

Toz Enjeksiyon Kalıplamada İç Vida Profiline Maça Kullanmadan Elde Edilmesinin Araştırılması

Mehmet Subaşı

Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye
Orcid ID: 0000-0003-4826-9175

Özet

Toz enjeksiyon kalıplama (TEK) metal ve seramik tozlarından karmaşık şekilli küçük hacimli parçaların kitlesel üretilmelerinde kullanılan bir tekniktir. Bu yöntem besleme stoku hazırlama, kalıplama, bağlayıcı giderme ve sinterleme aşamalarından meydana gelmektedir. TEK deki kalıplama aşaması plastik enjeksiyon kalıplama yöntemine benzer. Bu çalışma da parça içerisindeki vida geometrisinin insörtlü ve insörsüz elde edilebilirliği araştırılmıştır. Çalışmada ilk olarak 316L besleme stoku kalıp içerisine enjekte edilmiştir. Kalıptan çıkan ham numunelerin bir kısmı 3,3 mm çapında delinmiş ve daha sonra M4 kılavuz çekilmiştir. Diğer bir kısmına ise delme işleminden sonra çekme oranı (%16) kadar büyük imal edilmiş M4 kılavuz çekilmiştir. Standart M4 kılavuz çekilmiş numunelerin içerisine insörtler konulmuştur diğerlerine konulmamıştır. Bu insörtler de yüksek sıcaklığa dayanıklı boya ile kaplanmıştır. Hazırlanan numuneler iki farklı sinterleme sıcaklığı (1260 °C - 1340 °C) ve süresin de (30-90 dakika) sinterlenmiştir. Deneyler sonucunda vidalı insört üzerindeki boya ara katmanın kusursuz diş geometrisinin elde edilmesinde yeterli olmadığı belirlenmiştir. Çekme oranı kadar büyük imal edilmiş M4 kılavuz çekilmiş numunelerde ise diş profilinin elde edilebildiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler : 316L besleme soku, Toz enjeksiyon kalıplama, ara katman, kılavuz çekme

Investigation of Obtaining Inner Screw Profile Without Cores in Powder Injection Molding

Mehmet Subaşı

Technical Sciences Vocational School of Higher Education, Department of Machine and Metal Technology Gazi University, TURKEY Orcid ID: 0000-0003-4826-9175

Abstract

Powder injection molding (PIM) is a technique used in the mass production of small volume parts with complex shapes from metal and ceramic powders. This method consists of feedstock preparation, molding, debinding, and sintering steps. The molding step in PIM is similar to the plastic injection molding method. In this study, the manufacturability of screw geometry was investigated with insert and without the insert. Firstly, 316L feedstock was injected into the mold in the study. Some of the molded samples were drilled in diameter 3.3 mm and then tapped with standard M4 tap. The other sample was tapped with M4, which was manufactured as large as the shrinkage ratio (16%). Inserts are placed into the standard M4 tapped samples and into others not. Placed inserts are also coated with high-temperature resistant paint. The prepared samples were sintered at two different sintering temperatures (1260 °C - 1340 °C) and time (30-90 minutes). As a result of the experiments, it was determined that the paint interlayer on the screw insert was not sufficient to obtain the perfect tooth geometry. It was determined that the thread profile could be obtained in M4 tapped samples manufactured as large as the shrinkage ratio.

Key words: 316L feedstock, Powder injection molding, interlayer, tapped

1. GiriŐ

Toz enjeksiyon kalıplama (TEK) yöntemin de ilk olarak besleme stoku hazırlanır, daha sonra besleme stoku kalıp içerisine enjekte edilir. Enjeksiyon işleminden sonra kalıptan çıkan numuneler bağlayıcı giderme ve sinterleme işlemlerine tabii tutulurlar. TEK deki kalıplama süreci plastik enjeksiyon kalıplama yöntemine benzer özellikler taŐır. TEK yönteminde de parça üzerindeki geometriler hareketli ve hareketsiz maa sistemleri ile elde edilirler. Parça içerisindeki vida geometrisinin elde edilmesinde hareketli maa sistemine ihtiyaç vardır.

