



**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE LASER WELDING
PARAMETERS CHANGE ON WELDING SEAM FOR STAINLESS STEEL**

Regaib Uğur ERTEM*

BOSCH San. ve Tic. A.Ş. Nilüfer-BURSA

Received/Geliş: 28.01.2013 Revised/Düzelme: 13.08.2013 Accepted/Kabul: 09.09.2013

ABSTRACT

Laser welding is a special method and also still developing. Melting of materials is based on the principle that high-energy rays are used in the merge. High-energy rays reflected on a combined material at any desired ratio and successful welding process can be performed. Low heat input with narrow HAZ region, the possibility of low distortion, deep penetration and high strength due to the properties of choice laser welding in the automotive industry is of great importance. In this study, the effect of the geometry on the seam of laser welding parameters of high alloy stainless steel used in the automotive industry were investigated.

Keywords: Laser welding, stainless steel, welding parameters, seam geometry.

**PASLANMAZ ÇELİKLERDE LAZER KAYNAK PARAMETRE DEĞİŞİMLERİNİN DİKİŞ
GEOMETRİSİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

ÖZET

Lazer kaynağı günümüz teknolojisiyle birlikte halen gelişmekte olan özel bir birleştirme yöntemidir. Malzemelerin ergitilmesi esasına dayanan bu birleştirmede kullanılan ışınlar yüksek enerjili sahiptir. Yüksek enerjili ışınlar birleştirilecek malzemeler üzerine istenilen oranlarda yansıtılarak başarılı bir kaynak işlemi yapılabilmektedir. Düşük ısı girdisi ile dar ITAB bölgesi, düşük distorsiyon olasılığı, derin nüfuziyet ve yüksek dayanım özelliklerinden dolayı tercih edilen lazer kaynağı otomotiv sektöründe büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada otomotiv sanayiinde kullanılan yüksek alaşımli paslanmaz çeliklerin lazer kaynak parameter değişimlerinin dikış geometrisine etkisi incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Lazer Kaynağı, paslanmaz çelik, kaynak parametreleri, dikış geometrisi.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İmalat sektörü, seri üretime dayalı, ekonomik ve güvenli bir çalışma ortamı sağlayan yeni imalat yöntemlerine ihtiyaç duymaktadır. Özellikle son yıllarda büyük bir gelişme gösteren ve seri üretime dahil olan lazer kaynak yöntemi, alışlagelmiş imalat yöntemlerine göre sahip olduğu avantajlar nedeniyle günümüz imalat sektörünün, etkili ve giderek payını artıran yöntemlerinden birisi haline gelmiştir.

Sanayide kullanılan malzemelerin birleştirilmesinde çeşitli kaynak yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de özel birleştirme yöntemi olan lazer kaynağıdır. Lazer

* e-mail/e-ileti: regaibertem@gmail.com, tel: (224) 453 33 40

kaynağı çeşitli malzemelerin birleştirilmesinde yüksek mukavemet sağlaması açısından tercih edilmektedir. Otomasyona yatkınlığı seri imalat koşulları için de büyük avantajdır.

Lazer kaynak parametresinin ve ısı girdisinin kaynak dikişine etkisini araştıran Benyounis, lazer gücünün azalması veya kaynak hızının artmasıyla ısı girdisinin azaldığını tespit etmiştir. Kaynak hızının artmasıyla, kaynak dikişi ve ısı tesiri altındaki bölgenin küçüldüğünü tespit etmiştir.[1]

Keskin vd, östenitik paslanmaz çeliklerin lazer kaynağı ile birleştirilmesi sonucu kaynak bölgesinin mikro yapısı ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Kaynak metalinde en yüksek serlik değerinin olduğunu tespit etmiştir. Isı tesiri altındaki bölgenin ise sertlik değerinin kaynak metaline göre daha düşük seviyelerde kaldığını görmüştür [6].

