

Uzaktan Lazer Kaynağının (RLW) Uygulama Alanları ve Otomotiv Endüstrisinde Kullanımı*

Bülent Aydemir¹, Emel Aydemir², Erdinç Kaluç³

Günümüzde otomotiv endüstrisinin en önemli hedefi, aracın ağırlığını azaltmanın yanı sıra, araç üretim hızını artırmaktır. Bu amaçla, yeni malzemeler ve yeni imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Uzaktan lazer kaynağının da (Remote Laser Welding/ RLW) farklı sektörlerde uygulamaları olmasına karşın otomotiv sektöründe de kullanımı giderek artmaktadır.

Bu çalışmada, uzaktan lazer kaynağının kullanım alanlarının yanında, özellikle otomotiv sektöründeki kullanım şekilleri anlatılmıştır. Ayrıca yöntemin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar açıklanmıştır.

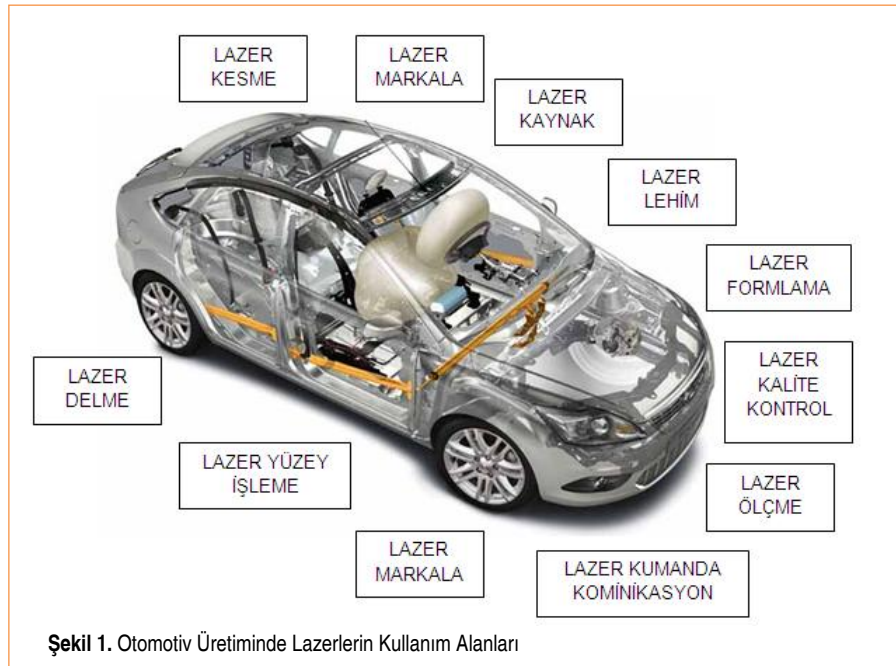
1. GİRİŞ

Günümüz otomotiv sektöründe iç ve dış piyasada çetin rekabet koşulları, üretim ve kullanımda enerji tasarrufu ve çevre kirliliği gibi parametreler için yeni tasarımları, yeni üretim tekniklerini ortaya koyma ve uygulama arayışlarına ivme kazandırmaktadır.

Otomobil üretiminde yaklaşık 700 adet preslenmiş ve kesilmiş parça ile 400 adet talaş kaldırılarak işlenmiş parça,

cıvata, perçin, kıvrırma, lehimleme, ya-pıştırma teknikleri kullanılarak ve en yaygın olarak da kaynak yardımıyla birbirlerine birleştirilmektedir. Toplam kaynaklar, yaklaşık olarak 5000 adet elektrik direnç nokta kaynağından, 30 metre kadar ark kaynağından, 1 metre

elektron ışın kaynağından ve 15 adet de sürtünme kaynağından oluşmaktadır. Dolayısıyla, otomobil gövde üretiminde kullanılan çelik sacların birleştirilmesinde, otomasyona uyumlu olmaları nedeniyle, sırasıyla, en çok elektrik ark, direnç nokta, gazaltı (MIG-MAG)



Şekil 1. Otomotiv Üretiminde Lazerlerin Kullanım Alanları

* 20-21 Kasım 2015 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Ankara'da düzenlenen Kaynak Teknolojisi IX. Ulusal Kongre ve Sergisi'nde bildiri olarak sunulan bu metin, yazarlarınca Dergimiz için yeniden düzenlenmiştir.

