

Lazer ile Yüzey Modifikasyon Uygulanan AISI 2205 Paslanmaz Çeliğin Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi

Ceyhun KÖSE¹

¹ Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat.

ceyhun.kose@gop.edu.tr;ceyhunia@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, AISI 2205 dubleks paslanmaz çelik lazer kaynaklı ve kaynaklı numunelerin yüzey özellikleri incelenmiştir. Numunelere, Nd:YAG lazer kaynağıyla 50W ve 150W lazer gücüyle yüzey modifikasyon işlemi uygulanmıştır. Lazer ile yüzey modifikasyon işlemi uygulanmamış lazer kaynaklı numunelerin ana malzeme ve kaynak dikişi yüzeyi, ve lazer yüzey modifikasyonu uygulanmış lazer kaynaklı numunelerin yüzeyleri SEM-EDS, atomik kuvvet mikroskobu (AFM) vasıtasıyla karakterize edilmiştir, aynı zamanda yüzey sertlik değişimleri belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, AFM ile yapılan yüzey incelemeleri sonucunda, yüzey modifikasyonu uygulanmamış lazer kaynaklı numunenin ana malzeme yüzeyinin ve kaynak dikişi bölgesinin, lazer yüzey modifikasyonu uygulanmış numunelere göre daha az yüzey pürüzlülüğüne (R_a) sahip olduğu tespit edilmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü, 150W lazer gücüyle yüzeyi modifikasyon işlemi uygulanan lazer kaynaklı numune olarak belirlenmiştir. Yüzey sertlik değerlerinde ise önemli bir değişim tespit edilmemiştir.

Anahtar kelimeler

Lazer kaynağı; Lazer yüzey modifikasyonu; AISI 2205; Yüzey karakteristiği.

Investigation of The Surface Properties of Laser Surface Treated AISI 2205 Stainless Steel

Abstract

In this study, AISI 2205 duplex stainless steel surface properties of samples were investigated. Laser surface treatment was applied on the laser welded and non-welded samples by means of Nd:YAG laser source at laser power 50W and 150W. The base metal and the weld seam surfaces of the laser welded samples on which untreated surface had been applied and the surfaces of the samples on which laser surface treated was applied were characterized via SEM-EDS, atomic force microscope (AFM), and at the same time, the changes in their surface hardness were identified. As a results, it was identified that the base metal surface and the weld seam region of the laser welded sample on which untreated surface had been implemented had less roughness (R_a) than the samples on which laser surface modification had been applied. It was observed that the highest surface roughness belonged to the laser welded sample on which laser treated surface was applied via 150W laser power. No significant change was observed in the hardness values.

Keywords

Laser welding; Laser surface modification; AISI 2205; Surface characteristics.

1. GİRİŞ

Dubleks paslanmaz çelikler, mikroyapısal olarak %50 ferrit ve %50 östenit fazından oluşum göstermektedir. Bu çelikler, kritik çalışma şartlarındaki dayanımı ve tokluk özelliklerinin yanında mükemmel korozyon direnci göstermesi nedeniyle özellikle kimya ve petrokimya endüstrisinde, gemi imalatında geniş bir kullanıma sahiptirler [1-5].

Bilindiği gibi, endüstride geniş bir kullanım alanı olan paslanmaz çelikler ekonomik ve biyouyumlu olmaları sebebiyle implant malzemesi olarak tıp alanında uzun yıllardır tercih edilmektedir. Son zamanlarda ise, dubleks paslanmaz çeliklerin medikal alanda kullanımına yönelik çalışmalar göze çarpmaktadır. Yüksek mekanik dayanım ve korozyon direncine sahip olan bu çelikler, medikal alanda yaygın bir şekilde kullanılan östenitik paslanmaz çeliklere, titanyum ve titanyum alaşımlarına alternatif bir malzeme türü olarak gösterilmektedir.

