



TOZ METALURJİSİ İLE ÜRETİLEN 316L PASLANMAZ ÇELİKLERE İLAVE EDİLEN ÇİNKO STEARAT VE PARAFİNİN ÇEKME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Mehmet Akif ERDEN^{1*}, Mahmud Esad TEKİN²

¹*Biyomedikal Müh./ Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Türkiye*
²*Biyomedikal Müh./ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Türkiye*

*makiferden@karabuk.edu.tr Başlıca yazarın mail adresi

Özet – Toz metalurjisi üretim yöntemi yaygın kullanılan üretim yöntemlerinden biridir. TM yöntemi ile malzeme kaybının az olması, kompleks, parçaların üretiminin kolay olması, ikincil işlemin genellikle gerek duyulmaması gibi birçok özelliğe sahiptir. Paslanmaz çelikler az alaşımlı veya alaşımsız çeliklerin geliştirilmiş halidir. Paslanmaz çeliklerin üstün mekanik özelliklere sahip olması, korozyona karşı dirençleri, biyomalzeme olarak kullanılması gibi gelişmiş özellikleri sayesinde endüstri ve biyomalzeme alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada 316L Paslanmaz Çelik, Çinko Stearat ve Parafin mumu kullanılmıştır. TM yöntemiyle, 316L paslanmaz çelik tozlarının içerisine ağırlık olarak %1,5 çinko stearat-%1,5 parafin, %3 parafin ve %3 çinko stearat ilave edilmiştir. Tozlar üç eksenli turbula mikseri kullanılarak homojen karışım elde edilmiştir. Karıştırılan tozlar ASTM – E8M standartlarında üretilmiş kalıpta 700 MPa basınç altında tek yönlü pres cihazı ile soğuk presleme işlemiyle her kompozisyona ait numuneler oluşturulmuştur. Presleme işleminden sonra argon atmosferli gaz ortamında 1250°C de iki saat süresince sinterlenmiştir. Üretim işlemi, biten numunelerin çekme testi, mikroyapı analizleri yapılmıştır. Parafin ve çinko stearat ilave edilen numuneler kıyaslandığında %3 parafin içeren kompozisyonun çekme dayanımı ve % uzama değerleri daha iyi çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler – Toz Metalurjisi, 316L Paslanmaz Çelik, Çinko Stearat, Parafin, Mekanik Özellikler

I. GİRİŞ

Toz metalurjisi belirli boyutlardaki tozların kalıp içerisinde basınç altında sıkıştırma işlemi uygulanıp, ardından ergime sıcaklığının altında sinterleme işlemi uygulanarak malzeme üretimi işlemidir. Üretilen numunelerin özellikleri tozun boyutu, presleme basıncı, presleme tekniği ve sinterleme sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir [1]. TM yöntemi ile üretilen malzemeler daha homojen yapıda olmasından dolayı mekanik özellikleri bakımından daha iyidir [2]. TM ile üretilen malzemelerin kalitesi çok iyi

olmakla beraber yüzey pürüzlülüğü bakımından da oldukça iyidir, genellikle ikincil işleme ihtiyaç duyulmaz [3]. TM yöntemi ile karmaşık şekilli parçaların üretim, üretim esnasında düşük malzeme kaybı veya malzeme kaybının olmaması, seri üretim ve düşük üretim maliyeti gibi avantajları nedeniyle diğer üretim yöntemlerinin sahip olmadığı özelliklere sahiptir [4]. Ayrıca TM yöntemi ile üretilmiş parçalar otomotiv endüstrisinde, elektrik sanayi, askeri teçhizat parçalarında, sağlık sektöründe birçok alanda kullanılmaktadır. TM üretimi genellikle sırasıyla toz üretimi, toz karışımı,