¹ Dr., Makina Mühendisi, TÜBİTAK UME, Kocaeli - bulent.aydemir@tubitak.gov.tr

² Yüksek Otomotiv Mühendisi, FORD OTOSAN, Kocaeli - eydemir@ford.com.tr

³ Prof. Dr., Makina Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli - ekaluc@kocaeli.edu.tr

kaynak yöntemleri tercih edilir ve kullanılır [1, 2]. Son yıllarda, lazer kaynak yöntemi de karoseri üretiminde kullanılan birleştirme yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bazı otomobil modellerinde 70 m'ye yakın uzunluklarda lazer kaynaklı birleştirmeler mevcuttur [3, 4].

Lazer teknolojisinin otomotiv sektöründe uygulanması kısmen de olsa günümüzde görülmeye başlamıştır. Lazer teknolojisi daha yeni, farklı, yüksek kaliteli tasarımlara olanak sağlamaktadır. Lazer teknolojisi, arabaların karoserlerinde, tekerlek jantlarının üretiminde kullanıldığı gibi, arabaların motorlarındaki yanma odalarında ateşlemenin kontrolüne, vites kutularındaki dişli-lerin sertleştirilmesine kadar üretimin birçok aşamasında uygulanmaktadır. Şekil 1'de, bir otomobilde lazerli imalat yöntemlerinin kullanım alanları şematik olarak gösterilmiştir.

Önümüzdeki yüzyılda, malzemelerin işlenmesinde lazerli imalat yöntemlerinin kullanımının iki, hatta üç kat artacağı beklenmektedir. İmalat sanayinde malzemelerin işlenmesinde lazerlerin kullanım payı 1994 yılında yaklaşık 1 milyar Euro iken, 2000 yılında 5 kat artarak yaklaşık 5 milyar Dolara ulaşmıştır. 2005 yılında 15 milyar Euro'ya ulaşan bu rakamın, 2015 yılında ise

40 Milyar Euro'ya ulaşacağı beklenilmektedir. Örneğin Almanya'da büyük otomobil firmaları, iç ve dış piyasa da rekabet şansını artırmak için daha hafif, dayanıklı, güvenilir, enerji tasarruflu, hibrit motorlu otomobil tasarımlarını AR-GE merkezlerinde geliştirmektedir. 2008 yılının sonlarında tamamen açığa çıkan dünya ekonomik krizinden etkilenen, hatta iflas eşiğine gelen dünyaca ünlü bazı otomobil firmaları, otomotiv sektöründe yeni teknolojileri geliştirip uygulayarak, daha hafif, (ultra light) yüksek dayanımlı, enerji ve yakıt tasarruflu yeni modellerle, tasarımlarla krizi atlama arayışlarına girmişlerdir. Sanayisi gelişmiş ülkelerde optik ve lazer teknolojisi hızlı bir şekilde ilerler ve lazer teknolojisi ile ilgili yeni iş alanları açılırken, Türkiye'de lazer imalat yöntemleri ile ilgili kullanım oranı oldukça düşük kalmıştır. Ancak, gelişen teknoloji ve hedeflenen stratejiler doğrultusunda lazer teknolojisinin her alanda kullanımının artacağı öngörülmektedir.

Bu çalışmada, uzaktan lazer kaynağının kullanım alanlarının yanında, özellikle otomotiv sektöründeki kullanım şekilleri ifade edilmiştir. Ayrıca yöntemin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar açıklanmaktadır.

2. UZAKTAN LAZER KAYNAĞI (RLW)

Uzaktan lazer kaynak, tek taraflı, temassız bir teknik olup, ekonomik faydalarından yararlanarak, sıralı zamanlarda genel verimliliği artırmak için kaynak kullanımını azaltan yüksek hızlı tarama optiğinin kaynakla birleştirilmesi işlemidir.

Uzaktan lazer kaynağı, otomotiv gövde uygulamalarında geleneksel direnç nokta kaynağına alternatif bir tekniktir. Sanayi verilerine göre, Avrupa ve Kuzey Amerika başta olmak üzere, kendi içinde gruplandırılmış 60'dan fazla uzaktan kaynak sistemi vardır. Uzaktan lazer kaynak sistemlerine ait örnekler Şekil 2 ve 3'te verilmiştir.