Literatür araştırmalarında, medikal alanda kullanılan paslanmaz çeliklerin ve diğer tıbbi implant malzemelerin kullanım ömürlerini arttırma, biyouyumluğunu geliştirme çalışmalarının yanında yapısal malzemelerin korozyon ve aşınma dayanımlarının iyileştirilmesine yönelik çalışmalar dikkati çekmektedir [6-9]. İstenilen özelliklerin elde edilmesine yönelik çalışmaların başında malzeme yüzeylerine modifikasyon uygulamaları gelmektedir. Malzemelerin yüzey özelliklerini değiştirme ve geliştirme yöntemlerinden bir tanesi, lazer ile yüzey modifikasyon işlemidir. Lazer kullanımı ile birlikte malzeme yüzeyinin kimyası ve fiziksel topografyası değiştirilerek istenilen yüzey özellikleri elde edilmektedir [6]. Bu sebeple çalışmada, CO₂ lazer ışın kaynağı ile birleştirilen AISI 2205 dubleks paslanmaz çeliğin mikrosertlik özelliklerinin incelenmesinin yanında yüzeyleri Nd:YAG lazer ile modifikasyon işlemi uygulanmayan ve uygulanan lazer kaynaklı numunelerin kaynak dikişi yüzey karakteristikleri SEM, elemental

haritalama ve AFM yardımıyla incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme, Kaynaklı Birleştirme İşlemi ve Lazer ile Yüzey Modifikasyon Prosedürü

Bu çalışmada kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilen AISI 2205 dubleks paslanmaz çelik kullanılmıştır.

Tablo 1. AISI 2205 çeliğin kimyasal kompozisyonu

%C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co
0,028	0,333	1,814	0,011	0,0072	22,88	3,105	5,450	0,019	0,119
Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	Zn	N	Fe
0,224	0,036	0,0089	0,116	0,050	0,0038	0,012	0,034	0,058	65,68

AISI 2205 çelik levhalar, 4000W lazer gücüyle, 270cm/dk kaynak ilerleme hızıyla, dakikada 10lt/dk gaz debisiyle ve %50 argon + %50 helyum gazı korumalı ortamda CO₂ lazer ışını kaynak makinesiyle yatay pozisyonda, önceden hazırlanmış bağlantı kalıbına tutturularak alın alına, ilave metal kullanılmadan birleştirilmiştir. CO₂ lazer ışın kaynağıyla birleştirilen numunelerin lazer yüzey modifikasyon işlemleri Tablo 2’de belirtilen parametrelerle, 150W gücüne sahip Rofin Tool Open marka mikro skala güç yoğunluklu darbeli akım Nd:YAG lazer kaynak makinesiyle otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. CO₂ lazer ışını kaynaklı numunelerin tüm yüzeylerine Nd:YAG lazer ile bindirme şeklinde dikişler çekilmiştir.

Tablo 2. Lazer yüzey modifikasyonunda kullanılan lazer parametreleri

Lazer gücü (W)	Kaynak hızı (mm/s)	Darbe süresi (ms)	Işın çapı (mm)	Koruyucu gaz	Gas debisi (lt/dk)	Isı girdisi (kJ/mm)
50	5	5	0.7	Ar	12	0.1
150	5	5	0.7	Ar	12	0.3

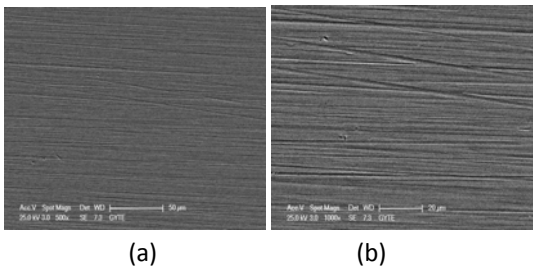
2.2. Deney Numunelerinin Hazırlığı ve Karakterizasyon Çalışmaları