presleme ve sinterleme işleminden oluşmaktadır. Alaşimsız çelikler, şekil verilebilme, korozyon dayanımları ve mekanik özellikleri açısından istenilen özellikleri sunamamaktadırlar. Bu nedenle alaşimsız çeliklerin yerine nikel, krom, molibden gibi alaşım elementleri içeren paslanmaz çelikler kullanılır. Paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri, korozyon dayanımları, estetik görünümü ve şekil verme kolaylıkları gibi özellikleri kullanım alanlarının gün geçtikçe artmasına neden olmuştur. Paslanmaz çeliklerin korozyona karşı göstermiş olduğu dayanımı krom alaşımı sağlamaktadır. Krom alaşımı paslanmaz çeliğin yüzey kısmına tutunarak oksit tabakası oluşturur, bu oluşan tabaka sayesinde klorür ve asit gibi ortamlara karşı direnç kazanır [5]. Krom haricinde paslanmaz çeliklerin özelliklerini geliştirmek için başka alaşım elementleri ilave edilir. Nikel, molibden, vanadyum gibi alaşımlar ilave edilen alaşım elementlerinden birkaçıdır. Çeliklerin içinde karbon, silisyum fosfor ve az miktarda alüminyum elementi bulunur. Bu elementler çeliklere sertlik kazandırırken, nikel, vanadyum, titanyum ve mangan gibi elementler paslanmaz çeliklere şekil verilebilme özelliği kazandırır. Paslanmaz çelikler, sahip oldukları Yüksek korozyon dayanımı, değişken sıcaklıklarda dayanımları, uzun ömür, sağlık açısından kullanılabilir olması ve birçok gelişmiş özellikleri sayesinde endüstri ve sağlık alarında yaygın olarak kullanılmaktadır [6]. Metal sabunu olan çinko stearat TM yönteminde yağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Yağlayıcılar metal tozların akıcılığını, ham ve sinterlenen parçaların yoğunluğunu, sıkıştırılabilirliğini ve mukavemetini etkilemektedir. Yağlayıcılar presleme işlemi esnasında sürtünmeyi azaltma işlevine sahiptir böylelikle parçanın kalıptan kolay çıkarılmasını sağlar. Yaygın olarak kullanılan yağlayıcılar arasında çinko stearat, bulunur. Bir toza yağlayıcı eklenmesi, toz akışı, görünür yoğunluk ve sıkıştırılabilirlik dahil olmak üzere birçok mühendislik özelliğini etkiler. Yağlayıcılar, sinterleme sıcaklığına kadar ısıtma sırasında uçucu hale gelir ve ayrışır (Saha ve [7]. Parafin mumları, su iticilik ve kayganlık gibi mükemmel özelliklere sahip olduğundan, kâğıt ve sunta üretimi, ambalaj

malzemeleri, kozmetik ve ilaç endüstrileri ve plastik endüstrileri dahil olmak üzere geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Bunların dışında seramik işleme, metal tozu kalıplama ve metal enjeksiyon kalıplamada bağlayıcı sistemin bir parçası olarak da kullanılırlar [8].

Bu çalışmada özellikle 316L Paslanmaz çeliğe farklı % ağırlık oranlarında çinko stearat ve parafin ilavesinin çekme dayanımı ve % uzama değerlerine etkisi incelenmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada TM yöntemi kullanılarak Tablo 1’de belirli oranlarda ilavesi yapılmış çinko stearat, parafin ve çinko stearat-parafin numunelerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 1’e göre üretilmiş olan numunelere çekme testi yapılarak mekanik özellikleri incelenmiştir. Numune üretiminin aşamaları Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Numunelerin üretim aşamaları.

Çizelge 1. Üretilen numunelerin % dağılımlar.

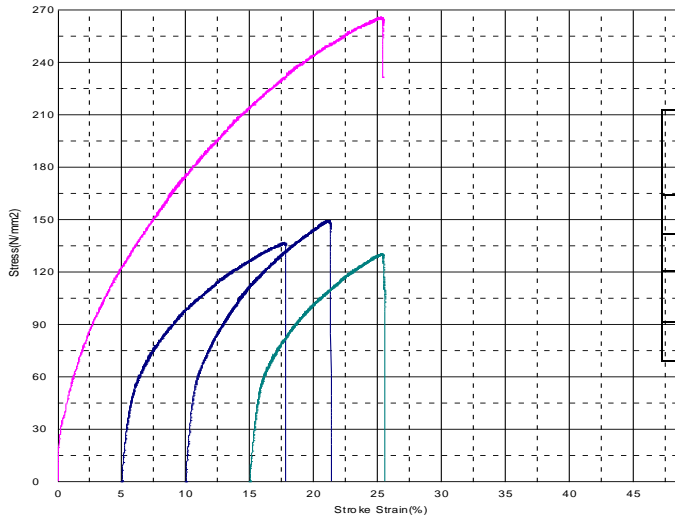
Kompozisyon	Çinko Stearat (%ağırlık)	Parafin Mum (%ağırlık)	316L (%ağırlık)
Alaşım1	-	-	%100
Alaşım2	%3	-	%97
Alaşım3	-	%3	%97
Alaşım4	%1,5	%1.5	%97

Tozlar Çizelge 1’de gösterilen oranlara göre “RADWAG as 220/c/2 “marka hassas teraziyle tartımları gerçekleştirilmiştir. Karıştırılan tozlar

