

ALÜMİNYUMUN TIG KAYNAĞINDA AKIM TÜRÜNÜN KAYNAK METALİ MİKROYAPISI VE DARBE DAYANIMINA ETKİSİ

Ahmet DURGUTLU

Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500 Beşevler, Ankara, durgutlu@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 05.06.2008 ; Kabul/Accepted: 04.07.2008)

ÖZET

Bu çalışmada, AA 6063 T6 sınıfı alüminyum levhalar TIG kaynak yöntemi ile alternatif ve darbeli akım kullanılarak birleştirilmişlerdir. Kullanılan akım türünün kaynak metaline olan etkilerini görmek amacı ile birleştirilen numunelere mikroyapı, sertlik ve çentik darbe testleri uygulanmıştır. Deneyler sonucunda, darbeli akımın düşük ısı girdisine, kaynak metalinde tane incelmeye ve alternatif akıma göre kaynak metalinin sertliğinde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Kaynak metalinden ölçülen çentik darbe test sonuçlarına göre darbeli akım ile gerçekleştirilen birleştirmelerin alternatif akım ile yapılan birleştirmelerden daha yüksek darbe dayanımı gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: TIG kaynağı, alüminyum, darbeli akım, mikroyapı.

THE EFFECT OF CURRENT TYPE ON WELDED METAL MICROSTRUCTURE AND IMPACT STRENGTH IN TIG WELDING OF ALUMINUM

ABSTRACT

In this study, AA 6063 T6 grade aluminum sheets were joined by TIG welding method using alternating and pulsed current. Impact and hardness tests on the joined parts were carried out for measuring the effects of current type on microstructure. Experimental studies showed that, pulsed current lead less heat input, grain refinement of weld metal and hardness increase than alternating current. Impact tests showed that the samples were welded by using pulsed current have more impact energy than that of welded by using alternative current.

Keywords: TIG welding, aluminum, pulsed current, microstructure.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Endüstride çevresel etkileri ve enerji tüketimini azaltma yönünde ağırlık ve fiyat indirimi sağlamak için teknolojik uygulamalar ve gelişmeler üzerine sürekli olarak araştırmalar yapılmaktadır. Büyük otomotiv firmaları ileri teknoloji malzemeleri ve imalat metotlarını kullanarak araç ağırlığını azaltmaktadırlar [1]. Bu yüzden alüminyum ve alaşımları endüstride geniş bir kullanım alanı bulmakta ve birleştirme gereksinimleri ortaya çıkmaktadır.

Alüminyum ve alaşımlarının birleştirilmesinde, ekonomik oluşu ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle genellikle TIG kaynağı tercih edilmektedir. TIG kaynağı; kaynak için gerekli ısı enerjisi bir tungsten elektrod ve iş parçası arasında oluşturulan ark tarafın-

dan sağlanan ve kaynak bölgesi de elektrodu çevreleyen bir nozuldan gönderilen asal gaz tarafından korunan kaynak yöntemidir [2-4].

Alüminyum birleştirmelerinde kaynak metalinin ve ısı tesiri altındaki bölge genellikle iri ve sütunsal tanelerden oluşmaktadır. Bu sonuç genellikle kaynak dikişinin mekanik özelliklerini ve sıcak çatlama direncini düşürmektedir. Bu nedenle, çok yüksek sıcaklık ve sıcaklık farklılıkları sebebiyle zor olmasına rağmen, kaynak dikişlerinin katılma mikroyapısının kontrolü araştırmacılar tarafından genellikle araştırılan bir durumdur. Bununla birlikte, geçmişten beri kaynak metalinde tane inceltmesi için birkaç metot başarıyla uygulanmıştır. Bu metotlar; aşılama ile heterojen çekirdeklenme, mikro parçacık ilavesi, yüzeye gaz üfleme ile yüzeyden katılmanın başlamasını sağla-

mak ve torç titreşimi gibi fiziksel karıştırma teknikleri olarak sıralanabilir [5-7]. Son zamanlarda darbeli akım üretebilen makinaların geliştirilmesiyle beraber farklı malzemeler üzerinde darbeli akımın kaynak metali tane yapısına olan etkileri de araştırmacılar tarafından incelenmeye başlanmıştır [8].

