

AL-SiC KOMPOZİTİNİN LAZER KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLMESİ

Hülya Durmuş^{1*}, Cevdet Meriç¹, R.Onur Uzun²

1 Celal Bayar Üniversitesi, Müh. Fak., Makine Mühendisliği Bölümü, Manisa.
2 Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Özet Son yıllarda havacılık endüstrisinde alüminyum kompozitlerine hafif olmalarından dolayı önem verilmektedir. Metal matrisli kompozitlerin kaynağı gözeneklilik ve takviye elemanlarından dolayı zordur. Bu malzemelerin geleneksel kaynak yöntemleriyle kaynak edilmesinin zorluğu nedeniyle lazer kaynağı ile çalışmalar başlamıştır. Lazer kaynağı ticari kaynak yöntemlerine göre çeşitli avantajlara sahiptir. Bu çalışmanın amacı Al-SiC kompozitlerinin lazer ile kaynak edilebilirliğini araştırarak, kaynak için uygun parametreleri tespit etmektir. Sonuçta, toz metalürjisi yöntemiyle üretilmiş Al-SiC kompozitlerinin, farklı şartlarda lazer kaynağı ile birleştirilmesi sonucu mikroyapı ve çekme deneyi sonuçları verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Al-SiC kompoziti, Lazer Kaynağı, Mekanik özellikler.*

JOINING WITH LASER WELDING OF Al-SiC COMPOSITE

Abstract In recent years, Aluminum composites have been importance due to their lightness at aviation. Welding of metal matrix composites are difficult because of reinforced materials and pores. So studies started about laser welding of MMCs. Laser welding has a lot of advantages. Aim of this study is investigated of laser welded Al-SiC composites. In result, it was investigated tensile test results and microstructures of laser welded specimens at different conditions of Al-SiC composites that produced by powder metallurgy method.

Key words: *Al-SiC composite, Laser welding, Mechanical Properties.*

* Sorumlu yazar
hulya.kacar@bayar.edu.tr

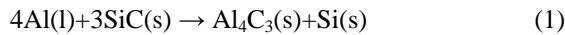
1. GİRİŞ

Kompozit malzeme, iki veya daha fazla sayıdaki, aynı veya farklı gruptaki malzemelerin en iyi özelliklerini, yeni ve tek bir malzemede toplamak amacıyla, makro düzeyde birleştirilmesiyle oluşturulan malzemeler olarak adlandırılır. Metalik matriksleri uygun takviyelerle kuvvetlendirerek yüksek performanslı kompozitlerin üretimi, günümüz teknolojisinde büyük önem kazanmıştır [1]. Metal Matriksli Kompozitlerin (MMK) üretiminde pek çok yöntem kullanılır. Bunlardan biri Toz Metalurjisi (TM) yöntemidir.

TM, çok küçük partiküllerin birbirine sıkışma ve sinterleme yoluyla bağlanarak bütün bir parça haline getirilmesi işlemidir. Maliyet ve kalitenin hedef haline geldiği günümüzde toz metal teknikleri ile parça üretimi önem kazanmaktadır. Toz metalurjisinin önemi; döküm, talaşlı imalat veya plastik deformasyonla şekillendirilmesi zor veya imkansız olan parçaların, bu yöntemle kolaylıkla ve ekonomik bir şekilde üretilmesidir [2].

Otomotiv uygulamalarında kullanılan toz metal (TM) alüminyum MMK'lerin yüksek yorulma dayanımına sahip olması istenir. Bu nedenle bazı otomotiv parçaları TM alüminyum MMK'lerden üretilmektedir. Bunun nedeni yoğunluğunun düşük ve yorulma dayanımının da yüksek olmasıdır [3].

Birleştirme yöntemi MMK'lerin özelliklerini değiştirebilir. Bu yüzden uygun birleştirme yöntemleri kullanılmalıdır. Çoğu Al/SiC kompozitinde, kaynak sırasında matriks ve takviye arasında bazı reaksiyonlar oluşur. Tabaka şeklindeki Al_4C_3 bileşiği kaynağı çok gevrek hale getirmektedir. Çok güçlü ısı girişi Al_4C_3 bileşiğini daha da belirginleştirir. Daha önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre oluşan reaksiyonun denklemi aşağıdaki şekildedir.