Kaluç vd, kaynak metalinde gözenek oluşumunu incelemiştir. Gözeneklerin kaynak metalinde çözünen gaz sonucu oluştuğu, bunların bulunmasının kesitin azalmasına, mekanik değerlerin düşmesine ve zorlamalar sırasında çentik etkisinin oluşup bağlantının kırılmasına sebep olduğunu tespit etmiştir. Kaynaktan önce oksit tabakasının temizlenmesinin gözenek oluşumunu azaltacağını tespit etmiştir.[5]

Malek ve arkadaşları alüminyumun darbeli lazer kaynağında katılma çatlaklarının oluşum eğilimlerini incelemiştir. Tane sınırlarının sıvı metalle dolması katılma çatlaklarının başlamasına önemli bir bloke oluşturmuştur.[8]

Benyounis yine yaptığı çalışmalar sonucunda koruyucu gaz akışının kaynak yüzey kalitesi ve kaynak mikro yapısında önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.[2]

Bu çalışmada yukarıda anlatılan çalışmalardan da yararlanılarak, lazer kaynak parametrelerindeki değişimlerinin kaynak dikiş geometrisindeki etkileri araştırılmıştır. Böylece kaynak dikiş bölgesindeki istenmeyen durumların yok edilmesi veya azaltılması yönünde reaksiyonlar oluşturulmuştur.

2. LAZER KAYNAĞI (LASER WELDING)

Lazer, uyarılmış ışına ile ışığın şiddetinin yükseltilmesi anlamına gelir. Yüksek enerjili, eş fazlı ışınların malzeme üzerine gönderilmesi ile ısıtma yolu ile birleştirme sağlanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan lazeri oluşturan sistem Nd-YAG katı hal lazeridir. İçerisinde Nd⁺³ aktif elementini bulunduran ve YAG (Yttrium Aliminyum Garnet) kristalinden oluşur. Kimyasal bileşimi Y₃Al₅O₁₂ 'dır. YAG'ın lazer üretiminde kullanılmasının amacı, sert olması, dayanıklı olması, iyi optik özelliklere sahip olması ve iyi ısı iletkenliğine sahip olmasıdır. Uyarılmış emisyon süresinin azalması için de Nd oranının artırılması avantaj sağlar.

Lazer kaynağında, yoğun lazer ışını birleştirilecek malzemeleri boydan boya delerek 'keyhole' adı verilen bir anahtar deliği oluşturur[3]. Buharlaşan metal malzeme bir plazma oluşturur. Bu plazma tarafından emilen lazer ışını deliğin yan duvarlarına aktarılır. Duvar malzemesi erimeye başlar. Lazer ışını malzeme üzerinde gezdirilmeye devam ederken eriyen metal malzeme delik etrafında dolaşarak lazer ışınının geçişi ardından soğuma sağlanır.[6]

Lazer kaynak yöntemine, gücüne, ışın kalitesine bağlı olarak 50 mm'ye kadar nüfuziyet sağlanabilir. Ancak endüstriyel uygulamalarda 20 mm'yi geçmemek tavsiye edilir.[4]

Çeşitli malzemeler lazer kaynağı ile birleştirilebilir. Bunlardan biri olan paslanmaz çelik içerisinde minimum %10.5 oranında Cr (Krom) içeren bir malzemedir. Yüzeyinde oluşan ince kromoksit tabakası korozyona karşı yüksek dayanım sağlar ve oksidasyonun daha derinlere inmesine engel olur. Paslanmaz çeliklere ait iç yapının bilinmesiyle kaynak edilebilirlikleri Shaffler diyagramı yardımıyla bulunur. Çeliklere ait Cr(eş) ve Ni(eş) değerlerinin hesaplanmasıyla Shaffler diyagramı üzerinde hangi bölgeye karşılık geldiklerini gösterebiliriz.

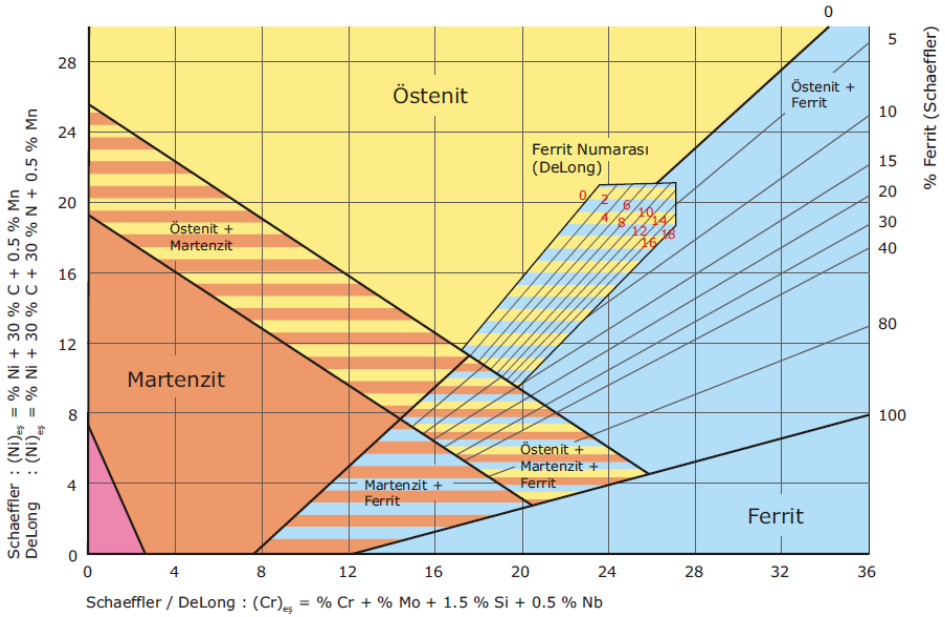
$$(Cr)eş = \% Cr + \% Mo + 1.5(\% Si) + 0.5(\% Nb) \quad [9]$$

