

Eklemeli İmalat Yönteminin Alaşımların Korozyon Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi

Fatma Nazlı ÖZSOLAK^{1*}

¹Endüstriyel Tasarım Mühendisliği /Mühendislik Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, Türkiye

*(fnsari@erciyes.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 20 Temmuz 2023, Kabul Tarihi: 24 Temmuz 2023)

(5th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2023, July 10 - 12, 2023)

ATIF/REFERENCE: Özsolak, F. N. (2023). Eklemeli İmalat Yönteminin Alaşımların Korozyon Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(6), 455-458.

Özet – Korozyon, malzemelerin çevre ile etkileşiminin sonucunda ortamın neden olduğu malzemelerde meydana gelen bozunmadır. Genel olarak, herhangi bir malzemenin korozyon hasarına uğrama ihtimali vardır. Metal ve metal olmayan malzemeler buldukları ortamla kimyasal, elektrokimyasal ve fiziksel etkileşime girerek bozulma veya yıkım gibi hasar meydana gelebilir.

Farklı ortamlarda farklı malzemeler korozyona karşı dayanıklıdır. Malzemeler, kullanılacakları ortamla uyumlu oldukları zaman korozyona karşı dirençlidir. Metaller için korozyon dirençleri tahmin edilerek, belirli bir ortamda bir metalin korozyon ömrü kadar kullanımı mümkündür. Paslanmaz çelik, titanyum ve alaşımları, bakır, alüminyum, Co-Cr alaşımları korozyona en dayanıklı metaller olarak bilinir.

Eklemeli imalat ile farklı uygulamalar yöntem ve malzemelerine göre sınıflandırılmaktadır. Eklemeli imalat yöntemi, her seferinde bir katman oluşturarak bir nesneyi oluşturma işlemidir. Seçici lazer ergitme yöntemi eklemeli imalatın bir çeşidi olup ağ şeklinde metallerin üretilmesinde kullanılır. Toz halindeki metalleri ısıtma,ergitme ve birleştirme prensibine dayanan bir yöntemdir. Bu çalışmada seçici lazer ergitme yöntemi ile üretilmiş Ti ve Co-Cr alaşımlarının korozyon davranışları hakkında literatürde yapılan çalışmalar araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Eklemeli İmalat, Seçici Lazer Ergitme, Korozyon, Korozyon Deneyleri, Mikro Yapı

I. GİRİŞ

Eklemeli imalat (Eİ) veya eklemeli katmanlı imalat (EKİ) esasında metal malzemeler için 3D baskı yöntemini içeren endüstriyel imalat yöntemleridir. Toz formundaki metallerin eklemeli imalat sürecinde seçici lazer eritme (SLM) veya elektron ışını ile eritme (EBM) bilinen yöntemlerdendir.

Eklemeli imalat karmaşık ve özelleştirilmiş geometrilere sahip ürünlerin imalatında kullanılırken bu tekniklerin yüzey bitirme kalitesi açısından sınırlamalara sahip olduğu görülmektedir.

Eklemeli imalat ile üretilen vücut içi tıbbi amaçlı cihazların yüzey kalitesi bakımından yüksek pürüzlülük ve kısmen kaynaşmamış parçacıklara sahiptir. Bu durumda da vücuttaki cihazın hücre ve proteinler arası reaksiyonları düşürür. [1,2].

Seçici lazer ile ergitme yöntemi ile imal edilen ürünlerde yüksek artık gerilimler oluşturan yüksek soğutma hızları gibi bazı sınırlamaları vardır. Bu gerilimler yarı kararlı bir martenzitik mikro yapının oluşumundan kaynaklanır. Diğer bir faktör, implant başarısızlığına yol açabilecek kaynaşmamış parçacıkların daha fazla salınmasına yol açabilen zayıf yüzey kalitesidir. Seçici lazer ile ergitme

yöntemindeki yüksek soğutma hızları ürünler üzerinde yüksek artık gerilmelere neden olmaktadır. Bu gerilmelerin ortaya çıkmasında iki neden vardır . Bunlardan biri yarı kararlı martenzitik bir mikro yapının oluşturulması bir diğer faktör ise daha fazla hasara yol açabilen zayıf yüzey kalitesidir ki kaynaşmamış parçacıkların salınması ile implant yüzeyinde hasar meydana gelebilir. implant ile canlı kemik arasında direk bağlantıyı (osseointegration) başlatmak için, kimyasal bileşim, pürüzlülük ve morfoloji gibi yüzey özellikleri, hücreler ve proteinler ile etkileşimleri kolaylaştırılmalıdır. Bu faktörler hem hücre yapışması hem de korozyon direnci ile ilgilidir. Yüksek yüzey enerjisine sahip yüzeyler, daha fazla hücrel etkileşim ve korozyon direnci gösterir [2].