CO₂ lazer ışını ile birleştirilmiş AISI 2205 paslanmaz çelik kaynaklı ve kaynaklı numuneler 20 x 5 x 3 mm boyutlarında kesildikten sonra karakterizasyon incelemeleri için 200-1200 grid zımparalarla parlatılmıştır. Numunelerin yüzey özellikleri, JEOL JSM 7001 LV marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve OXFORD X-MAX 80 (EDS+MAPPING) donanımı ile gerçekleştirilmiştir. Sertlik dağılımı ise elektrolitik dağlanan (10g oksalik asit + 100 ml saf H₂O) numune üzerinde SHIMADZU marka ölçüm cihazında batıcı uca 200g yük uygulanarak ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülük analizi BRUKER AFM Q-SCOPE 250/400 marka cihaz ile 40µm tarama boyutu ve 0.5 Hz tarama hızı ile tapping modda gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Ana Malzeme Yüzeyinin ve Lazer Kaynaklı Numunenin Kaynak Dikişi Yüzeyinin İncelenmesi

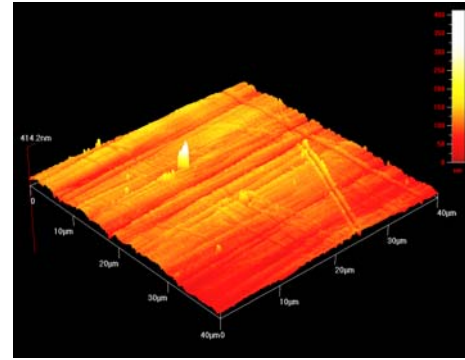
Yüzey pürüzlülüğü bir çok uygulamalar için önemli bir parametredir. Malzeme yüzey pürüzlülüğünün karakterize edilmesi sayesinde, o malzemenin hangi uygulama alanlarında etkin bir şekilde kullanılabileceği hakkında bilgi edinmemizi sağlar. CO₂ lazer ışın kaynak yöntemiyle birleştirilen numunenin ana malzeme ve kaynak dikişi yüzeylerinin zımpara ile parlatma sonrası SEM görüntüsü Şekil 1'de gösterilmiştir.



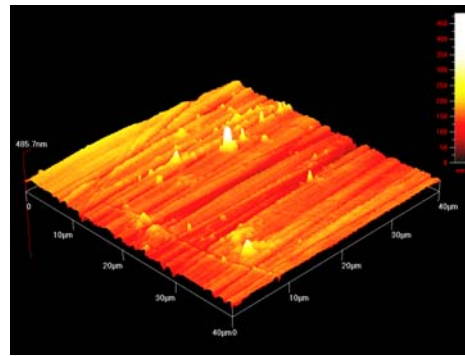
Şekil 1 . Ana malzeme (a) ve lazer kaynaklı numunenin kaynak dikişi yüzeyinin (b) SEM görüntüsü

Kaynaklı numunenin kaynak dikişi yüzeyinden ve ana malzemenin herhangi bir yüzeyinden gerçekleştirilen AFM analizi ile ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerleri belirlenmiş ve elde edilen

yüzey topografyası görüntüleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

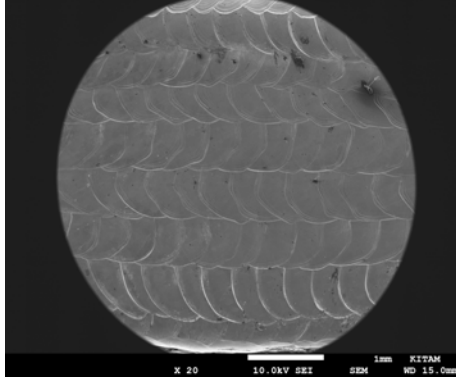
Şekil 2. AFM görüntüsü, (a) ana malzeme yüzeyi (b) kaynak dikişi yüzeyi

Ana malzeme yüzeyinden elde edilen R_a değeri 21.1 nm, kaynak dikişi yüzeyinden elde edilen R_a değeri 23.5nm olarak belirlenmiştir. Ana malzeme ve lazer kaynaklı numune yüzeylerinin aynı şartlarda hazırlanmasına rağmen, lazer kaynaklı numunenin kaynak dikişi yüzeyinde pürüzlülüğün bir miktar artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu pürüzlülük artışına, kaynak işlemiyle birlikte kaynak bölgesine iletilen ısı girdisinin kaynak dikişinin yüzey tekstürü üzerine, yüzeyi kaplayan ince krom-oksit tabakanın kalınlığına, fiziksel özelliklerine etki etmesiyle ulaşıldığı düşünülmüştür.

