



Farklı Alüminyum Alaşımların Difüzyon Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmesi ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

M. Selçuk KESKİN

Dicle Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

mselecuk.keskin@dicle.edu.tr ORCID:0000-0001-6233-1807, Tel: (412) 241 10 00 (3607)

Haluk KEJANLI

Dicle Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

kejanlih@dicle.edu.tr ORCID: 0000-0002-4987-6316, Tel: (412) 241 10 00 (3594)

Sedat BİNGÖL*

Dicle Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

sbingol@dicle.edu.tr ORCID: 0000-0002-4290-4193, Tel: (412) 241 10 00 (3598)

Geliş: 08.02.2019, Kabul Tarihi: 26.02.2019

Öz

Difüzyon kaynağı benzer veya farklı metaller arasında yüksek kaliteli bağ oluşumu için kullanılan önemli bir katı hal birleştirme işlemidir. Bu birleştirme yöntemi, geleneksel kaynaklarda oluşan kaynak bölgesinin mekanik özelliklerini bozan beklenmedik fazların oluşumunu içermez. Difüzyon kaynağında karmaşık şekilli parçaları birleştirmek mümkündür. Bu çalışmada AA2024 ile AA7075 alüminyum alaşımlı levhaların farklı difüzyon sıcaklığındaki kaynak kabiliyetleri araştırılmıştır. Difüzyon kaynağı için, 55µm kalınlığında alüminyum folyo kullanılarak sabit basınçta (3 MPa) ve argon gazı atmosferi altında gerçekleştirildi. Difüzyon kaynağı, dört farklı sıcaklıkta 500, 520, 540 ve 560 °C 'de gerçekleştirildi. Difüzyon kaynağında bekleme süresi 60 dakika olarak belirlenmiştir. Kaynak bölgelerinde mikro sertlik değişimleri ve çekme mukavemetleri alındı. Çekme testi sonucunda, en yüksek çekme dayanımı 560°C sıcaklık ve 60 dakikalık bekleme süresinde difüzyon kaynağı yapılmış numune 9374,28 N olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Difüzyon Kaynağı, Alüminyum, Mekanik özellikler

* Yazışmaların yapılacağı yazar

Giriş

Difüzyon kaynak yoluyla benzer veya farklı metaller birleştirilir. Difüzyon kaynağı, basınç altında, farklı sıcaklıklarda ve farklı bekleme sürelerinde optimize edilmiş bir katı hal birleştirme işlemidir. Difüzyon kaynağı, karmaşık şekilli parçalar üretmek için umut verici bir tekniktir ve kaynak sırasında büyük çapta bir deformasyon oluşmamaktadır (Kundu S, Chatterjee S, 2006 ve Ghosh vd., 2003). Alüminyum alaşımları, üstün özelliklerinden dolayı otomobil ve havacılık endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (John Prakash S, Muthukumaran S, 2011). Bu çalışmada, farklı sıcaklık ve basınçlarda AA 6063 alüminyum alaşımının argon atmosferinde kontrollü difüzyon kaynağının özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışmada 6063 alüminyum alaşımının difüzyon kaynağı parametreleri optimize edilmiştir (Atabay ve Dericioğlu, 2016). Araçlarda ağırlığı azaltmak enerji tasarrufunu sağlamanın en kolay yolu, düşük yoğunluğa sahip farklı malzemelerin avantajını kullanmaktır. Gelişen teknoloji ile birlikte alüminyum ve alaşımlarının, düşük yoğunluk, düşük ergime sıcaklığı, elektrik ve ısı iletkenliği, çok yüksek aşınma ve korozyon direnci gibi iyi özelliklerinden dolayı havacılık, askeri ve otomotiv gibi önemli alanlarda

kullanımı gittikçe artmıştır (L. Laiping vd., 2005, Arık vd., 2005, Sidhom vd., 2005, Cicala vd., 2005, Taban vd., 2005). Difüzyon kaynak yönteminde atomların yayına bilmesi için yeterli yüksek sıcaklık, difüzyon işlem süresi ve birleştirilecek malzemeye göre uygun basınca ihtiyaç vardır (Erdoğan, 1998).