Geleneksel lazer/robot kaynakların görev ve devir değerlerine bakıldığında, uzaktan lazer kaynağın eş değer kaynak süresi ve yeniden konumlandırma zamanı sadece 0.2 saniye olması ile dikkat çekicidir. Bu kaynağın avantajlarından biri, 20 mm dikişi 3 saniye kadar zamanda ve yeniden konumlandırma zamanı 0.2-0.4 saniyede yapılabilmesidir. Uzaktan lazer kaynağının önemli bir avantajı da hızlı ışın taramanın sağladığı konumlandırma süresini azaltmasıdır [7]. Yeni geliştirilen araçlarla ilgili olarak, birçok tesiste araçların gövde içi operasyonlarında uzaktan lazer kaynağı

uygulamalarını görmek mümkündür. Ford Transit araçların üretiminde, önceden direnç nokta kaynağı ile kaynatılmakta olan ön taban sacları uzaktan lazer kaynağı ile kaynatılarak zamandan büyük tasarruf sağlanmaktadır. Önceden 2 operatörle 155 sn olan işlem süresi, uzaktan lazer kaynağı ile 85 sn'ye düşmüştür. Ayrıca 2 operatör yerine bir operatörle bu işlem yapılarak işçilikten de kazanç sağlanmıştır. Ayrıca direnç nokta kaynağı ve uzaktan lazer kaynağı için kaynak flanşı konstrüksiyonlarını da kıyaslırsak, bu işlemde malzeme kazancı da sağlanmaktadır. Bu uygulamalar zaman ve işçilik tasarrufuna ilave olarak, malzeme ve ağırlık azaltılmasına da katkı sağlamaktadır.

Ancak, ne olursa olsun, kullanılan uzaktan kaynak sisteminde parçaların kaynak yerinde sıkıca kenetlenmiş olması gerekir. Bunun için özel bağlama aparatları tasarlanır ve gerekli bazı uygulamalarda oldukça karmaşık durumlar oluşturabilir ki bu durum dikkate alınmalıdır.

Direnç nokta kaynağı tabancaları kaynak yapılacak noktaya iki adet elektrot taşıyıcı ile ulaşmak zorundadır. Bunun olması için parçalar üzerinde