İmalat teknolojileri içerisinde vidalı bağlantı sistemi yaygın bir Şekilde kullanılmaktadır. Vidalı bağlantının tercih edilme sebeplerinden en önemlisi vida geometrisine sahip elemanların hızlı bir Şekilde sklp takılabilmesidir. Silindirik i ve dıŐ yüzeyler üzerine açılan helisel girinti ve çıkıntılara vida denir. Vida geometrisinin parçaların içerisine aılmasında kılavuzlar yaygın bir Şekilde kullanılmaktadır [1].

TEK in sinterleme aşamasında, parçanın içerisine yerleŐtirilen insört ile besleme stoku bölgesi difüzyon kaynağı prensiplerine bağlı olarak birleŐmektedir. Böylece, TEK yöntemi ile parça üretimindeki boyut sınırlaması giderilmiŐtir [2]. İnsört ile besleme stoku arasındaki difüzyon mekanizmasının güçlendirilmesi için ara katman kullanımı yaygın bir yöntemdir. Bu çalışmada ise ara katman difüzyon mekanizmasını engellemek amacı ile kullanılmıştır.

Yılmaz ve arkadaŐları [3] TEK yöntemi ile kendinden montajlı ve hareketli parça üretimini araŐtırmıŐlardır. Montajlanacak bileŐenler arasındaki boŐluk ile sistemin hareket etmesi saėlamıŐlardır. BileŐenler arasındaki boŐluėun ise krom katmanı ile elde edilebileceğini belirlemiŐlerdir.

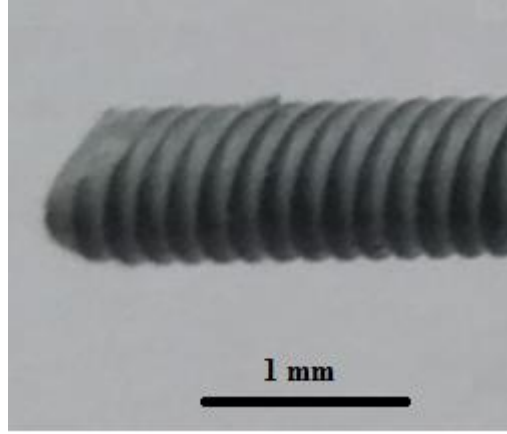
Urtekin ve arkadaŐları [4] TEK yöntemi ile Ti-6Al-4V den kemik vida implantının imalatını araŐtırmıŐlardır. Deneyler sonucunda kemik vida implatının kusursuz bir Şekilde elde edilebilmesi için gerekli optimum kalıplama ve sinterleme parametrelerini belirlemiŐlerdir.

Koçak ve arkadaŐları [5] insrtl toz enjeksiyon kalıplama yöntemi ile WC parça üretiminde ara katmanın etkisini incelemiŐlerdir. Deneyler sonucunda büyük hacimli WC parça elde etmek için nikel ara katmanın gerekli olduğunu belirlemiŐlerdir.

Literatürde yapılan çalıŐmalarda parçada bulunan dıŐ profilinin elde edilmesinde kalıp üzerindeki maa sistemlerinden yararlanıldığı belirlenmiştir. Bu alıŐama da maa sistemi kullanmaksızın vida profilinin elde edilmesi araştırılmıştır. Deneyler de numuneler insrtl ve insrtsz olmak üzere iki ana bölüme ayrılmıŐtır. Numunelerin bir kısmının ilerine ısıya karşı dayanıklı boya ile kaplanmış insörtler yerleŐtirilmiŐtir. Diğer kısmına ise çekme payı kadar büyük yapılmıŐ M4 kılavuz ile dıŐ profilleri oluşturulmuştur. Sinterleme deneyleri sonucu parçalardaki dıŐ profili durumu incelenmiŐtir.