Bu bileşik 700-1400 °C arasında oluşmaktadır. Al_4C_3 miktarını düşürmek için üç yöntem

vardır. SiC yüzeyine çok ince bir film kaplamak, sıcaklığı düşürmek, alaşım matriksindeki Si içeriğini arttırmaktır. Bu denklemin tersi geçerli değildir. Al_4C_3 ince iğne ve tabakalar halinde ara yüzeyde şekillenmektedir ve Al matriks ile SiC arasındaki bağı yok etmektedir. Böylece SiC kaynağı olumsuz etkilemekte ve Al_4C_3 ve Si kırılğan olduğu için kaynağın mukavemetini düşürmektedir [4].

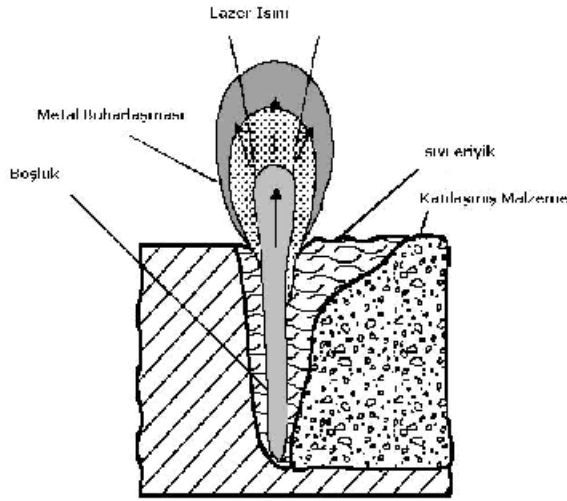
Bu çalışmada “Lazer Kaynak” yöntemi kullanılmıştır. Lazer ışın kaynağı son yıllarda endüstriyel üretim için önemli bir oranda gelişme göstermiştir. Düşük enerji girişi, çarpılma azlığı, bağlantının yüksek mukavemeti için en iyi birleştirme yöntemi lazer ışın kaynağıdır. Toplanan ısı girişi derin nüfuziyet etkisindedir [5]. Lazer kaynağında, lazer ışını havada kolaylıkla hareket ettiğinden bir vakum odası gerektirmez. Ama erimiş metal argon yada helyum gazı ile korunmalıdır. İşlem gazı kontrol edebilmekte ve plazmanın etkisini düşürmektedir. Otomobillerde transmisyon elemanlarının kaynağı için kullanılmaktadır. Kaynak derinliğini arttırmak için lazer kaynağı, yüksek lazer gücünün yanında yüksek kaliteli ışın gerektirir [6].

Sanayide endüstriyel gaz (karbondioksit) ve Nd:YAG (katı hal lazeri) tipinde lazer kaynakları vardır [7]. Lazer kaynağının avantajları hızlı kaynak yapabilme özelliği ve sonuç itibariyle daha düşük ısı girdisi gerçekleştirmesi, kaynak bölgesinde yüksek nüfuziyet sağlaması ve malzemelerde kaynak sırasında görülebilen çarpılmaların engellenmesidir. Bu avantajlar lazer ışınının yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmasından ileri gelmektedir. Lazer kaynağı uygulamasında herhangi bir dolgu malzemesine ihtiyaç duyulmaz. Kaynak işlemi parçalar arasında bağlantı sağlanması için lazer ışınından enerji kullanımıyla oluşur [8]. Lazer ışını doğrudan kaynak yapılacak malzemeye odaklanır (Şekil 1). Güç yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle, malzemenin lazer ışını ile temas ettiği alanda yoğun bir buharlaşma meydana gelmektedir. Hareket halindeki buharın basınç etkisi ile lazer ışınının içeriye girmesi, malzeme içerisinde yoğun bir enerji