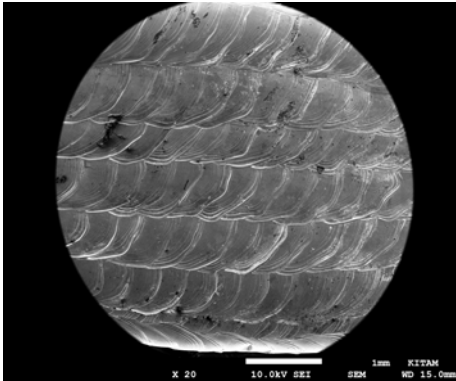
3.2. Yüzeylerine Lazer ile Modifikasyon Uygulanan Lazer Kaynaklı Numunelerin SEM İncelemeleri

CO₂ lazer ışını ile birleştirilen numune yüzeyleri, Nd:YAG lazer ile sırasıyla 50W ve 150W mikroskala güç yoğunluğuyla yüzeyleri modifikasyon işlemi gerçekleştirilen numunelerin kaynak dikişlerine ait

SEM görüntüleri Şekil 3'de, elemental haritalama analizi sonuçları ise Şekil 4'de gösterilmiştir. Lazer gücü artışına bağlı olarak numune yüzeylerindeki lazer kaynak dikiş alanının genişlediği, homojen bir kaynak dikişi profil alanının oluştuğu ve kaynak dikişlerinde herhangi bir çatlak veya gözenek meydana gelmediği SEM görüntülerinden gözlenmektedir.



(a)

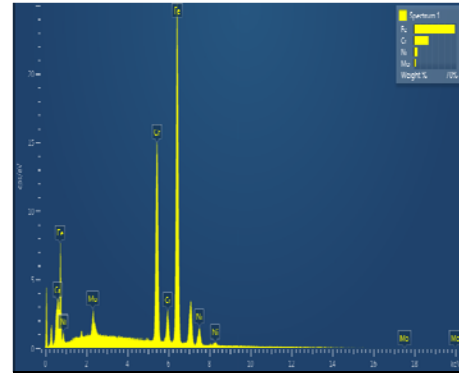


(b)

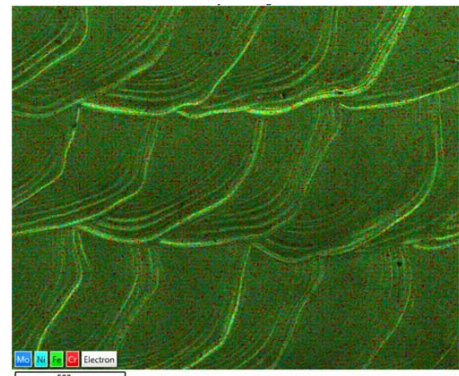
Şekil 3. Lazerle yüzey modifikasyon uygulanmış lazer kaynaklı numunelerin kaynak dikişi yüzeyinin SEM görüntüsü, (a) 50W (b) 150W ile yüzey modifikasyonu uygulanan numuneler