Biyomedikal malzemeler agresif bir ortamda kullanıldığı için bu malzemelerin korozyon direnci araştırılması gereken konulardan biridir. Metal cihazlar için vücutta toksik iyonların salınması bazı hastalıklara neden olduğu dikkate alınması gereken bir diğer konudur.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu kısımda biyomedikal amaçlı kullanılan malzemeler için araştırmacıların yaptıkları korozyon amaçlı çalışmalar incelenmiştir. Eklemeli imalat yönteminin ise korozyon özelliklerinin geliştirilmesinde ne kadar etkili olduğu da araştırılmıştır.

A. Korozyon Testleri

Araştırmacılar genellikle iki türde korozyon testlerini yürütmüşlerdir. Biri elektrokimyasal diğeri ise statik daldırma testleri şeklindedir.

B. Elektrokimyasal Korozyon Testleri

ISO10271:2001'e göre, korozyon direncini değerlendirmek için standart üç elektrotlu sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemde referans elektrot olarak doymuş kalomel elektrot , platin elektrot karşıt elektrot ve numune bağlantı teli çalışma elektrotu şeklindedir. Test edilen numune alanı minimum 1 cm² olacak şekilde hazırlanır. Üç elektrot, 500 mL ağırlıkça %0,9 NaCl çözeltisi (ISO 14242:2014) içeren bir kuvars hücreye daldırılarak ve tüm sistem 37 °C sıcaklıkta olacak şekilde korozyon istasyonunda testler yürütülmektedir. Üç elektrot bir elektrokimyasal iş istasyonuna bağlanarak seçilen alanda özel bir yazılım eşliğinde

bilgisayar ile veri toplayan sistemler kullanılmaktadır.

Açık devre potansiyeli testi ile elektrokimyasal empedans değerlendirilmiştir. Açık devre potansiyeli, metalik yüzey ile çözelti arasındaki denge potansiyelini ölçer.

.Potansiyodinamik polarizasyon, metalik malzemelerin korozyon direncini değerlendirmek için kullanılan ana elektrokimyasal tekniktir.

C. Statik Daldırma Testi

İyon salınımını incelemek için temizlenen ve kurutulan numuneler , 37 °C±1 °C'de hava geçirmez bir kaptaki %0,9 NaCl çözeltisine daldırılarak çözeltideki iyon miktarını tespit etme prensibine dayanmaktadır.

Co-Cr-Mo esaslı alaşımlar, yüksek biyouyumluluk, mekanik özellik ve korozyon direnci nedeniyle kalça eklemi protezleri, diş restorasyonu ve kemik sabitleme cihazları alanında vazgeçilmez biyomalzemelerdir [3,4]. Co-Cr-Mo esaslı alaşımlar genellikle karmaşık bir süreç olan ve özelleştirilmiş parçalara uygun olmayan döküm yöntemiyle üretilir. Son zamanlarda, eklemeli imalat bireyselleştirilmiş gereksinimleri karşılayabilen ve üretim maliyetini ve süresini azaltabilen biyomedikal cihazların imalatında kullanılmaya başlanmıştır [5-7].

Dong X. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada döküm ve seçici lazer ergitme yöntemiyle imal edilmiş Co-Cr-Mo-W alaşımının mikroyapısının korozyon özelliklerini elektrokimyasal teknikler kullanarak incelemişlerdir [8].

Bu çalışmada, mikroyapının seçici lazer ergitme yöntemiyle ve döküm Co-Cr-Mo-W alaşımının korozyon davranışı üzerindeki etkisi, %0,9 NaCl çözeltisinde elektro-kimyasal teknikler (potansiyodinamik polarizasyon eğrisi, elektrokimyasal empedans spektroskopisi ve döngüsel voltametri teknikleri) kullanılarak incelenmiştir. Seçici lazer ergitme yöntemiyle ve döküm alaşımı aynı kimyasal bileşime, kristal yapıya ve yüzey kimyası durumuna sahiptir. Elektrokimyasal ölçüm sonuçları analiz edilerek, seçici lazer ergitme yöntemiyle üretilen Co-Cr-Mo-W alaşımının döküm Co-Cr-Mo-W alaşımına göre daha iyi korozyon direnci ve daha düşük metal iyonu çözünme miktarı olduğu kanıtlanmıştır.