2. Materials and Method

Parçanın sinterlenmesi esnasında parçanın iç kısmında vida geometrisinin elde edilmesi için insörtler kullanılmıştır. İnsört olarak AISI 1050 çeliğinden hazırlanmış boya kaplı M4 saplama (Tij) kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Isıya karşı dayanıklı boya ile kaplanmış M4 saplama

Toz enjeksiyon kalıplama da insört üzerine besleme stoku enjekte edildikten sonra parçalar bağlayıcı giderme ve sinterleme işlemlerine tabi tutulursa insört ile besleme stoku bölgesi arasında bir difüzyon meydana gelmektedir. Bu çalışmada insört ile vida profili elde etmek ve besleme stoku bölgesi ile insört arasındaki difüzyonu engellemek için insörtler üzerinde bir ara katman oluşturulmuştur. İnsörtler üzerinde ara katman oluşturmak için su bazlı ve akrilik esaslı boya kullanılmıştır. İnsörtlerin kaplanmasında kullanılan boyanın kaybolma sıcaklığı 600 °C civarındadır. Bu özelliklere sahip boya ile insörtler üzerinde 5-7 µm kalınlığında ara katman oluşturulmuştur.

Deney numunelerinin hazırlanmasında kullanılan 316L besleme stoku Almanya da bulunan eMBe (eMBe Products and Service GmbH, Thierhaupten, Germany) firmasından temin edilmiştir. 316L besleme stokunun kimyasal bileşimi Tablo 1 de, besleme stoku içerisindeki tozların özellikleri Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo 1. 316L besleme stokunun kimyasal özellikleri

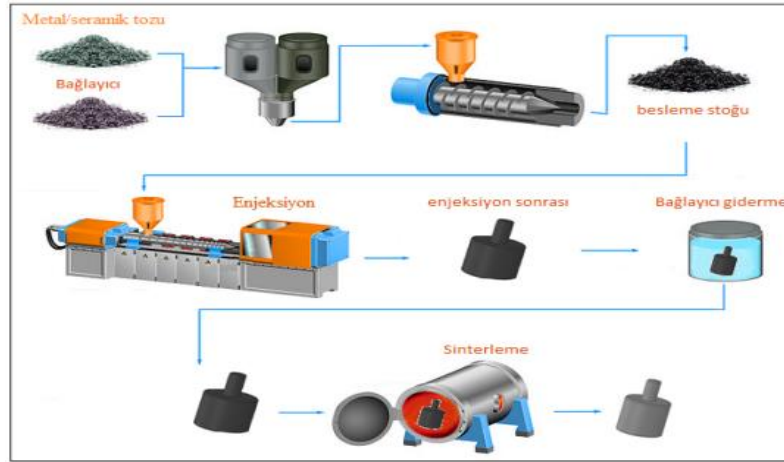
C (%)	P (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Mn (%)	Si (%)	Fe
0,03	0,045	16-18	12-15	2-3	<2	≤1,0	Geri kalan

Tablo 2. Besleme stokunda kullanılan tozun özellikleri

Üretim yöntemi	Boyut	Toz yükleme oranı (ağırlıkça %)
Su atomizasyon	D ₅₀ : 7µm, D ₉₀ : 13µm	% 92,5- 93,1

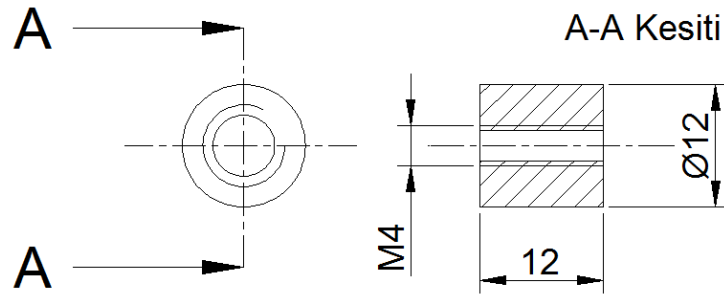
2.1. Toz enjeksiyon kalıplama, bağlayıcı giderme ve sinterleme işlemi

Şekil 2 de çalışmada kullanılan TEK yönteminin aşamaları verilmiştir.



