.

Il materiale fuso vola via immediatamente; le particelle sferiche si solidificano senza toccare nessuna superficie e restano molto pulite.

Produzione di fibre

Dedico una slide alla produzione di fibre e fogli in metallo, solo perché condividono la grande velocità di raffreddamento con le tecniche per produrre polveri. Sono tecniche che permettono di ottenere i metalli in forma amorfa, cioè non cristallina, perché la grande velocità di raffreddamento non dà il tempo agli atomi di organizzarsi in cristalli.

Nell'estrazione del fuso (figura a) un disco rotante raffreddato ad acqua e con intagli viene messo in contatto con la superficie del fuso.

Nella filatura (figura b), il fuso è diretta su un disco a disco raffreddato e in rapida rotazione per formare un nastro con spessore di 20-100 micron.

Un nastro è formato anche nella tempra a rulli tra due rulli raffreddati (figura c).

Produzione di polvere per via meccanica

Alcune polveri metalliche (in particolare berillio) vengono prodotte lavorando una billetta a grana grossa ottenuta per colata e sminuzzando i frammenti mediante macinatura o altre tecniche.

Alcune polveri di leghe duttili di titanio sono anche prodotte da fusioni: viene introdotto idrogeno per formare idruri fragili che possono essere macinati in polvere; la duttilità viene quindi ripristinata rimuovendo l'idrogeno.

Struttura delle polveri

In tutti i processi di atomizzazione e di produzione di fibre la velocità di raffreddamento è molto più elevata che nella solidificazione convenzionale, nell'ordine di 100 °C/s nell'atomizzazione a gas, 1000 °C/s nell'atomizzata ad acqua e oltre 10^6 °C/s nell'atomizzazione centrifuga e con l'elettrodo rotante.

Di conseguenza, le condizioni di equilibrio non vengono mai raggiunte e si realizzano strutture metallurgiche inusuali e, sotto molti aspetti, altamente desiderabili.

A velocità di raffreddamento di 1000 °C/s, la spaziatura delle dendriti secondarie è molto piccola (nell'ordine di 1 micron) e le particelle intermetalliche sono finemente distribuite.

A velocità di raffreddamento altissime (oltre i 10^6 °C/s) vengono mantenute soluzioni solide soprassature, alcune fasi cristalline vengono sopresse e, al limite, non c'è tempo anche per la disposizione di atomi in un reticolo e il solido (in particolare gli eutettici) rimane amorfo. I metalli amorfi (o vetri metallici) vengono realizzati mettendo in rotazione il fuso per produrre nastri spessi circa 40 micron.

Alcuni vetri metallici diventano cristallini a 350-500 °C e diventano fragili, ma altri possono essere trasformati in una struttura microcristallina ad alta resistenza (UTS fino a 1250 MPa) e ragionevole duttilità.

Hanno già trovato applicazioni come materiali magnetici (Nd-Fe-B), elementi rinforzanti nei ceramici e leghe per brasatura.