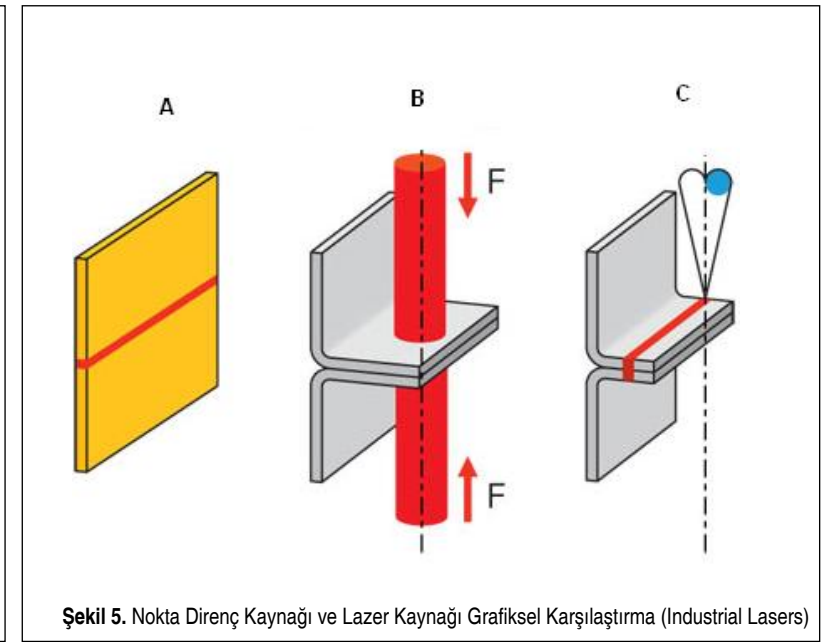
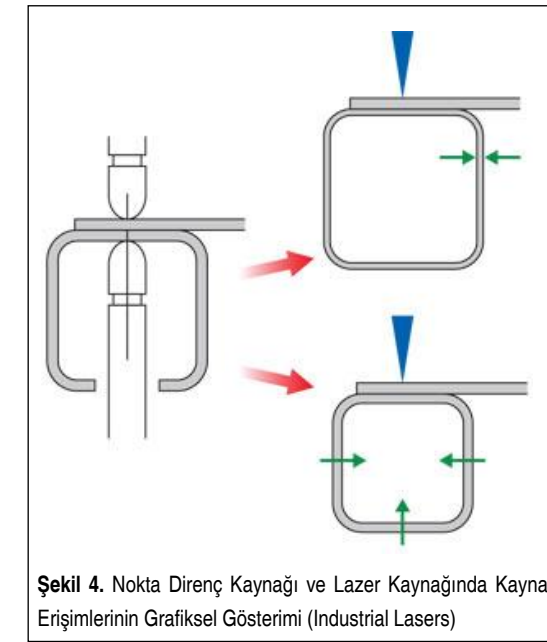
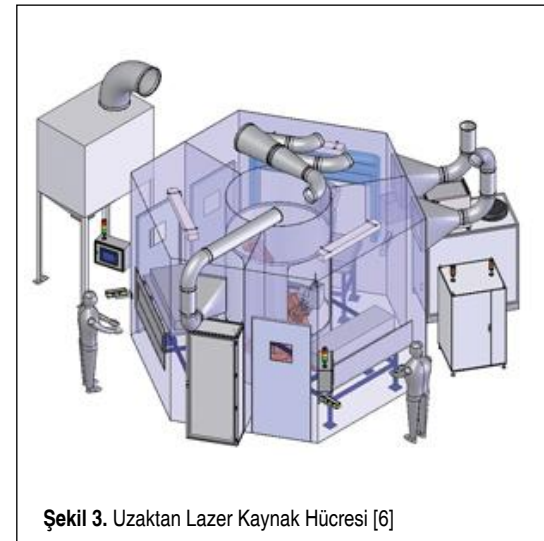
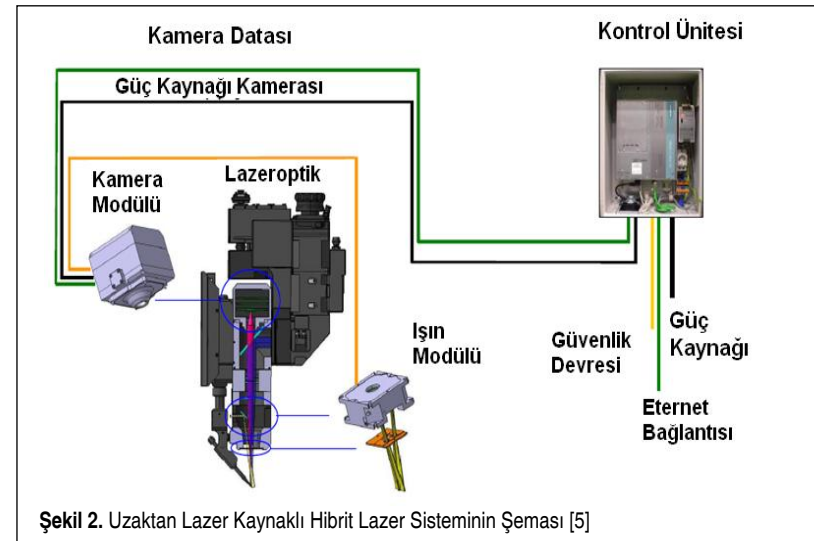
yer alan erişim delikleri (pencereleri) tasarım sırasında ön görülür. Taşıyıcı parçalar üzerinde açılan bu delikler, dayanımlarını azaltmakta ve otomatik olarak parçaların kalınlaşmasına ve ağırlaşmasına sebep olmaktadır. Bunun dışında, elektrot taşıyıcısının erişimi tasarımda dar alanların oluşmasını da engellemektedir (Şekil 4, Şekil 5). Lazer kaynağı parçanın tek tarafından yapılabilirdiği için genellikle bu tip açılımlara ihtiyaç duymaz ve tasarım özgürlüğünü artırır.