Şekil 2. TEK yönteminin aşamaları [6]

Deney numuneleri toz enjeksiyon kalıplama işleminden sonra bağlayıcı giderme ve sinterlemeye tabi tutulmuşlardır (Şekil 3). Toz enjeksiyon kalıplama parametreleri Tablo 3 de verilmiştir. Bağlayıcı giderme işlemi 60 °C sıcaklıkta etanol çözeltisinde 24 saat bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Numunelerin sinterleme işlemi atmosfer kontrollü tüp fırın içerisinde yapılmıştır. Numuneler 1260 °C - 1340 °C sinterleme sıcaklıklarında ve 30 ve 90 dakika sürelerde sinterlenmişlerdir. Sinterleme deneyleri 4,5 °C / dakika ısıtma, 5 °C / dakika soğutma hızlarında ve 95 % N₂ + 5 % H₂ karışım gaz atmosferinde yapılmıştır.



Şekil 3. Toz enjeksiyon kalıplamada hazırlanan ham numuneler

Tablo 3. Toz enjeksiyon kalıplama parametreleri

Enjeksiyon hızı (cm ³ /s)	Enjeksiyon basıncı (bar)	Enjeksiyon süresi (s)	Ütöleme basıncı (bar)	Enjeksiyon sıcaklığı (°C)	Kalıp sıcaklığı (°C)	Soğutma süresi (s)
1	120	3	50	150	45	5

3. Sonuçlar ve TartıŐma

Tablo 3 de belirtilen enjeksiyon parametrelerinde deney numuneleri hazırlanmıŐtır. Toz enjeksiyon işleminden sonra bir kısım numunelere standart M4 kılavuz çekilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Standart M4 kılavuz takımı

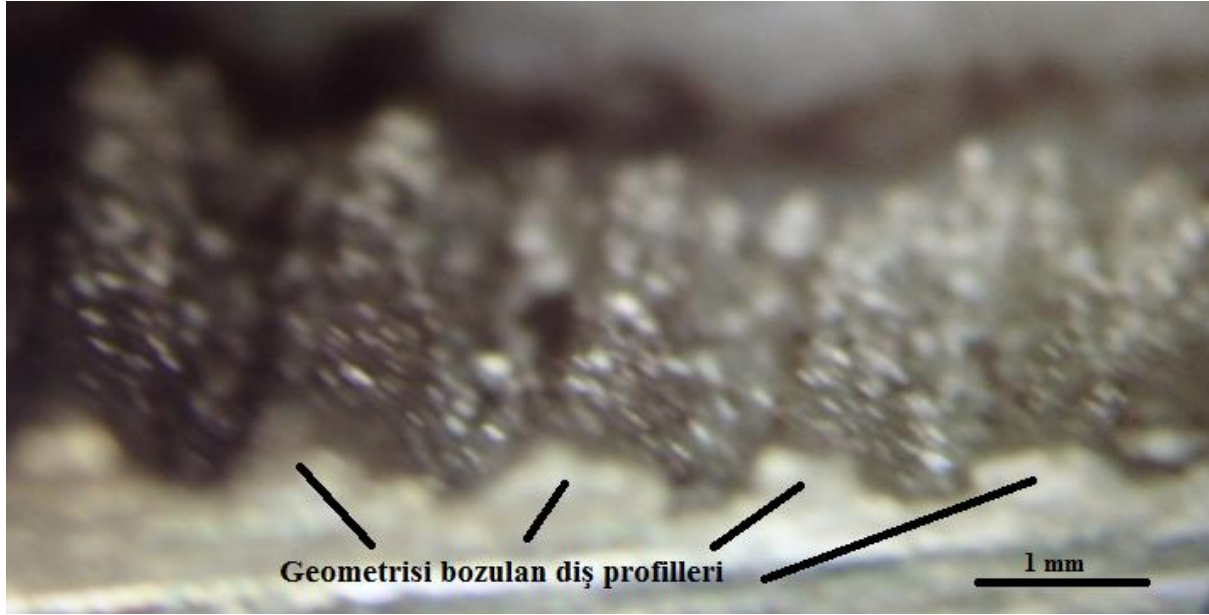
Standart kılavuz çekilmiş numunelerin içerisine boya ara katmanlı insörtler yerleŐtirilmiŐtir (Şekil 1). Boya ara katmanı ile insört ile besleme stoku bölgesi arasında oluŐması muhtemel olan difüzyon