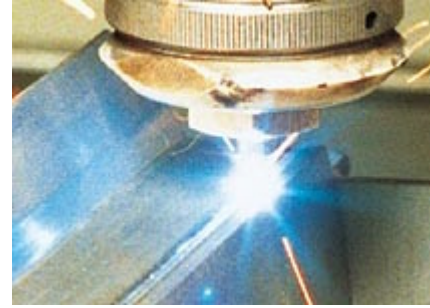
transferine olanak veren bir buhar kanalının (keyhole) oluşmasına neden olmaktadır. Buhar kanalı içersine giren lazer ışını ergiyik bir duvarla çevrelenir. Bu alandaki geometrik oranlar (çap ~0,2-0,6 mm, derinlik ~0,5-20 mm) ışıktan malzeme yüzeyine taşınan enerjiye bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Derinlik boyunca yoğun bir enerji akımına izin veren lazer kaynağı, kaynak derinliği yönünden, geleneksel elektrod kaynağı ile karşılaştırıldığında çok daha yüksek kaynak hızına sahip olduğu, buna karşın eşik enerjileri ve ısı yük yönünden yapılacak kıyaslamalarda ise lazer kaynağının geleneksel yöntemlere göre onda bir düzeylerde olduğu görülmektedir [9]. Böylece dar, fakat derinlemesine bir kaynak dikişi elde edilir. Kaynaklanan

parçalarda ısıl büzülme, çarpılma çok azdır. Çizgisel kaynak hızı yüksek işlemlerdeki dikişler daha da ince olmaktadır. Çizgisel enerji az olduğundan ana malzemenin değişimi de hemen hemen yok gibidir. Böylece dikiş yakınındaki ısı etkisinde kalan bölge çok az olmaktadır. Bu nedenle de kristal büyümesi oluşmaz [10].

TM yöntemi ile üretilen parçaların uygun kaynak şartları sağlandığında diğer malzemeler gibi kaynaklı birleştirmeleri mümkün olmaktadır [11]. Bu çalışmada lazer kaynak yöntemi ile TM alüminyum kompozit parçaların en iyi kaynak edildiği şartlar araştırılmıştır.



Şekil 1. Lazer kaynağının şematik şekli.



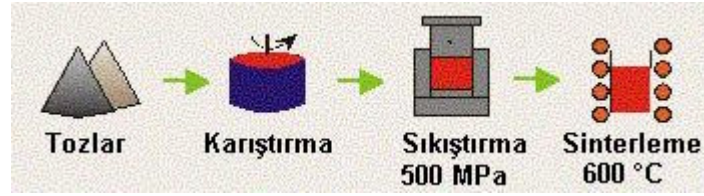
Şekil 2. Lazer Kaynağının işlem sırasındaki fotoğrafı [12].

2. MALZEME VE METOD

2.1. Deneysel Çalışma

Deney örneklerinin üretiminde 63 μm boyutundaki gaz atomizasyonu ile üretilmiş 2014 alüminyum alaşımı tozları kullanılmıştır (Tablo 1). 500 MPa basınç kullanılarak 4x10x60 mm boyutlarında parçalar TM yöntemiyle üretilmiştir (Şekil 3). Takviye elemanı olarak kullanılan SiC ün ortalama tane boyutu 60 μm dir (Tablo 2). %0, %10 ve %20 SiC içeren kompozitler oluşturulmuştur. Bu örnekler fırında önce 400 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$ de 20 dakika bekletilerek parafini alma işlemi gerçekleştirilmiş ve örneklerden bir kısmı

600 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$ de bir kısmı da 620 \pm 5 $^{\circ}\text{C}$ de 40 dakika bekletilerek sinterleme işlemi tamamlanmıştır. Çalışmada kullanılan kaynak ekipmanı 2500 W güç kapasiteli Rofin Sınar CO₂ lazer cihazıdır. Kaynak işleminde güç 2300 W ve koruyucu gaz hızı 20 l/dak. olarak sabit tutulmuştur. Değişken olarak SiC oranları ve sinterleme sıcaklıkları seçilmiştir. Kaynak hızı 0.3 m/dak dır. Koruyucu gaz olarak helyum seçilmiştir. Helyum CO₂ lazer kaynağı için en uygun gazdır. Yüksek iyonlaşma potansiyeli ve yüksek ısı iletkenliğinden dolayı kaynak bölgesini korumaktadır. Metalürjik problemlere neden olmamaktadır.



Şekil 3. Parçaları oluşturma aşamaları.

Tablo 1. 2014 Al Alaşım tozunun kimyasal bileşimi.

Malzeme	Gösterilişi	%Cu	%Mg	%Si	%Parafin	Al
2014 Al Alaşımı	AlCuSiMg	4.5	0.5	0.6	1.54	Geri Kalan

Tablo 2. SiC ün kimyasal bileşimi.