Bu çalışmada, AA2024 ile AA7075 alaşımları difüzyon kaynağı yapmak için, 55µm kalınlığında alüminyum folyo kullanılarak sabit basınçta (3 MPa) ve argon gazı atmosferi altında gerçekleştirildi. Difüzyon kaynağı, dört farklı sıcaklıkta 500, 520, 540 ve 560°C 'de gerçekleştirildi. Difüzyon kaynağında bekleme süresi 60 dakika olarak belirlenmiştir. Difüzyon kaynağı parametrelerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi analiz edildi.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada, difüzyon kaynağı tekniği ile farklı alüminyum alaşımların farklı difüzyon sıcaklığındaki kaynak kabiliyetleri araştırılmıştır. Yapılan difüzyon kaynağı çalışmasında (AA2024 ve AA7075) malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemelerin kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Difüzyon kaynağı için kullanılan AA2024 ve AA7075 alaşımların kimyasal bileşenleri

	Si	Cr	Fe	Mg	Mn	Zn	Ti	Cu	Al
AA2024	0.30	-	0.15	1.45	0.65	0.15	0.04	4.43	Kalan
AA7075	0.3	0.2	0.25	2.5	0.25	5.8	0.1	1.8	Kalan

Tablo 2. Alüminyum AA 1050 folyonun kimyasal bileşenleri

Alaşım	Si	Fe	Mg	Ti	Zn	Al
AA 1050	0,14	0,25	0,007	0,01	0,01	99,583

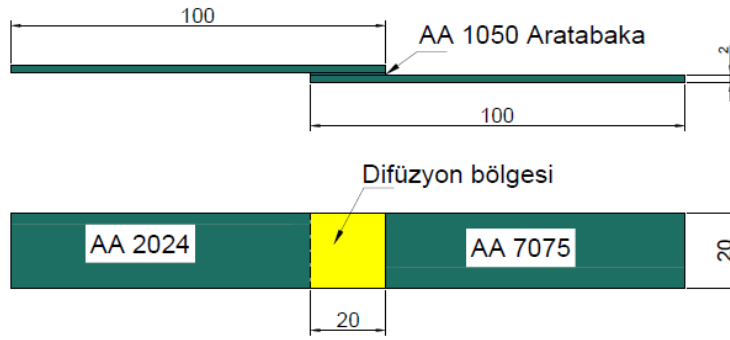
Kalınlıkları 2 mm olan farklı alüminyum alaşımları, hassas kesme makinesi kullanılarak 100 x 20 mm boyutunda numuneler kesildi (Şekil 1 ve Şekil 2). Difüzyon kaynağında kaynak işlemini hızlandırmak ve kaynak bölgesinin mekanik özelliklerini geliştirmek için

birleşme bölgesinde 55 µm kalınlığında alüminyum folyo (AA 1050) kullanılmıştır.

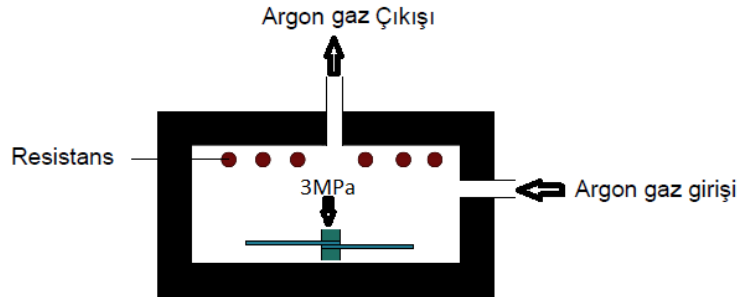
Kullanılan folyonun kimyasal özelliği Tablo 2. de verilmiştir. Ayrıca; difüzyon kaynak numunelerin mukavemetlerini belirlemek için çekme testi ve mikrosertlik testleri yapılarak mekanik değerler karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Difüzyon kaynağı için hazırlanmış çekme deney numunesi



Şekil 2. Difüzyon kaynağı için hazırlanmış çekme deney numunesi



Şekil 3. Difüzyon kaynağında kullanılan atmosfer kontrollü fırının şematik gösterimi

Tablo 3. Difüzyon kaynağında kullanılan deney parametreleri.

