

Metal Injection Molding in Ortodonzia

Dr. Gabriele Floria, Dr. Lorenzo Franchi

Keywords: materiali ortodontici, attacchi in metallo, tecnologia, MIM, CIM,

Introduzione

Come influiscono le innovazioni tecnologiche sulla nostra attività di ortodontisti?

Non ci sono dubbi che la metallurgia giochi un ruolo fondamentale nell'ortodonzia clinica, ma siamo sufficientemente preparati per comprendere a pienola qualità delle nuove proposte dell'industria nel nostro settore?

Dovremmo o non dovremmo valutare e testare il sempre maggior numero di "gadget" tecnologici?

In tutti i settori della medicina, l'aggiornamento è una nostra precisa responsabilità professionale nei confronti dei nostri pazienti. In ortodonzia utilizziamo apparecchiature realizzate con diversi materiali, come metallo, ceramica, plastica, etc.. pertanto è fondamentale comprendere come tali materiali vengano prodotti per prevenire allergie ed effetti indesiderabili sui nostri pazienti.

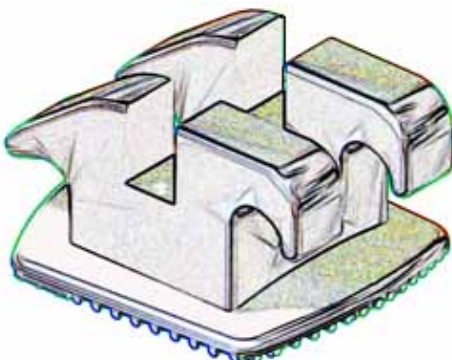
La nuova normativa europea sui materiali richiede all'ortodontista di conservare la scheda di sicurezza di ciascun prodotto che sia presente in studio, per assicurare ai pazienti la massima attenzione.

Naturalmente non ci viene richiesto di essere esperti in ogni campo ma rappresenta certamente un cortese invito ad utilizzare un'ampia prospettiva nella nostra attività.

A volte personalmente mi sento un po' impreparato quando un nuovo acronimo raggiunge le mie orecchie come nel caso della tecnologia M.I.M. (Metal Injection Molding) che invece pare essere impiegata per la produzione della maggior parte dei dispositivi ortodontici.

M.I.M.

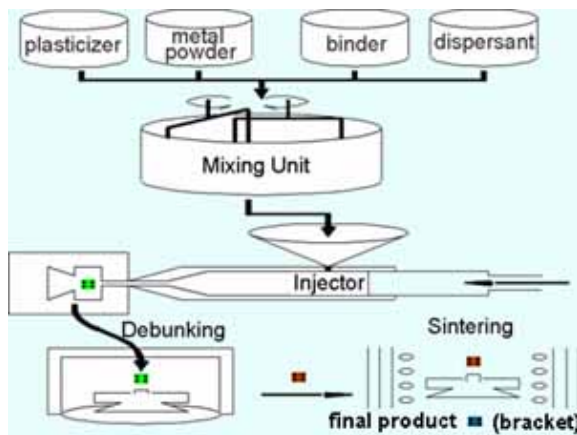
I processi M.I.M (Metal Injection Molding) e C.I.M. (Ceramic Injection Molding) furono ideati e sviluppati negli Stati Uniti nei primi anni '80. Benchè si trattasse di uno dei più promettenti metodi della metallurgia a polveri, la sua applicazione fu limitata dalla sua alta complessità e dagli alti costi. Dieci anni dopo le necessità industriali mutarono e vi fu richiesta di piccoli componenti di alta precisione per l'industria aerospaziale, quella biomedica, quella ottica e per quella dei computer. Oggi la domanda per i prodotti MIM raddoppia ogni anno (1).



Il processo MIM è particolarmente indicato per la produzione di piccoli componenti in quantità medio-grandi. Infatti la metodologia tradizionale è dispendiosa perchè la fabbricazione è complicata, il materiale è difficile da trattare e la materia prima è costosa. Inoltre nel costo complessivo si deve considerare la quantità del materiale iniziale, oscillante fra il 50 ed il 75% , che usualmente viene eliminata durante la lavorazione.(2)

Quindi in molti casi il MIM può facilitare la progettazione di componenti non ottenibili precedentemente in metallo. In ultima analisi può snellire il processo produttivo ed ottenere sostanziali

analisi può snellire il processo produttivo ed ottenere sostanziali benefici se confrontato con metodi tradizionali. (3)



Nel processo MIM le fini polveri metalliche vengono combinate con leganti organici, lubrificanti e dispersanti per formare la materia prima da fusione. Dopo la fusione i componenti organici vengono rimossi dalla struttura tramite un processo termico od un solvente ed il pezzo viene sinterizzato in forno ad alte temperature. Il pezzo finale è ad alta densità e replica la forma del pezzo originale dopo la fusione ma è dal 18 al 20 % più piccolo a causa del ritiro durante la sinterizzazione. A causa di questa contrazione l'uso della tecnica MIM nell'industria è stata limitata alla produzione di oggetti, in genere componenti elettroniche, fino a 2 pollici quadrati (circa 5 cm²). All'opposto (2) della sinterizzazione tradizionale la tecnica MIM utilizza un grande quantitativo di legante, polveri

metalliche molto sottili (in genere il diametro delle particelle è inferiore ai 15 microns), ed una tecnica di estrazione molto accurata.