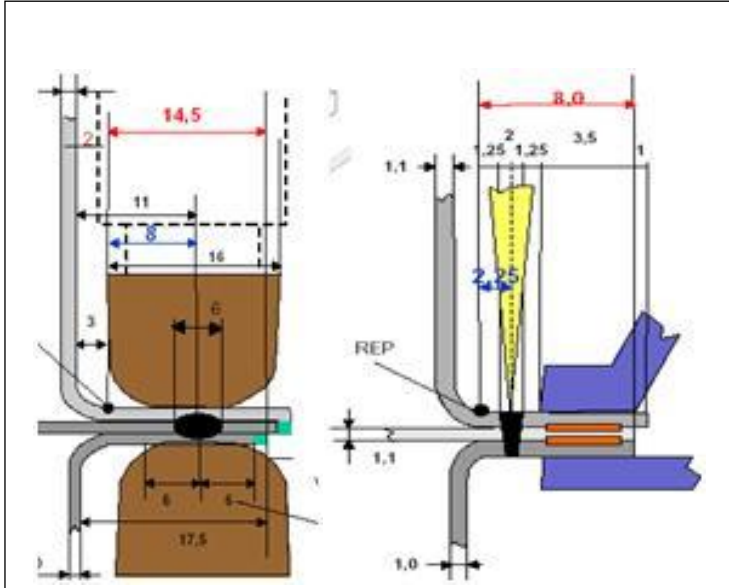
Mevcut nokta direnç kaynağında tasarım kuralları gereği minimum 14 mm flanş mesafesi kullanılır. Bu mesafe elektrodun çapı ve erişim toleransı ile hesaplanır. Lazer kaynağının aracın bütün birleşme noktaları boyunca uzanan bu flanş kalınlığının sadece 6 mm'sine ihtiyacı vardır. 8 mm'lik fark, başlangıçta az görünse de araç toplamında önemli bir ağırlık azalmasına imkan verecektir. Şekil 6'da, geleneksel nokta direnç kaynağında gerekli parça flanş derinliği ile uzaktan lazer kaynak yönteminde gerekli flanş genişliği karşılaştırması sunulmuştur. Flanş genişliklerinin azalması aynı zamanda aracın cam açıklıklarında daha geniş alanların bı-

rakılmasını ve daha ferah bir kullanım alanı oluşmasını sağlamaktadır.

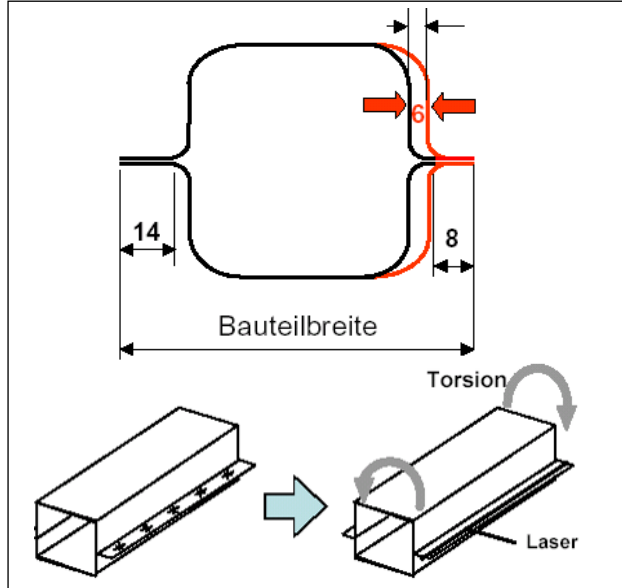
Direnç nokta kaynağı süresiz bir birleştirme yöntemidir. Bu nedenle her bir birleşim noktası, yüklerin yoğunlaştığı ve dayanımın zayıfladığı bir nokta oluşturmaktadır. Lazer kaynağı gerektiğinde sürekli yapılarak kritik elemanların dayanımları artırılabilir (Şekil 7). Ayrıca artan dayanım, güvenlik için kullanılabilirliği gibi ağırlık kazanımı dikkate alınarak da kullanılabilir.

Tesis tasarımı yönünden incelendiğinde, kompleks araç geometrisi içinde çeşitli bağlantı şekillerinin her biri için farklı ve özel tasarlanmış elektrot taşıyıcı parçalar ile her bir bağlantı noktasına ulaşmak büyük bir verimsizlik yaratmaktadır. Bir nokta direnç kaynağının oluşması yaklaşık 1 saniye almaktadır; ancak robotların değer katmayan ara taşımalar ile birlikte, robotik bir puntalama istasyonunda ortalama 3 saniyede ancak bir punta atılabilmektedir. Görüldüğü gibi, bu sürenin %66'sı değer katmayan süreçlere harcanmaktadır. Parça kalınlıklarına göre değişmekle birlikte, 20 mm'lik bir lazer dikişinin oluşması 0.22 saniye al-