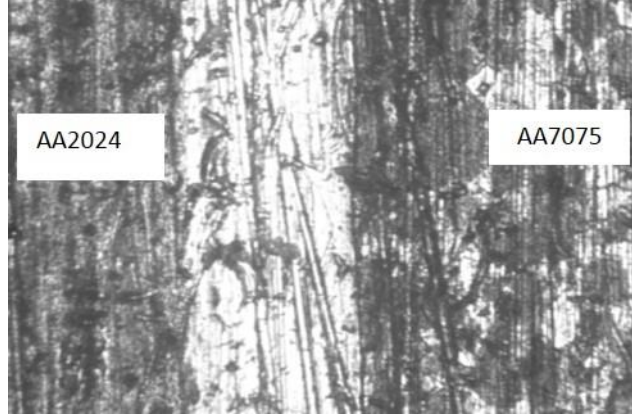
Deney No	Difüzyon sıcaklığı (°C)	Basınç (MPa)	Zaman(Dakika)
1	500	3	60
2	520	3	60
3	540	3	60
4	560	3	60

Deneysel sonuçlar ve tartışma

Mikro Sertlik Deney Sonuçları

Difüzyon kaynağındaki mekanik özelliklerin belirlenmesi için, kaynak bölgesi boyunca mikro sertlik ölçümleri alınmıştır. Mikro sertlik ölçümleri AOB marka Vickers ölçüm ünitesi cihazıyla kaynak bölgesi boyunca sertlik

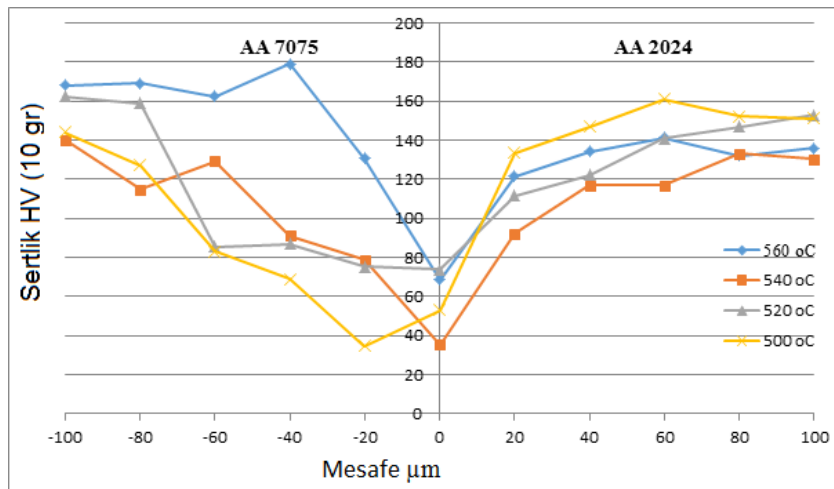
ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Difüzyon etkilenen bölgenin her iki tarafında 20 μm 'luk aralıklar ile 10 gr yük altında 10 saniye süreyle yapıldı. Her sertlik ölçüm noktalarından dört ölçüm yapılmış sonuç değerlerinin ortalaması alınmıştır. Sertlik ölçüm noktalarının dağılımı Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Kaynak bölgesi boyunca mikro sertlik ölçümleri alınan AA2024 ve AA7075 alaşım malzemelere ait mikroyapı(50x)

Mikro sertlik değerleri; difüzyon kaynağı ile birleştirilmiş AA2024 ve AA7075 metal çiftlerinin, aratabaka ve difüzyondan etkilenmiş kaynak bölgesi taranarak alınmıştır. Şekil 5'te difüzyon kaynak yöntemi ile 500°C, 520°C, 540°C ve 560°C sıcaklıkta ve 60 dakika bekleme

süresinde birleştirilmiş AA2024 ve AA7075 alüminyum alaşımı malzemelere ait sertlik grafikleri verilmiştir.