Yapılan araştırmalarda [9-11], yüksek elektrik ve ısı iletkenliğin kaynak işlemini olumsuz yönde etkilediği ve genellikle esas metalin fazlaca ısınmasına neden olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte, kaynaklı birleştirmede darbeli akım kullanıldığında esas metale uygulanan ısı girdisinin minimuma indiği ve ITAB'ın genişliğinin daraltılabildiği araştırmacılar tarafından rapor edilmektedir.

Yüksek ve düşük akım değerleri, bu değerlerin süresi ve darbe frekansından oluşan darbeli akım parametreleri, arkın kararlılığını, kaynak kalitesini, kaynak dikişi görünümünü ve kaynak dikiş geometrisini önemli ölçüde etkilemektedir. Darbeli ark, kaynak akımının yüksek akım ile düşük akım arasında hızlı biçimde artıp azalmasından oluşmaktadır. Kaynak çizgisinde birbiri üstüne binmiş puntalar biçiminde görüntü elde edilmektedir. Bu parametrelerin uygun seçimi düzensiz dikiş yüzeyi görünümü başta olmak üzere ergime boşluklarına, yanma oyuklarına ve yetersiz nüfuziyete neden olabilmektedir. Bu yüzden iyi bir kaynak için darbeli akım parametrelerinin uygun olarak seçimi çok önemlidir. Kaynak işleminde darbeli akım parametreleri birbirine bağlı ve karmaşık olması sebebiyle, kabul edilebilir özellikte bir kaynaklı birleştirme elde etmek için bu parametrelerin birbiriyle uyum içinde olmaları gerekmektedir [10,12].

Yapılan araştırmalarda [13,14], darbeli akımın kaynaklı birleştirmelerin ergime bölgesine ve mekanik özellikleri üzerine etkileri son zamanlarda birçok araştırmacı tarafından farklı özelliklerdeki malzemeler üzerinde incelenmektedir. Bu çalışmada, alüminyum levhalar TIG kaynak yöntemi ile alternatif akım ve darbeli akım kullanılarak birleştirilmiş ve kaynak metalinin mikroyapısı, kaynak metali çentik darbe dayanımı ve sertlik değişimleri incelenmiştir.

2. MALZEME VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

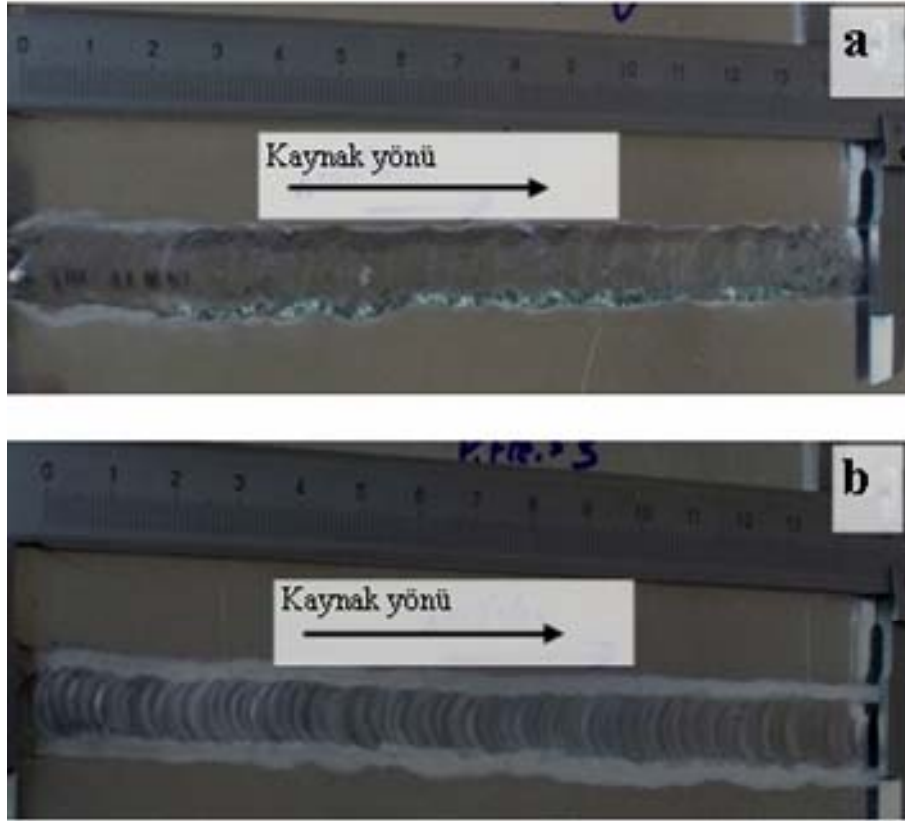
TIG kaynak yönteminin kullanıldığı bu çalışmada, 3 mm kalınlığa sahip hadde mamulü ticari AA 6063 T6 sınıfı, 75 HV sertlik değerindeki alüminyum levhalar farklı akım türleri (alternatif ve darbeli akım) kullanılarak birleştirilmiş ve birleştirmelerin mikroyapı, darbe dayanımı ve sertlik özellikleri araştırılmıştır. Birleştirilecek alüminyum levhalar 150x50 mm ebatlarında hazırlandıktan sonra yüzeyleri temizlenmiş ve aralarında 2,5 mm kalacak şekilde alın altına puntalama işlemine tabi tutulmuşlardır. Puntalanan parçalar bir altlık kullanılarak tek pasoda SG-AISI12 ilave metal ile birleştirilmiş ve açık havada soğumaya bırakılmışlardır. Birleştirme işlemleri invertör tipi kaynak makinası ile argon koruyucu gazı atmosferi altında yapılmış olup deneyler esnasında kullanılan kaynak parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Belirtilen parametreler dahilinde alternatif akım ve darbeli akım kullanılarak gerçekleştirilen birleştirmelere ait makroyapı fotoğrafları ise Şekil 1'de verilmiştir.