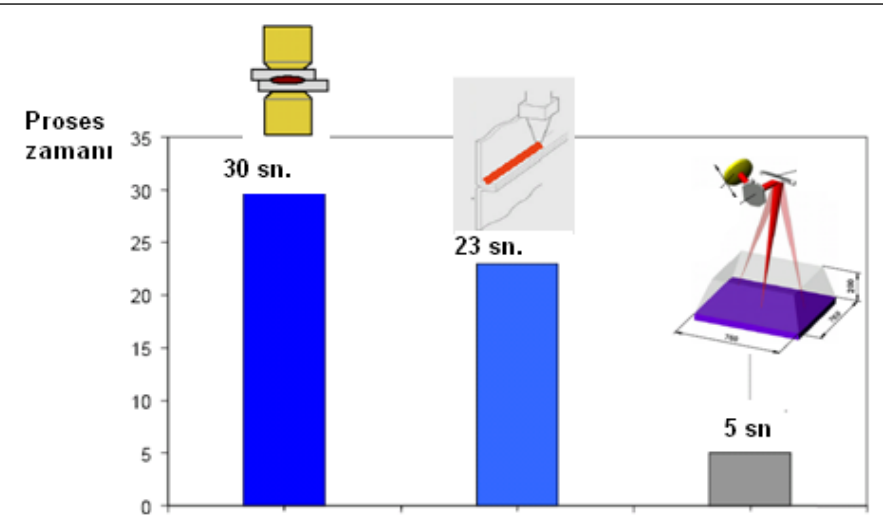




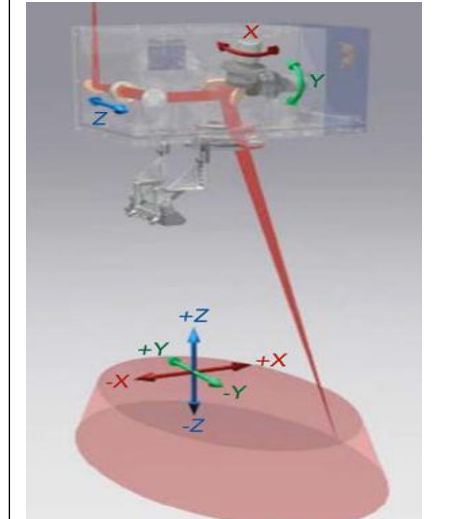
Şekil 6. Gerekli Flanş Boyları Kıyaslaması



Şekil 7. Taşıyıcı Elemanlarda Kazanılacak Toplam Hacim ve Burulma Yüklerine Karşı Mukavemet Artışı [7]



Şekil 8. Zaman Karşılaştırma Grafiği [5]



Şekil 9. Üç Boyutlu Uzaktan Lazerin Ulaşabileceği Çalışma Alanı (Industrial Lasers)

maktadır. Robotun bir sonraki noktaya ulaşmak için harcayacağı mesafe çoğu zaman 1 cm'den daha küçük olacaktır. Bu da ortalama 0.1 saniye gibi bir sürede gerçekleşecektir. Değişik geometriler için farklı sonuçlar ortaya çıkmakla birlikte, uzaktan lazer kaynağı nokta direnç kaynağına göre 10 kat daha hızlı çalışmaktadır (Şekil 8).

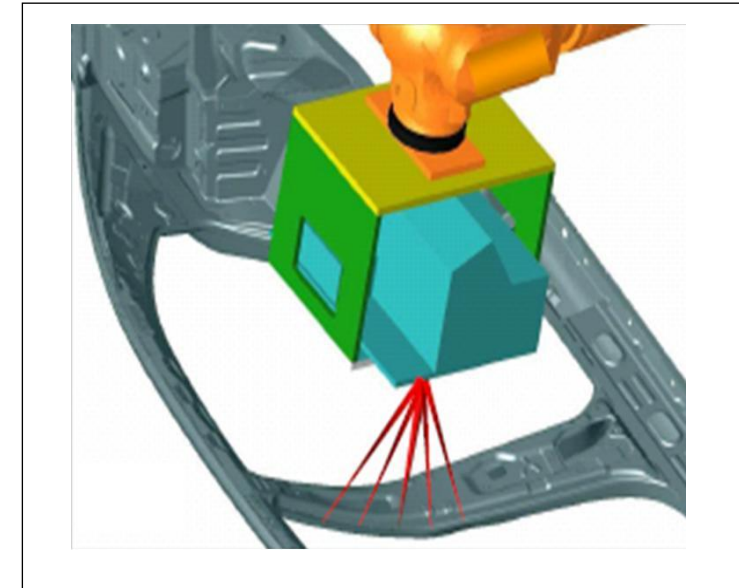
Değer katmayan zamanlardan edinilen bu zaman kazanımı, tesis tasarımı man-