$$(Ni) eş = \% Ni + 30(\% C) + 0.5(\% Mn) \quad [9]$$

Bu bölgeleri sekiz ana başlık altında izah edecek olursak;

- 1.Östenit : Bu bölgede malzeme sıcaklık ve korozyona karşı duyarlıdır. Sıcak çatlak oluşma riski vardır.
- 2.Östenit + %5-10 Ferrit : Bu bölgede korozyon dayanımı iyidir. Malzeme çatlama karşı hassas değildir.
- 3.Östenit + %15-30 Ferrit : Korozyon dayanımı orta seviyelerdedir. Artan sıcaklıklarda çatlama riski de artar.
- 4.Ferrit : Yüksek sıcaklıklarda tane irileşmesi riski vardır.
- 5.Östenit + Martenzit : Bu bölgede çatlama riski vardır. Ön tavlama önerilir.
- 6.Östenit + Martenzit + Ferrit : Çatlama riski vardır. Ön tavlama önerilir.
- 7.Martenzit + Ferrit : Çatlama riski vardır. Ön tavlama önerilir.
- 8.Martenzit : Tane irileşmesi görülür. Çatlama riski yüksektir. Korozyona karşı dayanıksız bir yapı oluşur.

SCHAEFFLER ve DELONG DİYAGRAMLARI

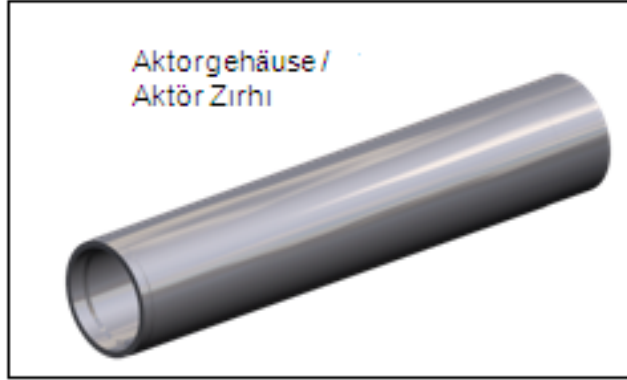


Şekil 1. Schaeffler ve DeLong Diyagramı [9]

3.DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDY)

3.1. Kullanılan Malzemeler (Materials)

Bu çalışmada iş parçası olarak 2,007 mm kalınlıklı 1.4301-X5CrNi18-8 ile 4,9 mm kalınlıklı 1.4418-X4CrNiMo16-5-1-ESU malzemeleri kullanılmıştır. Kullanılan malzemelere ait resimler ve X-ışını spektroskopisiyle (X-ışını spektroskopisi: Maddenin özelliklerinin, soğulan ve salınan parçacıklar, ışık veya ses ile incelenmesidir.[12]) tespit edilen kimyasal bileşenlerini gösteren Çizelgeler aşağıdadır. Parçaların dikiş bölgelerinin görüntülenmesi Zeiss teknoskop sayesinde gerçekleştirilmiştir.Yine parçalara ait dikiş bölgelerinin fotoğrafları Zeiss optik ölçüm aletiyle 1/200 ölçeğe fotoğraf edilmiştir.



Şekil 2. 1.4301-X5CrNi18-8 yüksek alaşımlı paslanmaz çelik



Şekil 3. 1.4418-X4CrNiMo16-5-1-ESU yüksek alaşımlı paslanmaz çelik

Çizelge 1. 1.4301-X5CrNi18-10 yüksek alaşımlı paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi

Element	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Total
EDX-Analizi 1	0.28	18.74	1.60	71.52	7.87	100.00

Çizelge 2. 1.4418-X4CrNiMo16-5-1-ESU yüksek alaşımlı paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi

Element	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo	Total
EDX-Analizi 1	0.50	15.86	1.05	76.21	5.46	0.90	100.00

3.2. Deney Prosedürü (Test Procedure)

Paslanmaz çeliklerin birleştirilmesi için kullanılan kaynak parametreleri Çizelge 3 ve Çizelge 4 'de verilmiştir.

