

MIM-Verfahren für Flexibilität in der Materialauswahl und der Geometrie

Metallpulverspritzgießen bietet viele Vorteile

Das MIM-Verfahren (Metal Injection Moulding; übersetzt: Metallpulverspritzgießen) ist ein hoch modernes Verfahren zur Herstellung metallischer Bauteile. Die Vorteile liegen in der Möglichkeit, sowohl geometrisch sehr komplexe Bauteile abzuformen, wie sie aus dem verwandten Kunststoffspritzgießen bekannt sind, als auch in der Freiheit der Materialauswahl. Selbst schwer zerspanbare Hochleistungswerkstoffe lassen sich vergleichsweise kostengünstig in Form bringen. Damit hat es die MIM-Technologie geschafft, sich in Industriezweigen wie Automobilbau, Medizintechnik, Anlagenbau, Luftfahrt und Consumer Goods zu etablieren



Bild 1
Klemm- und Bremsenelement für alle gängigen Linearführungen. (© Zimmer Group)

Das MIM-Verfahren ist die Verbindung der Pulvermetallurgie und dem Kunststoffspritzguss und umfasst folgende Schritte:

- Mischen: Im ersten Schritt werden sehr feine Metallpulver mit einem thermoplastischen Kunststoffbinder zu einer homogenen spritzbaren Masse vermischt und zu feinem Granulat weiter verarbeitet, der sogenannte Feedstock.
- Spritzgießen: Dieser Feedstock wird bei Temperaturen bis 200 °C in weit-

gehend konventionellen Spritzgussmaschinen plastifiziert und in die passende Kavität eingespritzt, abgekühlt und schließlich das sogenannte Grünteil ausgeworfen. Dieses weist schon alle geometrischen und komplexen Merkmale des fertigen Bauteils auf, hat aber noch Übergröße. Der Anguss sowie der Ausschuss beim Spritzgießen kann recycelt werden, sodass nahezu kein Abfall entsteht.

- Entbindern: Aus dem Grünteil wird der Binder über einen mehrstufigen Prozess wieder entfernt – durch Lösemittelextraktion, katalytische Zersetzung und/oder thermisch. Das sogenannte Braunteil ist anschließend rein metallisch, allerdings zu diesem Zeitpunkt noch sehr porös und zerbrechlich.

- Sintern: Im letzten Verfahrensschritt wird das poröse Bauteil mittels Sintern bei grob 70 % der Schmelztemperatur der Legierung verdichtet. Dabei schrumpft das Bauteil um den früheren Anteil des Binders, was zwingend bei der Werkzeugauslegung berücksichtigt werden muss. Das Sinterteil hat üblicherweise 95 – 100 %

der theoretischen Dichte des entsprechenden Metalls beziehungsweise der entsprechenden Legierung und höchstens feine Poren, die die Eigenschaften nicht beeinträchtigen.

- Nachbehandlung: Durch die hohe Dichte des Sinterteils können alle üblichen Nachbehandlungsverfahren für MIM-Teile angewendet werden.

An den nachfolgenden Beispielen wird gezeigt, welche Vorteile durch die Herstellung von Bauteilen mittels MIM erreicht werden. Beim ersten Bauteil erlaubt MIM die near-net-shape Herstellung eines Rohlings aus einem sehr aufwendig zu verarbeitenden Material. Im zweiten Beispiel kommt die Designfreiheit und Bauteilkomplexität zum Tragen, die die Formgebung durch Spritzguss erlaubt.

Anwendungsbeispiel Klemm- und Bremsenelemente

MIM-Teile müssen nicht immer hochkomplex sein, es können auch einfache Geometrien für das MIM-Verfahren geeignet sein. Gerade hohe Anforderungen an das Ausgangsmaterial können bewirken, dass das MIM-Verfahren wirtschaftlicher ist als die Fertigung mit klassischen Zerspanungsverfahren. Als Beispiel können hier die Klemm- und Bremsenelemente der Zimmer Group aus Rheinau angeführt werden (**Bild 1**). Die in den Klemm- und Bremsenelementen enthaltenen Kulissen (**Bild 2**) weisen eine einfache Geometrie auf, sodass generell ein klassisches Fertigungsverfahren, wie zum Beispiel Zerspanung oder auch Presssintern, genutzt werden könnte. Allerdings reichen bei den Alternativenverfahren entweder die zu erreichenden Materialeigenschaften nicht aus (Presssintern), oder durch das schwer zu zerspanende Material übersteigen die Kosten der Zerspanung aufgrund des hohen Werkzeugverschleißes die

Autor

Dr. Natalie Salk
Dr. Peter Risthaus
Dr. Thomas Hartwig

Kontakt:

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
Wiener Straße 12
28359 Bremen
kontakt@mim-experten.de
www.mim-experten.de



Bild 2
Kulisse zur Ausführung der Bremsbewegung aus HSS-Stahl M2 (links: Grünteil, Mitte: Sinterteil, rechts: Baugruppe mit Kunststoffhalterung). © Zimmer Group



Bild 3
Eine „feste Zahnsperre“ mit vielen filigranen Brackets und dem Drahtbogen. © Forestadent

Herstellungskosten des MIM-Verfahrens deutlich. Die in Bild 2 dargestellten Kulissen müssen aus dem hochverschleißfesten Material HSS Stahl M2 mit einer Härte von 63 HRC gefertigt werden. Sie werden nach dem Sintern noch keilförmig geschliffen, um das Auslenken der Klemm- und Bremsbacken in der Anwendung zu gewährleisten. Hier müssen Toleranzen von $\pm 0,01$ erreicht werden. Dieser teure Fertigungsschritt fällt aber wegen der engen Toleranzen auch bei einer zerspanenden Fertigung an.