tığını tamamen değiştirmektedir. Aynı işlemi yapmak için daha az robot, daha az ekipman, daha az taşıma sistemi ve daha az alan kullanılacaktır. Daha az ekipman kullanılması bakım ve işletme maliyetlerinde büyük kazançlar sağlayacaktır. Lazer üreticilerinin, geçtiğimiz birkaç yılda 8- 10 kW güçlere ulaşması ve enerji verimlerinin %10 seviyelerinden %45 seviyelerine çıkması ile uygulama alanları gittikçe genişle-

miş ve kullanımları daha avantajlı hale gelmiştir [8].

3. UZAKTAN LAZER YAPISI VE OTOMOTIVDEKİ KULLANIMI

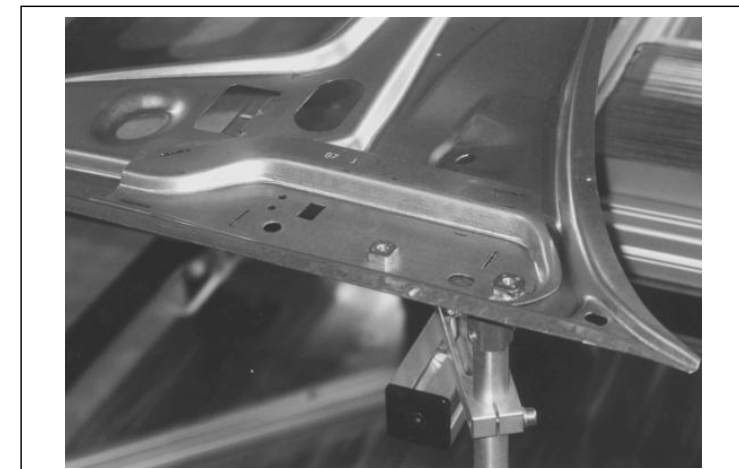
Uzaktan lazer kaynak, katı hal lazerler için yaklaşık 0,5 m - 1 m, CO₂ lazer sistemleri için yaklaşık 1,5 m mesafeden malzeme üzerine odaklanan bir lazer ışını tarama ilkesine dayalı yeni bir tekniktir.



Şekil 10. Araç Gövdesi Üzerinde Uzaktan Lazer Kaynağı Uygulaması (Ford Otosan)



Şekil 11. Uzaktan Lazer Kaynak Yöntemi ile Araç Gövdesi Ön-Alt Taban Saclarının Kaynatılması (Ford Otosan, 2012)



Şekil 12. Uzaktan Lazer Kaynak Yöntemi ile Kaynatılmış Araba Gövdesinden Bir Kesit [9]

Tarama, sabit veya hareketli düzenleme aynalarına bağlı olarak birkaç metre kare alanın bir metre karelik bir kısmı kadar alana uygulanır. Tarama ile malzeme üzerindeki hızı önemli ölçüde kaynak tekrar pozisyonlama ile azaltır. Bu değer, metre başına birkaç milisaniye arasında değişir. Bu uzaktan lazer sürecinin büyük çevrim süresi avantajlarından biridir. Şekil 9 ve 10'da, uzaktan lazerin çalışma alanları ve Şekil 11'de ise Ford Otosan'da uzaktan lazer kaynak yöntemi ile araç gövdesinin ön-alt taban saclarının kaynak edilmesi gösterilmiştir. Şekil 12'de ise uzaktan lazer kaynak yöntemi ile kaynak edilmiş bir araç gövdesi parçasının resmi görülmektedir.