Seçici lazer ergitme yöntemiyle Co-Cr-Mo-W alaşımının pasif özelliği ve aşınmazlığı esas olarak mikro yapıya (çökeltilerin içerik ve yapı dağılımı) bağlıdır. Seçici lazer ergitme yöntemiyle Co-Cr-Mo-W alaşımının yüksek korozyon direnci, etkili mikro hücre oluşturamayan düzgün ince çökelti dağılımına bağlanabilir.

Sharma A. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Ti_6Al_4V alaşımlarının korozyon davranışını incelemek için alkaliden nötre ve asidik pH'a (NaOH, NaCl ve H_2SO_4) değişen üç tip korozyon ortamı kullanmışlardır (Tablo 1). Sonuçların karşılaştırılması için bir fizyolojik simüle edilmiş vücut sıvısı ortamı da kullanılmıştır [9].

Elektrokimyasal empedans spektroskopisi sonuçları, hem döküm hem de Ti_6Al_4V numuneleri için yoğun bir pasif tabakanın oluştuğunu ve ortamın sertliği ile gözenekli tabakanın kalınlığının arttığını göstermiştir. Seçici lazer ergitme yöntemiyle imal edilmiş numune Ti_6Al_4V alaşımı, zayıf sinterleme yoğunluğu ve görünür gözenekliliğin varlığı nedeniyle pasif katmanlı ve daha gözenekli olduğunu belirtmişlerdir.

Elektrokimyasal empedans spektroskopisi sonuçları, hem döküm hem de Ti_6Al_4V numuneleri için yoğun bir pasif tabakanın oluştuğunu ve ortamın sertliği ile gözenekli tabakanın kalınlığının arttığını göstermiştir. Seçici lazer ergitme yöntemiyle imal edilmiş numune Ti_6Al_4V alaşımı, zayıf sinterleme yoğunluğu ve görünür gözeneklilik varlığı nedeniyle pasif katmanlı ve daha gözeneklidir.

Potansiyodinamik polarizasyon ve Elektrokimyasal empedans spektroskopisi sonuçları, yoğun ve gözenekli TiO_2 tabakasının varlığını ve çözüldüğünü göstermektedir. NaCl çözeltisinin simüle vücut sıvısından daha agresif (saldırgan) olduğu tespit edilmiştir. H_2SO_4 'ün ise hem döküm hem de Seçici lazer ergitme yöntemiyle imal edilmiş numune Ti_6Al_4V için en sert elektrolittir.

NaCl çözeltisi içerisinde lokalize çukurlaşmanın etkisiyle gözenekli tabakanın çözünmesi yoluyla çukurlaşmanın meydana geldiği ve H_2SO_4 çözeltisinde ise şiddetli çatlama olduğu görülmektedir.

Tablo1.Elektrokimyasal testlerde kullanılan çözeltilerin özellikleri [10-13].

Çözelti Türü	Çözelti	Molarite	pH
Alkalın	NaOH	1.0	13.6
Doğal	NaCl	0.6	6.8
Asidik	H_2SO_4	0.5	0.6
Fizyolojik	SBF	1.0	7.4
	NaCl	0.14	
	KCl	0.005	
	$CaCl_2$	0.001	
	$NaHCO_3$	0.004	
	$Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$	0.0003	
	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	0.0005	
	KH_2PO_4	0.0004	
	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.0004	
	Glukoz	0.006	

III. TARTIŞMA

Eklemeli imalat yöntemi tedavi amaçlı kişiye özel biyomedikal implant ve protez benzeri medikal ihtiyaçların karşılanmasında üretim maliyeti imalat süresini azaltabilen çözümler sunmaktadır. Fakat metal malzemelerdeki mikroyapısal kusurlar özellikle vücut içi cihazlarda korozyon ve aşınma direnci özellikleri üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Bu açıdan malzemelerin kusursuz bir şekilde imal edilmesi ve korozyon dirençlerinin geliştirilmesi konusu oldukça önemlidir. Literatürdeki çalışmalar incelendiği zaman faydalı gelişmeler olduğu tespit edilmiş fakat bu konunun uzun süreli bir araştırma gerektirdiği açıktır.

IV. SONUÇLAR

Eklemeli imalat yöntemi ile üretilen biyomedikal parçaların iç yapı özellikleri korozyon direncini etkilemektedir. Literatürde bu konuda araştırılması gereken konular bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements

- with coherent OFDR,” in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, “High-speed digital-to-RF converter,” U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [6] (2002) The IEEE website. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/>
- [7] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [9] “PDCA12-70 data sheet,” Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] A. Karnik, “Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP,” M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [11] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, “A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control,” Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- [12] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.