% Si+SiO ₂	% C	%Fe ₂ O ₃	% Al ₂ O ₃	% SiC
0.5	0.4	0.3	0.3	Geri Kalan

2.1.1. Çekme Deneyi

Malzemenin yük taşıma yeteneği ile yükleme sırasındaki şekil değiştirme davranışının belirlemek için çekme deneyi yapılmıştır.

Kaynak işleminden sonra örnekler TS 5789 a göre hazırlanan örneklere çekme deneyi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir

Tablo 3. 2300W güç ve 0,3m/dak hız ile Lazer kaynağı yapılmış kompozitlerin çekme deneyi sonuçları.

Malzeme	Çekme Gerilmesi (N/mm ²)	Kopma Uzaması (%)	Kopma Enerjisi (J)
Kaynaksız 600 °C de sinterlenmiş Al 2014 kompoziti	162,53	14,8	4,5
Lazer kaynaklı 600 °C de sinterlenmiş Al 2014-%0 SiC	84,21	6,5	2,6
Lazer kaynaklı 600 °C de sinterlenmiş Al2014- %5 SiC	67,65	4,72	1,96
Lazer kaynaklı 600 °C de sinterlenmiş Al2014-% 10 SiC	25,15	2,42	0,8
Lazer kaynaklı 600 °C de sinterlenmiş Al2014-%20 SiC	4,765	3,592	0,087
Kaynaksız 620 °C de sinterlenmiş Al 2014 kompoziti	85,17	6,8	2,7
Lazer Kaynaklı 620 °C de sinterlenmiş Al2014-%0 SiC	50,15	4,42	1,6
Lazer Kaynaklı 620 °C de sinterlenmiş Al 2014-%5	30,93	2,535	0,57
Lazer Kaynaklı 620 °C de sinterlenmiş Al2014- %10 SiC	17,73	1,89	0,198
Lazer Kaynaklı 620 °C de sinterlenmiş Al2014-%20 SiC	2,109	1,640	0,06

Lazer Kaynaklı , 600 °C de sinterlenen Al-SiC kompozitleri içerisinde en yüksek gerilme %0 takviye oranındaki örnekte görülmüştür. Uzama ve enerji değerleri de en yüksektir. Takviyesiz 2014 Al toz metalin çekme dayanımı 162,53 N/mm² dir. Kaynaksız Al-SiC kompozitlerinin çekme dayanımları 60-80 N/mm² olduğu göz önüne alınırsa, en yüksek dayanıma sahip bu kaynaklı örneğin gerilme değeri çok iyidir. Çekme sırasındaki kopma ana malzemeden olmuştur. Kaynakta bozulma görülmemiştir.

Lazer Kaynaklı 620 °C de sinterlenen Al-SiC kompozitleri içerisinde en yüksek gerilme takviyesiz olan örnekte elde edilmiştir. Seçilen

hız ve güç değerlerinin takviye olan örneklere uygun olmadığı düşünülmektedir. Farklı hız ve güç değerleri kullanılarak en iyi sonuçlar alınabilir. Enerji değerleri takviye oranı arttıkça düşmüştür.

2.1.2. Mikroyapı İncelemesi

Mikroskop yardımıyla mikroyapı incelemesi yapılmıştır. Bazı kaynak bölgelerinde boşluklar görülmüş ve bu durum mekanik özelliklerde düşüş meydana getirmiştir. SiC lerin kaynak metali ile ana metal arasında dizildiği saptanmıştır. Ana metal ve kaynak metali mikroyapı fotoğraflarının birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Kaynak metalinde iğne görünümlü yapılar görülmüştür. Lazer Kaynaklı örneklerde ITAB belirgin olarak görülmemiştir.