Çizelge 3. Lazer kaynak parametreleri

Lazer Kaynak Parametreleri	
Kaynak Makinesi Gücü	1 kW (1000 W)
Lazer Odak Uzaklığı	300 mm
Koruyucu Gaz	Azot
Koruyucu Gaz Debisi	5 l/dak
Kaynak Hızı	14600 derece/dakika
Yüzey Alanı Hızı	2 m/dak

Çizelge 4. Kaynak süresince güç değişimi

Kaynak süresince güç değişimi	
Zaman (ms)	Güç (W)
0	30
60	350
1570	340
1680	30
0	0

Bu çalışmada iki yüksek alaşımli paslanmaz çelik malzeme Trumpf Trudisk 1000, Nd-YAG sürekli olarak enerjisini açığa çıkaran ışınlar ile kaynak işlemi yapılmıştır. Bu lazer kaynak makinesine ait kaynak optik pozisyonları aşağıdadır.

Fokus pozisyonu; X=2,00 mm ; Y=2,00 mm ; Z=2,00 mm

Master blokları ; X=12,02 mm ; Y=11,68 mm ; Z=13,4 mm'dir.

Parçaların eksen kaçıklığını önlemek için puntalama işlemi yapılmıştır. Malzemeler silindirik olduğundan dolayı çevresel lazer kaynak işleminden önce lazer punta kaynağı üç bölgeye uygulanmıştır. Lazer punta parametreleri Çizelge 5 'te verilmiştir.

Çizelge 5. Lazer punta parametreleri

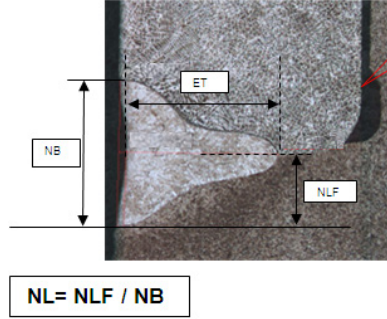
Lazer Punta Parametreleri	
Zaman (ms)	Güç (W)
0	300
20	300
30	30
0	0

Lazer punta süresinin, punta gücünün ve lazer kaynak gücünün değişimi sonucunda dikiş geometrisi fotoğraf edilmiştir. Kaynak sonrası dikişte çatlak kontrolü yapılmıştır. Çatlak kontrolü teknoskop altında 200 büyütmede ve asitle dağlamadan önce yapılmıştır. Sonuçlar fotoğraflanmıştır. Ayrıca kaynak dikişinde boşluk meydana gelip gelmediği de kontrol edilmiştir. Boşluk kontrol işlemi teknoskop altında 100 büyütmede yapılmıştır. Her deney sonucunda ana malzemelerde ve kaynak dikişindeki sertlik ölçümleri HV (Vickers) cinsinden hesaplanmıştır.

3.3. Deney Sonuçları (Test Result)

3.3.1. 1.Deney Sonucu (The Result of First Test)

Çeliklerin birleştirilmesinde eksen kaçıklığını önlemek amacıyla uygulanan lazer punta ve kaynak parametreleri Çizelge 4 ve Çizelge 5 teki gibidir. Bu parametrelere göre punta bölgelerindeki kaynak dikiş geometrisi fotoğrafı ve ölçüm sonuçları şekil 2 ve Çizelge 6 'da verilmiştir.



Şekil 4. Dikiş Geometrisi 1/200 ölçek (ET:Nüfuziyet ; NB: Dikiş genişliği ; NL: Nüfuziyetin yarısının dikiş genişliğine oranı)
(\\bu001\tef_work\03_TEF1\03_TEF11_Blue_White_Collar\13_DS_LazerT\Lasertechnik)

Çizelge 6. 1. Deney geometrik ölçüm sonuçları

Geometrik Faktörler	NB (Dikiş Genişliği)	ET (Derinlik)	NLF	Çatlak	Boşluk
Değerler	0,820 mm	0,722 mm	0,394 mm	Yok	486 µm

Diğer geleneksel kaynak yöntemlerine kıyasla dikiş genişliği dar sınırlar içerisinde kalmıştır. Kaynak bölgesinde herhangi bir çatlak oluşmamıştır. Ancak 486 µm lik boşluk tespit edilmiştir. 1.4301-X5CrNi18-8 malzemesinin sertlik değeri 299 Vickers, 1.4418-X4CrNiMo16-5-1-ESU malzemesinin sertlik değeri 368 Vickers, dikişin sertlik değeri ise 210 Vickers hesaplanmıştır. Kaynak dikişine en yakın ısı tesiri altındaki bölgenin sertlik değeri 394 Vickersdir.