Şekil 5. Difüzyon kaynağı ile birleştirilmiş AA2024 ve AA7075 malzemelere ait mikrosertlik değerleri

Difüzyon kaynağı ile dört farklı sıcaklık ve 60 dakika bekletme sürelerinde yapılmış kaynaklı bölgelerin sertlik profilleri incelendiğinde; AA 1050 aratabakadaki düşük sertlik değerlerinden yüksek sertlik değerlerine doğru bir tırmanış göstermektedir.

Difüzyon kaynaklı numunelere ait sertlik profilleri kendi aralarında kıyaslandığında, artan sıcaklığa bağlı olarak en belirgin değişimi Şekil 5’ de görülmektedir.

Çekme Testi Sonuçları

Difüzyon kaynak yöntemi ile 500, 520, 540ve 560°C sıcaklıkta ve 60 dakika bekleme süresinde birleştirilmiş AA2024 ve AA7075 alüminyum çiftinin çekme kuvvetine karşı göstermiş olduğu direnci tespit etmek amacıyla çekme testleri yapılmıştır. Çekme kuvvetinin test sonuçları Tablo 4’de verilmiş, Difüzyon

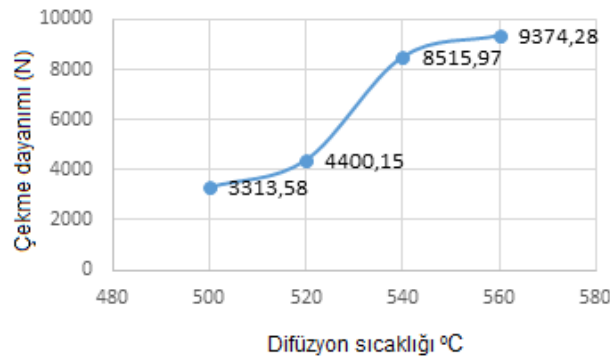
kaynağı ile birleştirilmiş AA2024 ve AA7075 alüminyum çiftinin çekme dayanımı/sıcaklık grafiği Şekil 6’da görülmektedir.

500°C’de birleştirilen numunelerin çekme dayanımı düşüktür. Bunun sebebi ise uygulanan sıcaklığın düşük oluşudur. Difüzyon kaynak bölgesinde zayıf bir bağ oluşumuna neden olmuştur. 540°C’de birleştirilen numunelerde çekme dayanımı 520°C’dekine göre daha yüksektir. Difüzyon kaynağında sıcaklığın artmasıyla çekme dayanımındaki bu yükseliş, AA 1050 aratabaka elementlerinin difüzyon miktarlarındaki artışına bağlıdır.

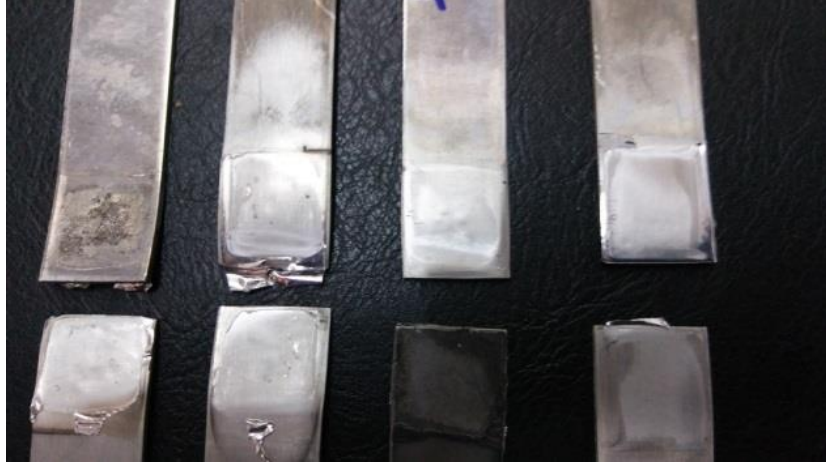
AA2024 / AA7075 alüminyum çiftinin çekme dayanımı testinden, en yüksek çekme mukavemeti 560°C sıcaklık ve 60 dakikalık sürede 9374,28 N olarak tespit edildi.