Farklı özellikteki kaynak akımının kaynak metali ve ITAB mikroyapısına olan etkilerini incelemek için kaynaklı parçalardan mikroyapı numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler gömme işleminden sonra standart metalografik numune hazırlama işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu numuneler daha sonra % 0.5'lik hidroflorik asit (0.5 HF+99.5 Saf su) çözeltisinden oluşan dağlayıcı ile dağlanmış ve mikroyapı incelemesi için hazır hale getirilmişlerdir. Hazırlanan numunelerden dijital kamera bağlantılı optik mikroskop kullanılarak mikroyapı fotoğrafları alınmıştır.

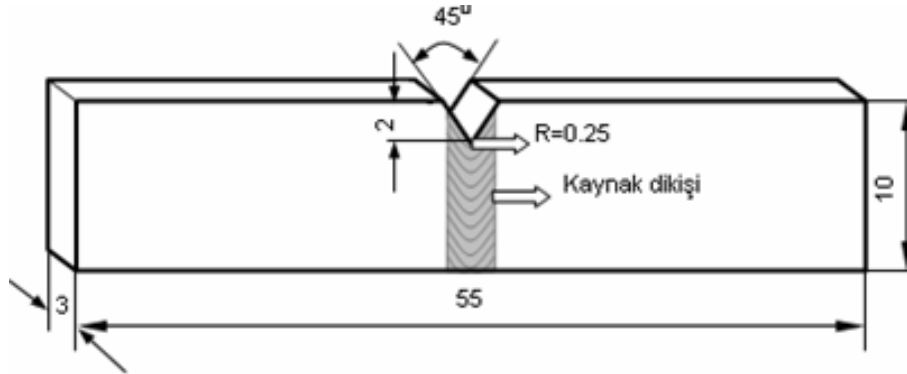
Hazırlanan mikroyapı numuneleri aynı zamanda sertlik ölçümü için de kullanılmışlardır. Sertlik ölçümleri, Vickers mikrosertlik ölçme cihazı ile yapılmış ve ağırlık olarak 0,5 kg yük kullanılmıştır. Kullanılan farklı özellikteki kaynak akım türünün, birleştirilen parçaların kaynak metali çentik darbe dayanımına olan etkilerini görmek amacı ile ana malzemeden ve her akım türünden 5 adet olmak üzere Şekil 2'de şematik olarak verilen çentik darbe deney numuneleri hazırlanmış ve teste tabi tutulmuştur. Kıрма işlemleri oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Birleştirme işleminde kullanılan parametreler (Parameters used at the joining process)

Parametre	Alternatif akım	Darbeli akım
Tungsten elektrod (mm)	2,4	2,4
İlave metal (mm)	2	2
Voltaj (V)	25	25
Amper (A)	130	-
Üst amper (A)	-	130
Alt amper (A)	-	60
Darbe frekansı (Hz)	-	6
Darbe zamanı (%)	-	50
Isı girdisi (kJ/mm)	1,5	1,1
Koruyucu gaz	Argon	Argon
Gaz akış oranı (l/dk.)	14	14
Kaynak hızı (mm/dk.)	130	130