3.3.2. 2.Deney Sonucu (The Result of Second Test)

Lazer punta süresi 20 ms'den 10 ms'e düşürülmüştür. Diğer punta gücü ve kaynak güç parametreleri Çizelge 4 ve Çizelge 5' teki gibidir. 2.Deney punta süresi Çizelge 7 'dedir.

Çizelge 7. Lazer punta süresi

Lazer Punta Parametreleri
Zaman (ms)
0
10
15
0

Punta süresinin yarıya düşürülmesi sonucu oluşan kaynak dikiş geometrileri Çizelge 8 'dedir.

Çizelge 8. 2. Deneysel geometrik ölçüm sonuçları

Geometrik Faktörler	NB (Dikiş Genişliği)	ET (Derinlik)	NLF	Çatlak	Boşluk
Değerler	0,819 mm	0,720 mm	0,390 mm	Yok	Yok

Punta süresinin yarı yarıya düşürülmesi ile dikiş geometrisinde çok fazla bir değişim olmamıştır. Sürenin azaltılması ısı etkisi altındaki bölgenin kısmen azalmasına ve dikiş genişliğinin 0,001 mm azalmasına neden olmuştur. Nüfuziyet de azalmış ancak kayda değer bir azalma görülmemiştir. Punta süresinin düşürülmesi boşluk oluşumunu engellemiştir. 1.4301-X5CrNi18-8 malzemesinin sertlik değeri 336 Vickers, 1.4418-X4CrNiMo16-5-1-ESU malzemesinin sertlik değeri 342 Vickers, dikişin sertlik değeri ise 212 Vickers hesaplanmıştır. Kaynak dikişine en yakın ısı tesiri altındaki bölgenin sertlik değeri 383 Vickers olarak hesaplanmıştır.

3.3.3. 3.Deney Sonucu (The Result of Third Test)

3. deneyde punta süresi 10 ms'de sabit tutulmuştur. Punta gücü 300 W'dan 200 W'a düşürülmüştür. Diğer kaynak güç parametreleri Çizelge 4 deki gibidir. 3.deney parametreleri Çizelge 9 da gösterilmiştir.

Çizelge 9. Lazer punta parametreleri

Lazer Punta Parametreleri	
Zaman (ms)	Güç (W)
0	200
10	200
15	30
0	0

Gücün 100 W düşürülmesi ile yapılan kaynak işlemi sonucu oluşan dikiş geometri ölçüm sonuçları Çizelge 10 dadır.

Çizelge 10. 3.Deney geometrik ölçüm sonuçları

Geometrik Faktörler	NB (Dikiş Genişliği)	ET (Derinlik)	NLF	Çatlak	Boşluk
Değerler	0,826 mm	0,704 mm	0,402 mm	Yok	Yok

Punta gücünün düşürülmesi nüfuziyette azalmaya neden olmuştur. Kaynakta yeterli nüfuziyetin sağlanması gerekir. Güçteki 100 W lık düşüş nüfuziyette 0,016 mm lik düşüşe neden olmuştur. Bu değişimler punta bölgelerinde meydana gelen değişimlerdir. Dikiş genişliği de 2.deney sonuçlarına göre 0,007 mm lik artış göstermiştir. Kaynak dikişinde çatlak ve boşluğa rastlanmamıştır. 1.4301-X5CrNi18-8 malzemesinin sertlik değeri 342 Vickers, 1.4418-X4CrNiMo16-5-1-ESU malzemesinin sertlik değeri 343 Vickers, dikişin sertlik değeri ise 209 Vickers hesaplanmıştır. Kaynak dikişine en yakın ısı tesiri altındaki bölgenin sertlik değeri 376 Vickers olarak hesaplanmıştır.

3.3.4. 4.Deney Sonucu (The Result of Fourth Test)

1., 2. ve 3. deneyler punta bölgelerinde meydana gelen değişimlerin sonuçlarıydı. Dolayısıyla dikişin geneli itibariyle bize bilgi vermemektedir. 4.deney ve sonraki deneyler kaynak dikişinin bütünü için yapılan çalışmaları içermektedir.