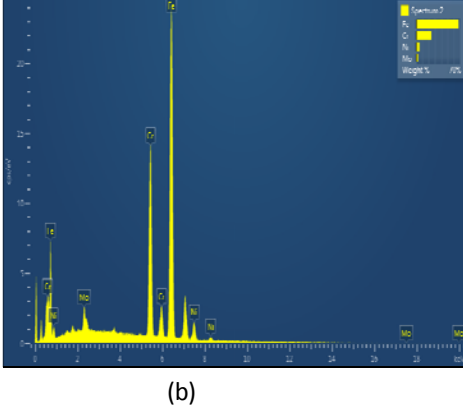
Lazer kaynaklı ve yüzeylerine lazerle modifikasyon uygulanan numunelerin, kaynak bölgelerine ait elemental haritalama sonuçları incelendiğinde (Şekil 4), analizi gerçekleştirilen bölgelerde lazerle yüzey modifikasyon işlemine bağlı olarak herhangi bir element kaybının yaşanmadığı, bu sonuçların ana malzemeye ait spektral analiz sonuçlarıyla (Tablo 1) uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Lazer kaynaklı numune yüzeylerinin mikroskala güç yoğunluğuna sahip Nd:YAG lazeri ile yüzey modifikasyon işlemi uygulanmasıyla numune

yüzeylerine iletilen ısı girdisinin minimum seviyede gerçekleşmesini sağlamış ve kaynak bölgelerinde element kaybının yaşanmasını engellemiştir. Numunelerin kaynak yüzeylerinde element kayıplarının yaşanmaması nedeniyle, korozyon ortamında kendisinden beklenen direnci gösterebileceği söylenebilir.



(a)





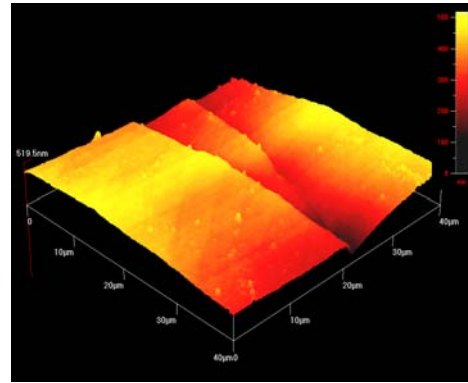
Şekil 4. Lazerle yüzey modifikasyon uygulanmış lazer kaynaklı numunelerin kaynak dikişi yüzeyinin Elemental haritalama sonucu, (a) 50W (b) 150W ile yüzey modifikasyonu uygulanan numuneler.

3.3. Lazerle Yüzey Modifikasyonu Uygulanan Numunelerin AFM ile İncelemeleri

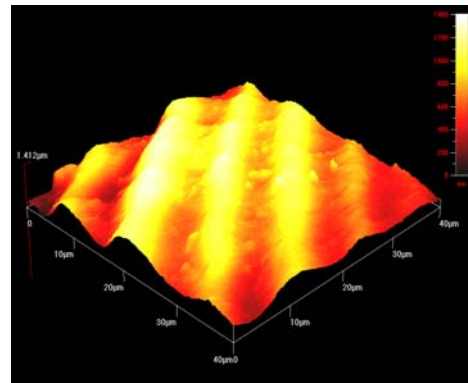
Yüzeylerine lazerle modifikasyon uygulanmış lazer kaynaklı numunelerin kaynak dikişi yüzeyinden gerçekleştirilen AFM analizi ile ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerleri belirlenmiş ve elde edilen yüzey topografyası görüntüleri Şekil 5’de gösterilmiştir. 50W lazer gücü ile yüzey modifikasyonu uygulanmış numunenin kaynak dikişi yüzeyinden elde edilen R_a değeri 50 nm, 150W lazer gücü ile yüzey modifikasyonu uygulanmış numunenin kaynak dikişi yüzeyinden elde edilen R_a değeri 263 nm olarak belirlenmiştir. Lazer kaynak gücü artışına bağlı olarak, numune yüzeylerinin pürüzlülüğünün önemli derecede artış gösterdiği sonuçlardan açık bir şekilde anlaşılmaktadır.