ASTM E-8M standardına sahip kalıpta 700 MPa basınç altında tek yönlü soğuk presleme işlemi uygulanmıştır. Preslenen numuneler 1250°C'de 2 saat argon atmosferli gaz ortamında sinterleme işlemi uygulanarak numunelerin üretimi tamamlanmıştır. Sinterlenmiş olan numunelere çekme testi uygulanmış olup çekme grafikleri, çekme dayanımları, akma dayanımları ve %uzama değerleri tespit edilmiştir. Yoğunluk ölçümü RADWAG marka hassas terazinin yoğunluk kitinde Arşimet prensibine göre hesaplanmıştır. Mikroyapı incelemeleri için X50-X1000 büyütme kapasiteli Nikon Epiphot 200 marka optik mikroskop kullanılmıştır. Tüm numuneler için çeşitli alanlardan farklı büyütme değerlerinde görüntüler alınmış ve elde edilen bu görüntülerin tüm mikroyapıyı temsil edebilir özellikte olmasına özen gösterilmiştir.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

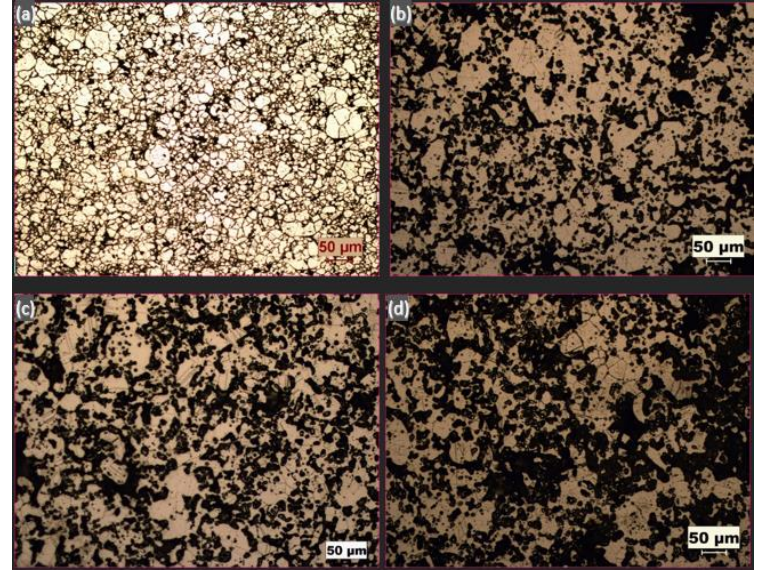
Numunelerin çekme eğrileri ve sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü üzere %3 parafin içeren numunenin %3 çinko stearat ve %1,5 (çs-pm) içeren numunelere kıyasla daha iyi akma dayanımı ve çekme dayanımı gösterdiği görülmüştür.



Şekil 2. % ağırlık olarak farklı çinko stearat, parafin ve çinko stearat-parafin ilave edilen 316L paslanmaz Çelik numunelerin çekme eğrileri (Sırasıyla %0, %3 çs, %3 pm, %1,5 (çs-pm) 316L paslanmaz çelik numuneler).

Çizelge 2. Çekme sonuçları

Kompozisyon	ÇEKME Dayanımı (MPa)	UZAMA (%)
316L	266	25,17
316L 3ÇS	137	12,74
316L 3PARAFİN	150	11,24
316L 1,5 PARAFİN-1,5	131	10,34



Şekil 3. Farklı kompozisyon oranlarına (a-316L, b-316L+3%çs, c-316L+3%pm, d-316L+%1,5(çs-pm)) sahip 316L paslanmaz çelik numunelerin mikroyapı görüntüleri).

Çizelge 3. Yoğunluk ölçüm sonuçları.

Kompozisyon	DeneySEL Yoğunluk (g/cm ³)	Teorik Yoğunluk (g/cm ³)	Yoğunluk (%)	Gözenek (%)
Alaşım1	7.3152	7.9500	92.0150	7.9850
Alaşım2	6.9104	7.7445	89.230	10.770
Alaşım3	6.8947	7.7385	89.096	10.903
Alaşım4	7.0101	7.7415	90.552	9.4478

Mikroyapı ve yoğunluk sonuçları incelendiğinde Alaşım1, diğer parafin ve çinko stearat ilave edilen numunelere göre gözenek değeri düşük ve yoğunluğu yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle Alaşım 1'in mekanik özellikleri daha iyi olduğu görülmektedir. Alaşım1, Parafin ve çinko stearat ilavesi yönünden kıyaslandığında %3 parafin ilave edilen bileşimin mikroyapı resmi incelendiğinde gözeneklerin daha küçük ve homojen olduğu