4.deneyde punta parametreleri sabit tutulup Çizelge 5 teki gibidir. Kaynak gücü 350 W'tan 290 W'a düşürülmüştür. Kaynak güç değişimi Çizelge 11 'de verilmiştir.

Çizelge 11. Kaynak gücünün zamana göre değişimi

Kaynak süresince güç değişimi	
Zaman (ms)	Güç (W)
0	30
60	350
1570	290
1680	30
0	0

Kaynak dikiş geometri ölçüm sonuçları Çizelge 12' de verilmiştir.

Çizelge 12. 4.Deney geometrik ölçüm sonuçları

Geometrik Faktörler	NB (Dikiş Genişliği)	ET (Derinlik)	NLF	Çatlak	Boşluk
Değerler	0,785 mm	0,547 mm	0,411 mm	Yok	30 µm

Kaynak gücünde yapılan 60 W 'lık azalış hem dikiş genişliğinde hem de nufuziyette azalmaya sebep olmuştur. Nufuziyet yaklaşık %25 oranında azalmıştır. Bu durumda beklenen nufuziyet oranına ulaşamadığından 60 W'lık düşüş emniyetli olarak kabul edilmemiştir. 1.4301-X5CrNi18-8 malzemesinin sertlik değeri 333 Vickers, 1.4418-X4CrNiMo16-5-1-ESU malzemesinin sertlik değeri 334 Vickers, dikişin sertlik değeri ise 213 Vickers hesaplanmıştır. Kaynak dikişine en yakın ısı tesiri altındaki bölgenin sertlik değeri 360 Vickers olarak hesaplanmıştır.

3.3.5. 5.Deney Sonucu (The Result of Fifth Test)

Kaynak gücünde yapılan 60 W'lık düşüşün beklenen sınırlar dahilinde olmaması nedeniyle, daha derin nufuziyet elde edebilmek amacıyla 30 W'lık düşüş yapılarak deneme tekrarlanmıştır. Kullanılan kaynak güç değişimi Çizelge 13 'te verilmiştir.

Çizelge 13.Kaynak gücünün zamana göre değişimi

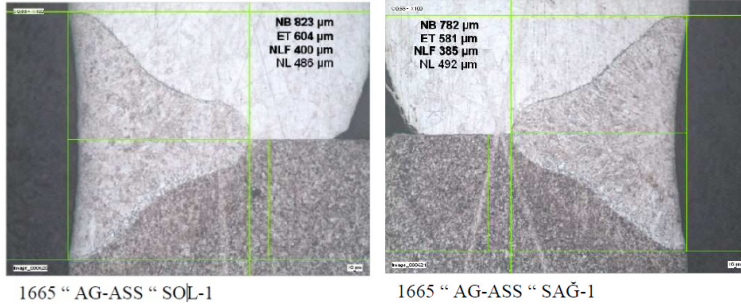
Kaynak süresince güç değişimi	
Zaman (ms)	Güç (W)
0	30
60	350
1570	320
1680	30
0	0

Kaynak dikiş geometri ölçüm sonuçları Çizelge 14'te verilmiştir.

Çizelge 14. 5.Deney geometrik ölçüm sonuçları

Geometrik Faktörler	NB (Dikiş Genişliği)	ET (Derinlik)	NLF	Çatlak	Boşluk
Değerler	0,787 mm	0,598 mm	0,392 mm	Yok	Yok

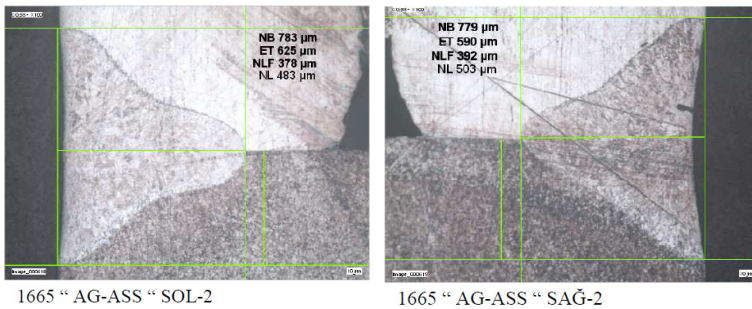
Kaynak gücünün 320 W'a düşürülmesi nüfuziyette yeterli derinliğin elde edilmesini sağlamıştır. Dikiş genişliği de beklenen sınırlar dahilindedir. Kaynak bölgesinde herhangi bir çatlak veya boşluk gözlemlenmemiştir. Kaynak dikişine en yakın ısı tesiri altındaki bölgenin sertlik değeri 385 Vickers olarak hesaplanmıştır. 3 adet parçanın kaynağında incelenen kaynak dikişine ait metalurjik resimler ve dikiş geometrisine ait ölçümler aşağıdadır. Bir kaynağa ait iki bölgeden dikiş geometrisi sağ ve sol olmak üzere incelenmiştir. Sonuçlar aşağıdadır.