Malzeme yüzeyi belirli bir homojenlikte ve kalınlıkta pasif oksit tabakasıyla kaplıdır, ancak malzeme yüzeyine gerçekleştirilen çeşitli işlemler neticesinde pürüzlü veya gözenekli yüzeyler elde edilmesi ya da oksit tabakasının fiziki özelliklerinin önemli derecede değişim gösterebilmesi sonucunda farklı yüzey karakteristikleri-morfolojileri elde edilebilir. Metalik malzemeler gibi diğer malzeme türlerinin (polimerler, kompozitler, yarı iletkenler gibi) yüzeylerine uygulanan çeşitli yüzey işlemleriyle değişime

uğratılan yüzeyin istenilen davranışları sergilemesi beklenir (yüksek korozyon direnci, biyouyumluluk artışı, yüzey enerjisi artışı, mekanik dayanım artışı vb.). Örneğin; medikal alanda implant olarak kullanılan metalik malzeme yüzeylerinin lazer işlemleriyle veya diğer yöntemlerle yüzey pürüzlülüğünün artırılması sonucunda implant yüzeyinde bazı hücre türlerinin daha fazla çoğalması (proliferation), hücre tutunması (attachment), farklılaşması (differentiation) ve yönelimi (orientation) beklenebilirken, bu özellikler bazı hücre türlerinde daha pürüzsüz yüzeylerde gerçekleşebilir. Malzeme yüzeyinin fiziki özellikleri, (malzemenin keskin hatlara sahip olması vs.), yüzey enerjisi, yüzey gerilimi (surface tension), yüzey ıslanabilirliği (wettability) gibi karakteristikler de göz önünde bulundurulmalıdır.



(a)



(b)

Şekil 5. AFM görüntüsü, (a) 50W, (b) 150W lazer gücü ile modifikasyon uygulanmış lazer kaynaklı numunelerin kaynak dikişi yüzeyi

3.4. Mikrosertlik İncelemeleri

Kaynaklı birleştirmenin ortalama mikrosertlik dağılımları incelendiğinde, kaynak metali sertliğinin (ort. 348 HV) ana malzemeye (ort. 290 HV) göre daha olduğu tespit edilmiştir, bu durumun sebebi düşük ısı girdisine bağlı olarak hızlı soğuma ve katılma neticesinde elde edilen ince taneli kaynak metali mikroyapısı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Literatürde, kaynak metali sertlik artışına ana neden olarak kaynak metalinin ince tane yapısından meydana gelmesi gösterilmektedir [10,11]. Kaynaklı birleştirmenin ITAB (ort. 321 HV) ve kaynak metali sertlik değerinin birbirine yakın değerlerde oluşmasına ısı girdisinin önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılabilir, çünkü dubleks paslanmaz çelikler dönüşüme uğramadıkları için yapılarında martenzit gibi sert fazların oluşumu beklenemez bu nedenle sertlik değerleri birbirine yakın değerlerde oluşmuştur. Lazerle yüzey modifikasyonu uygulanan lazer kaynaklı numunelerin sertlik incelemeleri sonucunda küçük miktarda sertlik artışları oluşsa da bu artışlar önemli bir sertlik değişimine neden olmamış, lazer modifikasyon uygulanmamış numunelere benzer sertlik değerleri tespit edilmiştir. Dubleks paslanmaz çelikler ısıl işlemler sertleştirilemedikleri için ve numune yüzeylerine mikroskala güç yoğunluğuna sahip lazer ile düşük ısı girdisi iletimi sağlanması sebebiyle sertlik değerlerinde önemli bir değişiklik oluşmamıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada CO₂ lazer ışın kaynak yöntemiyle birleştirilen AISI 2205 paslanmaz çeliğin mikrosertlik ve yüzey karakterizasyonunun yanında, lazer kaynaklı numunelerin yüzeylerine Nd:YAG lazer ile yüzey ertirme işlemi uygulanmasıyla elde edilen yüzey değişimleri incelenmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Zımparalanmış lazer kaynak dikişi yüzeyinin ortalama pürüzlülük değeri aynı şartlarda

hazırlanan ana malzemenin yüzey pürüzlülük değerinden az da olsa yüksek olduğu tespit edilmiştir, kaynak işlemiyle birlikte kaynak bölgesine iletilen ısı girdisi sonucu kaynak dikişinin yüzey tekstürüne etkisinin bulunması bu sonucun alınmasına ana neden olarak görülmektedir. Ortalama yüzey pürüzlülük değeri en yüksek numune, yüzeyine en yüksek lazer gücüyle (yüksek ısı girdisi veya güç yoğunluğu etkisiyle) modifikasyon uygulanmış lazer kaynaklı numunenin olduğu belirlenmiştir.