görülmektedir. Gözenek miktarı daha yüksek olmasına rağmen Alaşım 2 ve 3'e göre çekme dayanımı daha iyi çıkmıştır. Alaşım2-3 ve Alaşım 4 için % uzama değerleri kıyaslandığında %3 çinko stearat ilave edilen numunenin % uzama değeri daha iyi çıkmıştır. Mikroyapı resimleri incelendiğinde Alaşım 3'e göre daha az gözenekli olduğu görülmüştür. Alaşım 4'te ise gözeneklerin bölgesel toplandığı görülmektedir. Bu nedenle Alaşım 4 yoğunluğu daha yüksek olmasına rağmen çekme dayanımı ve % uzama değerleri düşük çıktığı görülmektedir. Ayrıca literatürde bu sonuçları destekleyen sonuçlar mevcuttur. Örneğin, Yukinori Taniguchi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada tek yönlü presleme işleminde parafin mumunun alaşımlı çelikler 'de dahili ve kalıp duvarı yağlayıcı olarak toz sıkıştırma sırasında yoğunluk ve homojen dağılımı bakımından çinko stearat tan daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemişlerdir [9]. Birçok kaynakta da belirttiği üzere matris malzeme de homojen dağılmış gözeneklerin mekanik özellikleri artırdığı ifade edilmektedir.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada TM yöntemiyle 316L paslanmaz çelik içerisine farklı yağlayıcılar (parafin mumu ve çinko stearat) kullanılarak üretilmiş numunelerin çekme özelliklerine etkisi incelenmiştir. Toz metal 316L parafin ve çinko stearat'ı sırasıyla karıştırma, presleme ve argon atmosferinde 1250 °C'de sinterlenerek üretimi tamamlanmıştır. Bu çalışmadan çıkarılacak sonuçlar şöyledir.

- TM yöntemiyle çinko stearat, parafin ve parafin-çinko stearat ilaveli 316L paslanmaz çelik numuneleri üretilmiştir.
- Üretilmiş olan numunelerin çekme dayanımı değerleri kıyaslandığında çekme dayanımı en yüksek Alaşım 1'de görülmüştür. Alaşımlar, Parafin ve çinko stearat ilavesi yönünden kıyaslandığında %3 parafin ilave edilen bileşimin %3 çs ve %1,5 (çs-pm) ye göre daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

- Üretilmiş olan numunelerin yoğunluk değerleri kıyaslandığında ağırlık olarak % 3 çinko stearat ve % 3 parafin ilave edilen numunelerin yoğunlukları birbirine yakın olmakla beraber mikroyapı resimleri incelendiğinde % 3 parafin ilave edilen numunenin gözeneklerin daha küçük ve homojen olduğu görülmektedir. Alaşım 4 (%1,5 (çs-pm))'te ise gözeneklerin bölgesel toplandığı görülmektedir. Alaşım 2 ve Alaşım 3'e göre yoğunluk değerinin yüksek olmasına rağmen çekme dayanımı ve % uzama değerlerini olumsuz etkilemiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Karabük Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri KBÜBAP-22-DS-061, KBÜBAP-22-YL-074 numarası altında gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle bu çalışmayı destekleyen Karabük Üniversitesi Rektörlüğü BAP Koordinatörlüğü teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- [1] Ak, H. D. (2014). Geleneksel Toz Metalurjisi Yöntemiyle Üretilen A1sı 304l ve A1sı 316l Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Özelliklerine Sinterleme Koşullarının Etkisi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [2] N. Soltani, A. B.-K. (2013, 09). Effect of 10Ce-TZP/Al₂O₃ nanocomposite particle amount and sintering temperature on the microstructure and mechanical properties of Al/(10Ce-TZP/Al₂O₃) nanocomposites. *Materials and Design*, 50, 85-91
- [3] Mehmet Akif Erden, Muhammed Taha Taşçı. (2016). The Effect of Ni on the Microstructure and Mechanical Properties of Nb-V Microalloyed Steels Produced by Powder Metallurgy. *Politeknik Dergisi*, 611-616.
- [4] Öveçoğlu L.M., (1997). Toz Metalurjisi:Tarihsel Gelişim,Üretim Aşamaları ve Son Eğilimler. 9.Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kong.-11-15,06,1997 İstanbul.
- [5] Osmanoğlu, T. (2012). AISI 304 ve 430 kalite paslanmaz çeliklerin mikroyapılarına, mekanik özelliklerine ve korozyon davranışlarına soğuk deformasyonun etkileri (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü). Sf.29
- [6] Aran, A. (2003). Paslanmaz çelik üretimi kullanımı standartları, 3. Baskı. Sarıtaş Teknik Yayınları, (1).
- [7] Saha, D., Apelian, D. Optimization of de-lubrication during sintering. *Proceedings of the 2000 International Conference on Powder Metallurgy and Particulate Materials*, New York, Vol. 5, pp. 183-190
- [8] Gönen, M., Balköse, D., İnal, F., & Ülkü, S. (2008). The effect of zinc stearate on thermal degradation of paraffin

wax. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 94(3), 737-742.

- [9] Taniguchi, Y., Dohda, K., & Wang, Z. (2005). Effect of lubrication on the improvement of uniformity in uniaxial powder compaction. *JSME International Journal Series A Solid Mechanics and Material Engineering*, 48(4), 393-398.