Şekil 5. 1. Parçaya ait dikiş resmi 1/200 ölçek

Çizelge 15. Geometrik ölçüm sonuçları (NL: Nüfuziyetin yarısının dikiş genişliğine oranı)

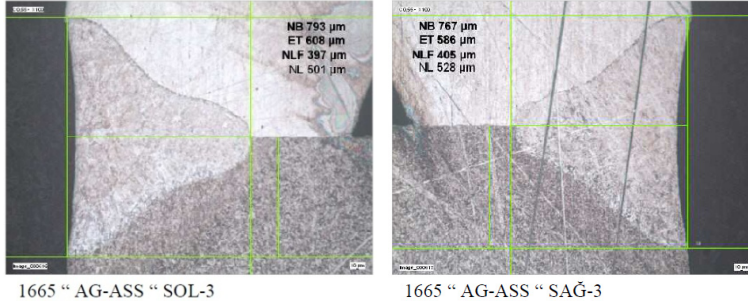
Parça No	NB	ET	NLF	NL
1.Sol	0,823	0,604	0,4	0,486
1.Sağ	0,782	0,581	0,385	0,492



Şekil 6. 2.Parçaya ait dikiş resmi 1/200 ölçek

Çizelge 16. Geometrik ölçüm sonuçları (NL: Nüfuziyetin yarısının dikiş genişliğine oranı)

Parça No	NB	ET	NLF	NL
1.Sol	0,783	0,625	0,378	0,483
1.Sağ	0,779	0,59	0,392	0,503



Şekil 7. 3.Parçaya ait dikiş resmi 1/200 ölçek

Çizelge 17. Geometrik ölçüm sonuçları (NL: Nüfuziyetin yarısının dikiş genişliğine oranı)

Parça No	NB	ET	NLF	NL
1.Sol	0.793	0.608	0.397	0.501
1.Sağ	0.767	0.586	0.405	0.528

4.SONUÇ (RESULTS)

Lazer kaynağı ile paslanmaz çeliklerin yeterli nüfuziyeti sağlamanın, kaynak parametrelerinde yapılan değişikliklerle sağlandığı çalışma sonucu görülmüştür.

Kaynak dikiş bölgesinde oluşan boşluk ve delik tarzı yapıların punta süresi, punta gücü ve kaynak gücü parametrelerinde yapılan değişiklikler sonucunda azaltılabileceği deneyler sonucunda görülmüştür.

Kaynak dikiş genişlikleri ve nüfuziyet geleneksel kaynak yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha alt seviyelerde yer almıştır.

Parçaların kaynağında, eksen kaçıklığını engellemek amacıyla yapılan lazer punta atımında punta gücü sabit tutulup punta süresinin yarı yarıya azaltılması ısı girdisini azalttığından boşluk oluşumu azaltmıştır.

Aynı zamanda punta gücünde yapılan azaltmayla boşluk oluşumu gözlemlenmemiştir. Punta gücünün azalması birim Alana düşen ısı mikranın da düşürdüğünden gereksiz fazla ısıdan dolayı oluşabilecek boşluklar azaltılmıştır. Aynı durum punta sürelerinde de tespit edilebilmiştir.

Yarı yarıya azaltılan punta süreleriyle birlikte 100 W'lık punta gücü düşüşü uygulamasıyla nüfuziyet azalmıştır.

Punta süresi ve gücünün sabit tutulup daha sonrasında yapılan çevresel kaynağa, kaynak gücünde yapılan 60 W'lık bir azalış, kaynağa yeterli nüfuziyet sağlamamıştır. Yeterli nüfuziyetin sağlanmadığı durumlar ıskarta yani hatalı parça sayısında artış yapacağından kabul edilebilir değildir.

Punta süresi ve punta gücünün sabit tutulup daha sonrasında yapılan çevresel kaynağa, kaynak gücünde yapılan 30 W'lık bir azalış, kaynağa yeterli nüfuziyeti sağlamıştır. Böylece istenilen mukavemete ulaşılmış olur.