- Yüzeylerine lazerle modifikasyon uygulanan lazer kaynaklı numunelerin, kaynak bölgelerine ait elemental haritalama sonuçları incelendiğinde, lazerle yüzey modifikasyon işlemine bağlı olarak herhangi bir element kaybının yaşanmadığı, bu sonuçların ana malzemeye ait spektral analiz sonuçlarıyla uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Lazer kaynaklı numune yüzeylerinin mikroskala güç yoğunluğuna sahip Nd:YAG lazeri ile yüzey modifikasyon işlemi uygulanmasıyla numune yüzeylerine iletilen ısı girdisinin minimum seviyede gerçekleşmesi sağlanmış bu sayede kaynak bölgelerinde element kaybı yaşanmamıştır.
- Lazer kaynaklı numunenin kaynak metali ve ITAB sertlik değeri birbirine yakın, ana malzeme sertlik değerinin ise biraz daha düşük olduğu belirlenmiştir. Lazer kaynaklı numune ile yüzeyine lazer ile modifikasyon işlemi uygulanan lazer kaynaklı numunelerin mikrosertlik değerleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

TEŞEKKÜR

Değerli katkılarından dolayı, Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof.Dr. Ramazan KAÇAR ve Araş.Gör. Dr. Hayriye ERTEK EMRE, Gaziosmanpaşa

Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü Öğretim Üyesi Prof.Dr. Uğur KÖLEMEN ve Araş.Gör. Dr. Fikret YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Pohl M., 2007. Effect of intermetallic precipitations on the properties of duplex stainless steel. *Materials Characterization*, 58, 65-71.

Chen T.H., 2001. Effects of solution treatment and continuous cooling on σ -phase precipitation in a 2205 duplex stainless steel. *Materials Science and Engineering: A*, 311, 28-41.

Muthupandi V., Srinivasan P.B., Seshadri S.K., Sundaresan S., 2003. Effect of weld metal chemistry and heat input on the structure and properties of duplex stainless steel welds. *Materials Science and Engineering: A*, 358, 9-16.

Leiva-Garcia R., Munoz-Portero M.J., Garcia-Anton J., 2010. Corrosion behaviour of sensitized and unsensitized Alloy 900 (UNS 1.4462) in concentrated aqueous lithium bromide solutions at different temperatures. *Corrosion Science*, 52, 950-959.

Mandrino Dj., Donik C., 2011. Chemical-state information obtained by AES and XPS from thin oxide layers on duplex stainless steel surfaces. *Vacuum*, 86, 18-22.

Kwok C.T., 2012. Laser surface modification of alloys for corrosion and erosion resistance. Woodhead Publishing in Materials, Cambridge, UK.

Pacquentin W., Caron N., Oltra R., 2014. Nanosecond laser surface modification of AISI 304L stainless steel: Influence the beam overlap on pitting corrosion resistance. *Applied Surface Science*, 288, 34-39.

Chikarakara E., Sumsun N., Dermot B., 2010. Process mapping of laser surface modification of AISI 316L stainless steel for biomedical applications. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, 101, 367-371.

Alavi S.H., Harimkar S.P., 2015. Melt expulsion during ultrasonic vibration-assisted laser surface processing of austenitic stainless steel.

Ultrasonics, 59, p. 21-30.

Köse C., Kaçar R., 2014. Mechanical properties of laser welded 2205 duplex stainless steel. *Materials Testing*, 56, 779-785.

Sathiya P., Abdul Jaleel M.Y. 2010. Measurement of the bead profile and microstructural characterization of a CO₂ laser welded AISI 904L super austenitic stainless steel. *Optics & Laser Technology*, Vol. 42, p. 960-968.