Şekil 1. Kaynaklı parçalar a) Alternatif akım, b) Darbeli akım (Welded parts a) Alternative current, b) Pulsed current)



Şekil 2. Çentik darbe test numunesi şematik gösterimi (Schematic illustration of impact test specimen)

Gerçekleştirilen incelemelerden ve deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

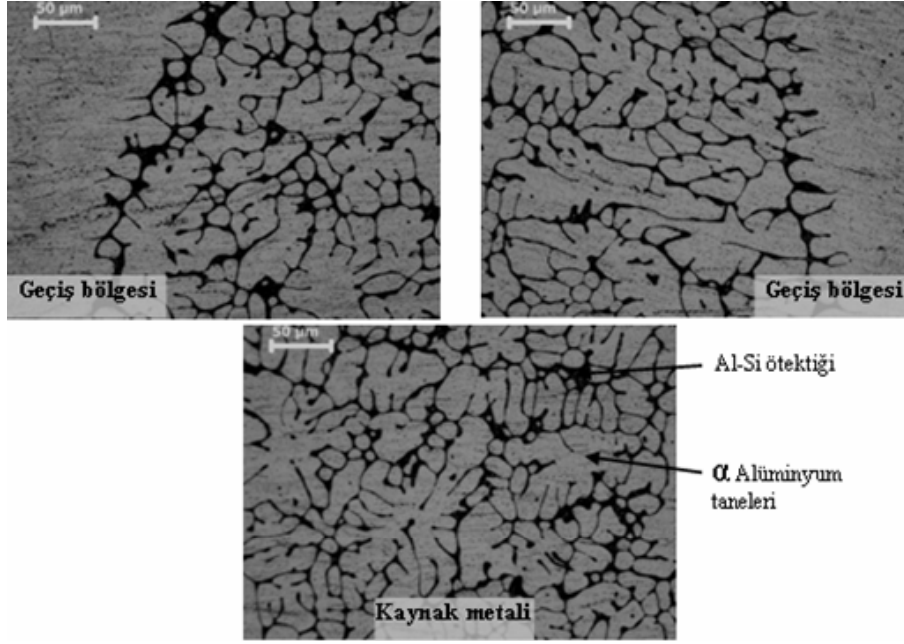
3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

Alternatif ve darbeli akım kullanılarak TIG kaynak yöntemi ile birleştirilen numunelerden aynı büyütme oranlarında elde edilen mikroyapı görüntüleri Şekil 3 ve 4'te verilmiştir. Şekil 3 alternatif akım kullanılarak birleştirilen numunelerin kaynak metali ve geçiş bölgesi mikroyapı fotoğraflarını, Şekil 4 ise darbeli akım kullanılarak birleştirilen numunelerin kaynak metali ve geçiş bölgesi mikroyapı fotoğraflarını içermektedir.

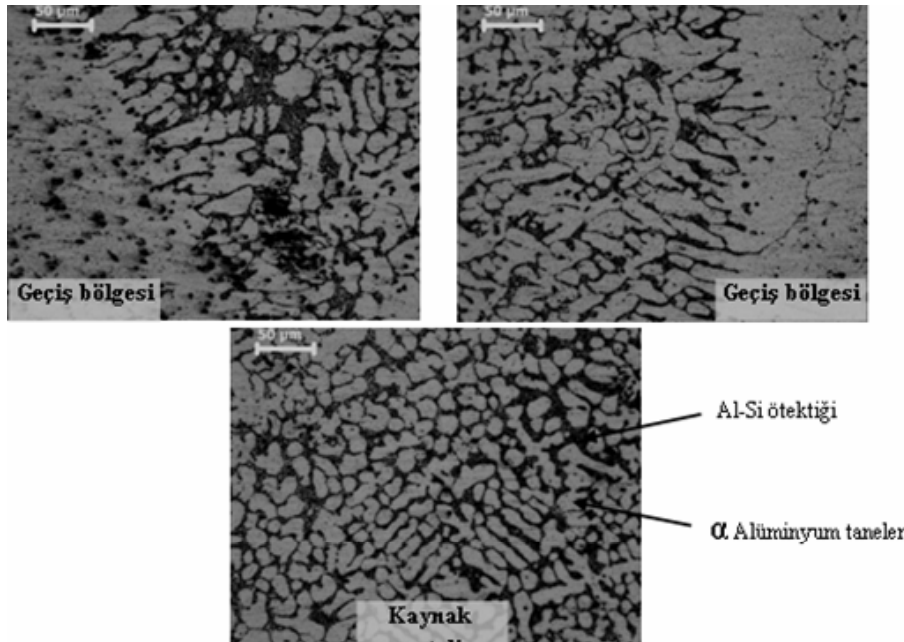
Şekil 3'te verilen alternatif akım kullanılarak birleştirilmiş numunelerin mikroyapı fotoğraflarında, ergitmeli kaynaklarda görülen tipik bir geçiş ve kaynak