4. UZAKTAN LAZER KAYNAĞININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Uzaktan lazer kaynağının avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Yüksek konumlandırma hızları
- Yüksek kaynak hızı
- Dar ısıdan etkilenen bölge
- Minimum parça distorsiyonu
- Farklı metallerin birleştirilmesi
- Kaynağın hassas yerleştirilmesi
- Kaynak derinliğini kontrol
- Programlamada esneklik
- Temassız işlem
- Azaltılmış kaynak sıçraması, azaltılmış bakım, düşük işletme maliyetleri

Dezavantajları olarak da aşağıdaki maddeler sayılabilir:

- Yüksek ilk yatırım maliyeti
- Parçaları bir arada tutabilmek için gerekli ilave tutturma aparatları

Uzaktan lazer kaynağının faydaları ise şu şekilde özetlenebilir:

Karlılık

- Geniş çalışma mesafesi sağlar
- Kısa adım - yüksek çıktı
- Azaltılmış kaynak sıçraması-azaltılmış bakım, düşük işletme maliyetleri

Esneklik

- İş parçası üzerinde optimum yönlendirme için 3D çalışma zarf
- Tüm ortak lazer kaynaklarının uygunluğu

Yatırım

- Robot kontrolcü sistem entegrasyonu (KRC)
- Kolay entegre edilmesi ve kolay programlama

5. SONUÇ

Sonuç olarak, uzaktan lazer sistemleri yeni teknoloji araçların üretiminde giderek yaygınlaşmakta ve önem kazanmaktadır. Günümüzde ultra hafif ve dış zorlamalara karşılık yüksek mukavemetli, kaliteli araç gövdeleri ancak lazer imalat ve kaynak yöntemleri ile gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca bu yöntem sayesinde, üretimin hızı önemli oranda artarken firmaların da rekabet gücü artmaktadır.

Uzaktan lazer ve diğer lazer uygulamaları alanlarında üniversitelerimizin ve araştırma kurumlarımızın çalışmalar yapması, bu yöntemlerin gelişmesine katkıda bulunacağı açıktır.

KAYNAKÇA

1. **Öztürk, F., Toros, S., Esener E., Uysal, E.** 2009. "Otomotiv Endüstrisinde Yüksek Mukavemetli Çeliklerin Kullanımının İncelenmesi," TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 50, sayı 596, s. 44-49.
2. www.worldsteel.org/?action=storypages&id=275, son erişim tarihi: 1.6.2012.
3. **Aydemir, E.** 2012. "Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan DP 1000 Çelik Saçların Direnç Nokta Kaynağı (RLW) ve Uzaktan Lazer Kaynağı (RLW) Yöntemleri ile Oluşturulmuş Bağlantıların Yorulma Davranışlarının İncelenmesi," Bitirme Projesi, Otomotiv Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
4. **Vasilash, G. S.** 2002. "Remote Laser Welding: A few Things to know -Produce-Effects on Retooling," Automotive Design & Production, October 2002.
5. **Berndl, J.** 2010. Development and Implementation of a New Quality-Assurance System for Unattended Online Monitoring of Laser Processes, Seite 1, BMW Group, Germany.
6. **Busuttil, P.** 2006. "Uzaktan Lazer Kaynak," <http://www.laserfocus-world.com/index.html>, son erişim tarihi: 4.4.2012.
7. **Demirural, G., Sınmazçelik, T.** 2010. "Transit Ön Taban Saclarının Uzaktan Lazer Kaynağı ile Üretimi," 5. Otomotiv Teknolojileri Kongresi (OTEKON 2010), 7-8 Haziran 2010, Bursa.
8. **Concei, J.** 2009. Laser Welding: An Exploratory Study Towards Continuous Improvement on Stainless Steel Welding Joints, SAE Paper, Delphi Automotive Systems, SAE, USA.
9. www.emerald.com, son erişim tarihi: 1.6.2012.

DEĞERLİ ÜYELERİMİZE

Bugün, her zamankinden daha fazla siz değerli üyelerimizin örgütlü gücüne ihtiyaç duymaktayız.

İktidarın, kamusal denetimi gerileten uygulamaları, halkın can güvenliğini ortadan kaldırmakla birlikte, Odamızın hizmet alanlarının daralmasına da yol açmaktadır.

Bütün ekonomik zorluklara rağmen, bilimsel gerçeklikler ışığında, mühendislik uygulamalarının önemini ortaya koyan raporlar yayınlama; mesleğimizi geliştirmeye ve toplumu bilinçlendirmeye yönelik bülten, dergi, kitap, broşür vb. yayın çalışmalarımızı sürdürme kararlılığımızdayız.

Bu nedenle sizlere ve halkımıza verdiğimiz hizmetlerin yanında çok temsili kaldığına inandığımız üyelik aidatlarının ödenmesi konusunda katkılarınızı bekliyoruz.

<https://aidat.mmo.org.tr>