Dolayısıyla diğer parametrelerin sabit tutulup kaynak gücünde meydana gelen büyük düşüşlerde yeterli nüfuziyetin sağlanmadığı görülmüştür. Kaynak gücünün büyük oranlarda azalışı ısı girdisini azaltacağından dikiş genişliğini de düşürür. Bu yüzden kaynak gücünde meydana gelen büyük azalışlar yeterli kaynak işlemi sağlamayacaktır.

Punta süresi ve punta gücünü sabit tutup, kaynak gücünde meydana gelen azalışta sertliğin de azaldığı saptanmıştır. Kaynak gücünde meydana gelen 60 W'lık düşüşe göre 30 W'lık düşüşte daha yüksek sertlik değeri elde edilmiştir.

Lazer punta süresinin azalışı sertliği düşürmüştür. Kaynakta malzemelerin ısı altında kalma süresinin azalışı sertliği o bölgede düşürmüştür. Bunu kaynak dikiş bölgesine en yakın ısı tesiri altındaki alanların sertlik değerlerine baktığımızda görebiliriz. Bu bölgelerin sertlik değeri daha yüksektir.

Genel kaynak işlemi itibarıyla sertlik, kaynak dikişine en yakın ısı tesiri altındaki bölgede en yüksek değerlerdedir. Bu bölgeden kaynak edilen metallere doğru sertlik değerlerinde düşme görülmüştür.

Elde edilen deneysel sonuçlara göre yüksek alaşımlı paslanmaz çelikler 1000 W gücündeki Nd-YAG katı hal lazer kaynağıyla emniyetli şekilde birleştirilebilir.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Benyounis, K.Y., Olabi, A.G., Hashmi, M.S.J., “Effect of laser welding parameters on the heating put and weld-bead profile”, Journal of Materials Processing Technology, 164: 978-985, 2005.
- [2] Benyounis, K. Y., Olabi A. G. and Hashmi, M. S. J., “Effect of Laser Welding Parameters on The Heat Input and Weld-Bead Profile”, Journal of Materials Processing Technology, V 164-165, pp: 978-985, 2005.
- [3] Ion, C.2005. Laser Processing of Engineering Materials, Elsevier Butterworth-Heinemann, MA-ABD.
- [4] Jokinen, T.2004. Novel Ways Of Using Nd: YAG Laser Welding Thick Section Austenitic Stainless Steel, VTT Publications, Lappeenranta, Finlandiya.
- [5] Kaluç, E., Taban, E., “Alüminyum ve Alüminyum Alaşımlarının TIG Kaynağı”, Makine Tek, Sayı. 103- 104, Sayfa. 122-126, Mayıs-Haziran 2006.
- [6] Keskin, M.S., “Östenitik Paslanmaz Çeliğin Lazer Kaynağı Yöntemiyle Birleştirilmesinin İncelenmesi”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
- [7] Lazer Kaynak Yöntemi ve Uygulamaları, Gökay Püskülcü Mak Y Müh LazerTek Tasarım Ltd Şti , İYTE Kampüsü Urla İzmir, Fikret Koçlular Mak Müh LazerTek Tasarım Ltd Şti İYTE Kampüsü Urla İzmir, Mühendis ve Makine Cilt 50 Sayı 599.
- [8] Malek, G.. F., Sheikhi, M., Torkamany, M.J., Sabbaghzadeh, J. 2009. The relation between liquation and solidification cracks in pulsed laser welding of 2024 aluminum alloy, Materials Science and Engineering A, A(159), 167-171.
- [9] Odabaş C, “Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı”, Askaynak, 62-63, 2007.
- [10] Uzun, R.O, Keleş,Ö, “Lazerle Kaynak İşleminde Kaynak Parametrelerinin Kaynak Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University Cilt 27, No 3, 509-517, 2012 Vol 27, No 3, 509-517, 2012.
- [11] Yılbaş, B.S., Arif, A.F.M., AbdulAleem, B.J., “Laser welding of low carbon steel and thermal stress analysis”, Optics & Laser Technology, 42 (5):760-768, 2009.
- [12] Spektroskop [Internet], Vikipedi özgür ansiklopedi. Available from; <http://tr.wikipedia.org/wiki/Spektroskopi>. [Erişim tarihi; 20.08.2013].

Computer Engineering Article
/
Bilgisayar Mühendisliđi Makalesi