Durch die Eigenschaften des MIM-M2 war es möglich, den Verschleiß im Betrieb der Klemm- und Bremsselemente zu vermeiden und somit die Lebensdauer dieser Baugruppe zu optimieren. Durch die Herstellung im MIM-Verfahren war es möglich, die

Bauteilkosten um 0,52 € zu reduzieren. Hierdurch wird eine Kostenersparnis von circa 28 % gegenüber der zerspanenden Fertigung erreicht.

Anwendungsbeispiel Kieferorthopädische Brackets

Die feste Zahnsperre ist eine grundlegende Behandlungsmethode der Kieferorthopädie. Die Hauptkomponenten sind – neben dem Drahtbogen – die vielen geometrisch unterschiedlichen Brackets, die auf den Zähnen fixiert werden und als Verbindung zwischen dem Drahtbogen und den Zähnen dienen (Bild 3). Diese filigranen und hochpräzisen Bauteile wurden ursprünglich aus mehreren, meist bereits komplexen Einzelkomponenten mon-

tiert. Das Verfahren umfasste folgende Arbeitsschritte (Bild 4, oben):

1. Aufwendige Zerspanung des Bracketkörpers aus Profilmaterial
2. Stanzen einer Lotscheibe
3. Stanzen und Prägen des Pad-Materials (Pad = Klebefläche, bestehend aus einem „Maschendraht“, der, basierend auf Widerstandsschweißtechnik, mit einem dünnen Blech verbunden wird)
4. Drehen des Knopfhäkchens
5. Lötten der Einzelteile zum fertigen Bracket.

Außer für Kleinserien wird heute ausschließlich MIM für die Fertigung eingesetzt. Obwohl für eine Behandlung (Bracketsatz) momentan mindestens acht technisch aufwendige Spritzgießwerkzeuge hergestellt werden müssen, lassen sich damit große Stückzahlen der komplexen Bauteile einfach in einem Verfahren fertigen (Bild 4, unten). Neben einer deutlichen Kostenersparnis brachte MIM noch einen weiteren Vorteil mit sich. Die Geometrie der Bauteile konnte für Behandlungen mit gesteigertem Patientenkomfort weiter entwickelt werden. Heute wären sie wegen der Komplexität gar nicht mehr konventionell zu fertigen. Zusätzlich werden die Brackets auch noch aus einem nickelfreien Edelstahl gefertigt, was ein für die Medizintechnik wichtiger Vorteil gegenüber dem konventionellen Materialmix ist.

Anhand der beiden Beispiele wurden zwei wichtige Aspekte aufgezeigt, die für das MIM-Verfahren von metallischen Bauteilen sprechen. Zum einen bietet das Verfahren eine breite Materialpalette mit sehr guten mechanischen Eigenschaften der möglichen Materialien und zum anderen bietet es eine große Designfreiheit und damit die Möglichkeit, hoch komplex geformte Bauteile einfach herzustellen.

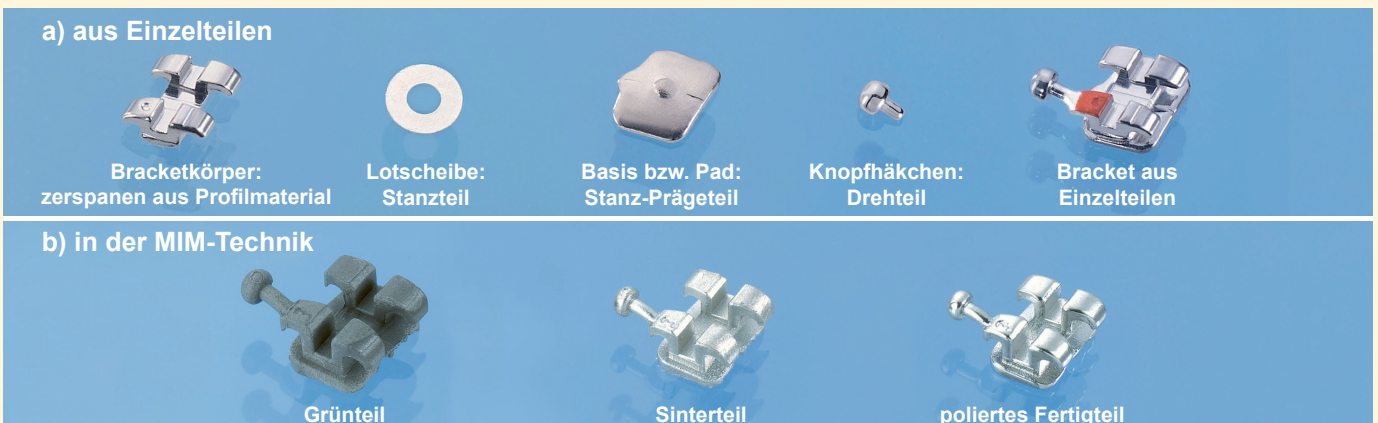


Bild 4

Herstellung kieferorthopädischer Brackets a) aus Einzelteilen, b) in der MIM-Technik. © Forestadent