Tablo 4. Farklı sıcaklık parametreleriyle difüzyon kaynağı yapılmış numunelerin çekme deney sonuçları

Deney No	Difüzyon sıcaklığı (°C)	Basınç (MPa)	Zaman (Dakika)	Çekme Mukavemeti (N)
1	500	3	60	3313,58
2	520	3	60	4400,15
3	540	3	60	8515,97
4	560	3	60	9374,28



Şekil 6. AA2024 / AA7075 alüminyum çiftinin difüzyon sıcaklığı(°C) / çekme dayanımı(N) grafiği



Sekil 7. Çekme testine tabi tutulmuş numuneler

SONUÇLAR

Bu çalışmada alüminyum (AA2024) ve (AA7075) alaşımları 55µm kalınlığında AA 1050 alüminyum folyo aratabaka kullanılarak atmosfer kontrollü fırında argon gazı ortamında 3 MPa statik basınç altında, 60 dakika bekleme süresinde ve dört farklı sıcaklıkta 500, 520, 540 ve 560°C sıcaklıkta difüzyon kaynağı yöntemiyle birleştirilmiştir. Difüzyon kaynak numunelerin mukavemetlerini belirlemek için çekme ve mikrosertlik testleriyle değerlendirilip, elde edilen nihai sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

1. Mikro sertlik sonuçları, AA7075 alüminyum bölgesinden aratabakaya doğru bir miktar düşüş gösterip AA2024 alüminyum tarafına doğru gittikçe artmış ve taranan bölgelerde en yüksek sertlik değeri AA7075 alüminyum bölgesinde 560°C sıcaklıkta 177 HV olarak tespit edilmiştir.
2. 500°C'de birleştirilen numunelerin çekme dayanımı düşüktür. Bunun sebebi ise uygulanan düşük sıcaklığın difüzyon kaynak bölgesinde zayıf bir bağ oluşumuna neden olmuştur.
3. 540°C'de birleştirilen numunelerde çekme dayanımı 520°C'dekine göre daha yüksektir. Difüzyon kaynağında sıcaklığın artmasıyla çekme dayanımındaki bu yükseliş, AA 1050 aratabaka elementlerinin difüzyon miktarlarındaki artışına bağlıdır. Difüzyon kaynağında düşük sıcaklıklarda yetersiz bir birleşmeye sebep olmaktadır.
4. İki farklı alüminyum alaşımının difüzyon kaynağında sıcaklık artıktıkça difüzyon oranının arttığı gözlenmiştir. Çekme testi sonucunda, en yüksek çekme dayanımı 560°C sıcaklık ve 60 dakikalık sürede difüzyon kaynağı yapılmış numune 9374,28 N olarak tespit edildi. Difüzyon sıcaklığı artırıldığında atomik difüzyonunun arttığı ve çekme mukavemetinde artış görüldüğü tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- Erdoğan, M., Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara,1:76-94, 1998.
- E. Cicala, D. Duffet, H. Andrejewski, D. Grevey, S. Ignat, Hot cracking in Al-Mg-Si alloy laser – welding-operating parameters and their effects, Materials Science and Engineering A 395, 1–9, 2005.
- E. Taban, E. Kaluç, EN AW–5083-H321 alüminyum alaşımının MIG, TIG ve sürtünen eleman ile birleştirme (FSW) kaynaklı bağlantılarının mekanik ve mikroyapısal özellikleri, Mühendis ve Makina 541, 40-51,2005.
- Ghosh M, Bhanumurthy K, Kale GB, Krishnan J, Chatterjee S (2003) Diffusion bonding of titanium to 304 stainless steel. J Nucl. Mater. 322:235-241
- H. Arık, M. Aydın, A. Kurt, M. Turker, Weldability of Al4C3-Al composites via diffusion welding technique, Materials and Design 26, 555–560, 2005.
- John Prakash S, Muthukumaran S (2011) Refillingprobe hole of friction spot joints by friction forming. Mater Manuf. Process 26:1539-1545
- Kundu S, Chatterjee S (2006) Interfacial microstructure and mechanical properties of diffusion bonded titanium-stainless steel joints using a nickel interlayer. Mater SciEng A 425:107-113
- L. Laiping, C. Shanben, L. Tao, The modeling of weldingpoolsurfacereflectance of aluminumalloy pulse GTAW, Materials Science and Engineering A 394, 320–326, 2005.
- N. Sidhom, A. Laamouri, R. Fathallah, C. Braham, H. P. Lieurade, Fatigue strength improvement of 5083 H11 Al-alloy T-welded joints by hot peening: experimental characterization and predictive approach, International Journal of Fatigue 27, 729–745, 2005.
- Sıla Ece Atabay, Arcan F. Dericioğlu (2016) Optimization of the Diffusion Bonding Parameters for 6063 Aluminium Alloy. 18. Uluslararası Metalürji ve Malzeme Kongresi