Prima di iniziare una produzione MIM, è essenziale determinare se il pezzo sia economicamente e fisicamente adatto al processo. Questo è spesso determinato dal livello di vendita. Alcuni progetti devono essere modificati al fine di ottenere i massimi benefici dalla tecnica MIM. Come nella fusione della plastica a iniezione, lo spessore della parete dovrebbe essere uniforme per evitare contrazioni indesiderate durante la sinterizzazione.

Preparazione della materia prima (feedstock)

Questo è il primo passo. La finissima polvere metallica viene miscelata col legante fino ad ottenere una miscela omogenea. Per i componenti ortodontici la miscela è composta generalmente dal 55-65 % di polveri metalliche ed il 35-45% di legante. Il legante è un materiale organico simile alla cera mentre la miscelazione avviene utilizzando un'apposite macchine in grado di assicurare un'ottimale miscelazione. Questa fase è essenziale per ottenere una buona qualità nel prodotto finale. I componenti per ortodonzia sono formati in genere da polveri di acciaio inossidabile (316L, 430L) ottenute con processi di atomizzazione e selezionati per granulometria. La più piccola particella in questo caso è di 15 microns. Il processo CIM (Ceramic Injection Molding) invece utilizza Al₂O₃, ZrO₂, Si₃N₄, SiC, e Y₂O₃.

Fusione ad iniezione

Processo di fusione: è analogo a quello utilizzato per lo stampaggio delle materie plastiche. Certi dispositivi sono realizzati appositamente; comunque è fondamentale che tutti i parametri come pressione, temperatura, velocità di iniezione e così via siano estremamente controllati e costanti. Dopo la fusione il pezzo viene definito "pezzo verde", è piuttosto fragile ed è il 20 % più grande del prodotto finale.

Eliminazione del legante

I pezzi "verdi" vengono esposti al calore, al solvente o ad una combinazione dei due al fine di rimuovere la maggior parte (almeno il 90%) del legante. Ne fuoriesce un pezzo "marrone" che ha circa la stessa misura del pezzo verde ma è abbastanza poroso. Questo passo è cruciale ed il restante 10 % sarà rimosso durante la fase di sinterizzazione. Differenti procedure sono richieste per differenti leganti

Sinterizzazione

I pezzi marroni vengono poi sinterizzati in appositi forni a vuoto o (con minor efficienza) in forni ad atmosfera controllata. Questi forni raggiungono i 1400 C° per la tecnica MIM e 2000 C° per il processo CIM, possiedono sofisticati meccanismi di regolazione per ottimizzare tutti i parametri, e se necessario, per trattare termicamente il prodotto finale.

Qui il prodotto si contrae dal 17 al 22% avvicinandosi così alla massima densità. I forni a vuoto sono preferibili rispetto agli altri perchè in tal modo, il prodotto finale, non contiene inclusioni gassose ed è più compatto perchè il calore diffonde uniformemente.

Conclusioni



Questo processo è abbastanza lungo e delicato ma ben si adatta alla produzione di metalli e leghe che non possono utilizzare metodiche tradizionali perchè le temperature di fusione sarebbero troppo elevate. La trasformazione di questi metalli in polveri aiuta a risolvere il problema e le polveri metalliche possono essere ottenute dai metalli più duri tanto quanto dalle super-leghe. Siccome i pezzi escono dal ciclo produttivo pressochè finiti non sussiste la necessità di macchine utensili per la loro modellazione contribuendo all'abbattimento dei costi. Tale risparmio è una delle motivazioni per le quali vi è stato un aumento nell'utilizzo delle polveri metalliche. Le dimensioni delle particelle sono in relazione al tipo di metallo impiegato perchè influenzano la densità, la superficie, la permeabilità e le caratteristiche di flusso della composizione in polvere. Controllando queste caratteristiche le proprietà del prodotto finale possono modificarsi.

Noi ortodontisti utilizziamo molte apparecchiature prodotte con tecnica MIM. Queste includono attacchi diretti, espansori palatali etc.... Questa tecnologia permette la produzione di nuove leghe con differenti caratteristiche per diversi usi. Le proprietà metalliche sono essenziali in quasi tutti i trattamenti ortodontici e questo processo denominato MIM potrebbe aiutare grandemente lo sviluppo della qualità dei nostri materiali.

Bibliografia essenziale:

- (1) Takashi Iwai, Tatsuhiko Aizawa and Junji Kihara. "Granular Modeling for Powder-Binder Compound Flow in MIM" <http://bahamut.mm.t.u-tokyo.ac.jp/~iwai/paper/granular-model.html>
- (2) Metal Injection Molding of Electronic Packages and Connectors Pacific Northwest Laboratory for the U.S. Department of Energy, Innovative Concepts Program 590240 <http://webdevvh1.nrel.gov/Access/inventions/ic1994/dirstine.html>
- (3) METAL INJECTION MOLDING <http://www.jobshop.com/jobcyclopedia/cyclo/papers/metalinjmold.html>
- (4) Deguchi T, Ito M, Obata A, Koh Y, Yamagishi T, Oshida Y "Trial production of titanium orthodontic brackets fabricated by metal injection molding (MIM) with sintering" J. Dent. Res. 1996 Jul; 75(7) :1491-6

Ringraziamenti: Gli autori desiderano ringraziare la Leone S.p.A. per aver mostrato loro il ciclo produttivo MIM.

[HOME VJO 2.1](#)

[HOME VJO](#)