engellenmeye çalışılmıŐtır. İçerisine insört yerleŐtirilmiŐ ve yerleŐtirilmemiŐ numuneler 1260 °C ve 1340 °C sıcaklıklar da 30 ila 90 dakika sürelerde sinterlenmişlerdir. Sinterleme işleminden sonra numunelerin içerisindeki vida geometrili insörtler ile besleme stoku bölgesinin birbirlerine difüzyon olduğu belirlenmiştir. İnsört ile besleme stoku bölgelerinin birbirlerine difüzyon olduğu numuneler kesilerek vida profilleri incelenmiŐtir (Şekil 5).



Şekil 5. İnsörtlü sinterlenmiŐ numune

Optik mikroskop görüntülerinde standart M4 kılavuz çekilen ve boya ara katmanlı insört ile birlikte sinterlenen numunelerin diş profillerin de bozulmalar olduğu belirlenmiştir (**Şekil 6**). Bu durumun sebebi olarak ara katmanlı insörtlerin parçalara takılması esnasında enjeksiyondan çıkan ham parçalardaki vida profillerine zarar vermesinden dolayı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6. Diş profili bozulan numune

Çalıőmanın ikinci grubundaki numunelere ise çekme payı kadar (%16) büyük yapılan M4 kılavuz salınmıştır. Bu numuneler insörtlüz olarak sinterlenmişlerdir. Sinterleme işleminde sonra standard M4 bir saplama numunelere problemsiz bir şekilde takılabilmektedir.

Sonuçlar

TEK yöntemi ile parça içerisindeki vida geometrisinin insörtlüz ve insörtlüz olarak elde edilmesinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar şunlardır;

- İnsört üzerindeki boya ara katmanının besleme stoku bölgesi ile insört arasındaki difüzyonu engellemediği belirlenmiştir.
- Boya ara katmanlı insörtlerin ham parçaya yerleştirilmesi aşamasında parça içerisindeki vida geometrisini bozduğu belirlenmiştir.
- TEK yöntemi ile iç vida geometrisinin elde edilmesinde çekme oranı kadar büyük yapılan kılavuzun iç vida geometrisi elde etmede olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma TUBİTAK (113M125) ve Gazi Üniversitesi BAP birimi (07 / 2013-03) tarafından desteklenmiştir.

References

- [1] Uzun G. Ti6Al4V titanyum alaşımında kılavuz ile vida açma problemlerinin araştırılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [2] Safarian A, Subaşı M, Karataő Ç. The effect of sintering parameters on diffusion bonding of 316L stainless steel in inserted metal injection molding. *Int J Adv Manuf Technol.* 2017; 89:2165–2173.
- [3] Yılmaz O, Samet K, Koçak H, Karataő Ç. Toz enjeksiyon kalıplamada krom arayüzeyi kullanılarak montajlı parça imalatının araştırılması. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 2019; 34(2): 621-634.
- [4] Urtekin L, Taskin A. Ti-6Al-4V alloy cortical bone screw production by powder injection molding method. *Materials Express* 2017; 7(4): 245-252.
- [5] Koçak H, Subaşı M, Karataő Ç. Sinter bonding of AISI 4340 and WC-Co using Ni interlayer by inserted powder injection molding. *Ceramics International* 2019; 45: 22331–22335.
- [6] Koçak H. Farklı insört malzemeler kullanılarak toz enjeksiyon yöntemiyle kesici takım üretiminin araştırılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.