Joining of Different Aluminum Alloys with Diffusion Welding Method and Investigation of Mechanical Properties

Extended abstract

Along with the developing technology, aluminum and its alloys have been increasingly used in important areas such as aerospace, military and automotive because of their good properties such as low density, low melting temperature, electrical and heat conductivity, very high abrasion and corrosion resistance. Diffusion welding is an important solid state joining process used for high quality bond formation between similar or different metals. This joining method doesn't contain the formation of unexpected phases which disrupt the mechanical properties of the welding region formed in conventional sources. It is possible to bond complex shaped parts by the diffusion welding. In this study, the welding capabilities of AA2024 and AA7075 aluminum alloy plates were investigated for different diffusion temperature. To make diffusion welding, the samples of 2 mm thickness were cut to 100x20 mm by using precision cutting machine. The 20 mm length affected from diffusion welding were grinded by 400, 600, 800 and 1000 mesh sanding surfaces. For the diffusion process. The 20 mm part of the samples were fixed under 3 MPA pressure with clamping. These experiments were made in an

atmospheric furnace. The welding process was started by sending argon gas with 3 l/min and 99.9% purity. Three samples were used for each welding parameter. For diffusion welding, it was carried out at constant pressure (3 MPA) and under argon gas atmosphere using 55µm thick aluminum foil. The diffusion welding was performed at four different temperatures (500, 520, 540 and 560°C). The waiting time at the diffusion welding determined as 60 minutes. Micro-hardness and tensile strengths of the samples were obtained in welding regions. To determine the mechanical properties of diffusion welding, micro-hardness measurements were taken throughout the welding region. Measurements were carried out throughout the welding region with AOB brand Vickers measuring device. The diffusion was performed for 10 seconds under 10 gr load at 20 µm intervals on both sides of the affected area. The four measurements were made from each hardness measurement point and the mean of the result values were taken. The highest hardness value in the regions scanned with micro hardness was obtained 177 HV at 560°C temperature in AA7075 aluminum region. At result of the tensile test, the highest tensile strength was determine to be 560°C temperature and 9374.28 N of the sample with diffusion welding during at the 60 minute wait time.

Keywords: Diffusion welding, Aluminum, Mechanical properties