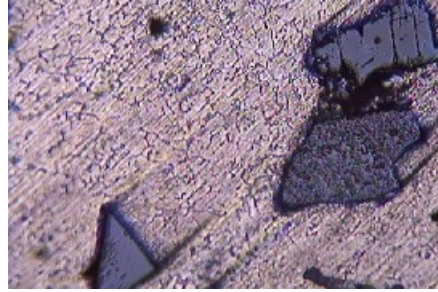
Şekil 4. Al 2014-%0 SiC 620 C kompozitinin ana metal mikroyapı fotoğrafı (x200)



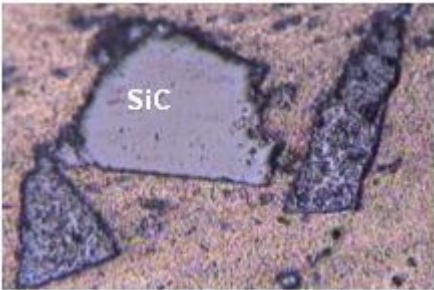
Şekil 5. Al 2014-%0 SiC 620 C kompozitinin kaynak metal mikroyapı fotoğrafı (x400)



Şekil 6. Al 2014-% 10 SiC 620 C kompozitinin anametal mikroyapı fotoğrafı (x200)



Şekil 7. Al 2014-% 10 SiC 620 C kompozitinin kaynak metal mikroyapı fotoğrafı (x200)



Şekil 8. Al 2014-%20 SiC 600 °C kompozitinin anametal mikroyapı fotoğrafı (x200)



Şekil 9. Al 2014-%20 SiC 600 °C kompozitinin kaynak metal mikroyapı fotoğrafı (x200)

3. SONUÇLAR

- Kaynaklı 2014 Al-SiC kompozitlerinde takviye oranı arttıkça çekme dayanımında bir düşme görülmüştür.
- Kaynak metalinde gaz kabarcıkları bulunmuştur (Şekil 5).
- En yüksek çekme dayanımı kaynaklı ve SiC içeren örnekler arasında 600

°C de sinterlenmiş Al2014- % 5 SiC kompozitinde elde edilmiştir.

- Kaynak işleminden sonra yaşlandırma işlemi yapılması deney sonuçlarında bir iyileşme gösterebilir. İleride
- yapılacak çalışmalarda bunun yapılması önerilmektedir.

- Kaynak metalinde iğne görünümünde yapılar tesbit edilmiştir (Şekil 9).

4. TEŞEKKÜR

Yazarlar, çalışmada katkılarından dolayı ECKA granulate GmbH & Co. KG, Vezneli A.Ş., Tavman A.Ş.'ne ve CBÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkür ederler.

5. KAYNAKLAR

1 - Durmuş, H.K., Meriç, C., 2003, Metal Matrisli Kompozitlerin Birleştirme Yöntemleri, Metal Dünyası, Sayfa:59, Sayı:120, Mayıs 2003.

2 - Yavuz, N., Güner R., 2002, "Demir Esaslı Toz Metal Parçaların Elektrik Direnç Kaynağında Optimum Kaynak Şartlarının Belirlenmesi", Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 1.

3 - Big Three Eye Lightweight PM Con Rods, MPR, October 2003 (Metal-Powder.Net)

4 - Huang, R.Y., Chan, S.C., Huang, J.C., 2001, Electron and Laser Beam Welding of High Strain Rate Superplastic Al-6061/SiC Composites, Metallurgical And Materials Transactions A, Volume 32 A, , 2575.

5 - Shubert, E., Kalssen, M., Zerner, I., Walz, C., Sepold, G., Light-Weight Structures Produced by Laser Beam Joining for Future Applications in Automobile and Aerospace Industry, Journal of Materials Processing Technology, 115, 2001, 2-8

6 - Graf, T., Stauffer, H., Laser-Hybrid welding drives VW Improvements, Volkswagen.

7 - Migliore, L., Welding With Lasersreprint From Industrial Laser Review, July 1998.

8 -Johnson, D., Penn, W., Bushik, S., Application Experiences With Laser Beam Welding, Alabama Lazer.

9 - Karaaslan, A., Sönmez, N., Topuz, A., 1998, Lazer ile kaynak edilebilirliğin alaşimsız yapı çeliğinde araştırılması, 2. Uluslar arası Kaynak Teknolojisi Sempozyumu, İstanbul.

10 - König, R., Otmanbölük, N., CO2 ve Nd-YAG Lazerleri ile metal kesme ve kaynak işlemleri, 2. Uluslar arası Kaynak Teknolojisi Sempozyumu, 3-5 Haziran 1998, İstanbul.

11 - Gülenç, B., Kurt, A., Türker, M., 1998, TM parçaların Direnç kaynağı ile Birleştirilmesi, 2. Uluslararası Kaynak Teknolojisi Sempozyumu, İstanbul.

12 - <http://industrial-lasers.net/welding.html>