metali görüntüsü görülmektedir. Bu görüntülerde, katılaşmanın ana metalin tanelerinden başladığı ve kaynak metali merkezine doğru dendritler şeklinde devam ettiği görülebilmektedir. Alüminyum ve alaşımlarında alışlagelmiş yöntem olarak kullanılan alternatif akımın kullanıldığı bu birleştirmelerin kaynak metali taneleri oldukça iri dendritler şeklinde oluşmuş ve alfa alüminyum taneleri (beyaz bölgeler) yapıya hakim olmuştur. Literatürde de [5,6,15], darbeli akım kullanılmadan gerçekleştirilen kaynak dikişlerinde iri ve sütunsal tanelerin oluştuğu belirtilmektedir. Bunun sebebi, ısı girdisinin yüksek oluşu, kaynak metali havuzunun geniş olması ve sonuç olarak katılaşmanın yavaş olmasıdır.

Şekil 4'te verilen, darbeli akım kullanılarak yapılan birleştirmelerin mikroyapı görüntülerine bakıldığında Şekil 3'teki görüntülerden farklı olduğu belirgin bir



Şekil 3. Alternatif akım kullanılarak birleştirilen numunelere ait mikroyapı resimleri (Microstructure pictures of the samples welded with alternative current)



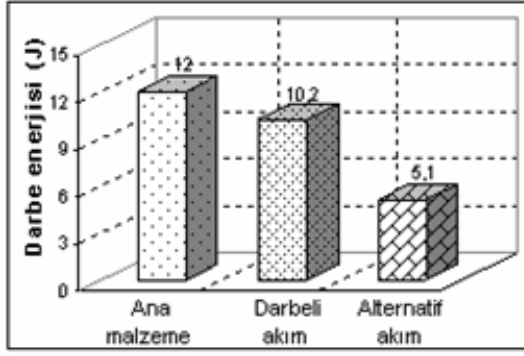
Şekil 4. Darbeli akım kullanılarak birleştirilen numunelere ait mikroyapı resimleri (Microstructure pictures of the samples welded with pulsed current)

şekilde görülmektedir. Burada tek farkın kullanılan akım türü olduğu düşünüldüğünde darbeli akımın kaynak metali tane özelliğine olan etkisi açıkça anlaşılabilir. Darbeli akım kullanılarak gerçekleştirilen birleştirmelerin kaynak metallere, yüksek akım (130 A) esnasında ergiyen metal, düşük akım (60 A) esnasında katılaşmakta ve bu yüzden tane irileşmesi için yeterince süre bulunmamaktadır.

Ayrıca düşük ısı girdisi sebebiyle, kaynak havuzu daha dar bir alanda oluşup kaynak metalinin katılaşma hızı artmaktadır. Bu nedenle, kaynak metalinde

oluşan taneler ince yapılı bir şekilde oluşmuş ve bu tanelerin etrafını alüminyum silisyum ötektiği (siyah bölgeler) çevrelemiştir. Literatürde [8,13], farklı malzemeler üzerinde yapılan çalışmalarda darbeli akımın kaynak metali tane yapısında incelmeye neden olduğu belirtilmektedir.

TIG kaynak yöntemi ile hem alternatif hem de darbeli akımda birleştirilen kaynaklı numunelerin kaynak dikişlerinden elde edilen çentik darbe dayanımları Şekil 5'te grafik olarak verilmiştir.



Sekil 5. Darbe testi sonuçları (Impact test results)

Şekil 5'te verilen test sonuçlarında, deneysel çalışmada kullanılan ana malzemenin darbe dayanımının 12 J, darbeli akım kullanılarak birleştirilen malzemenin kaynak metali dayanımı 10,2 J ve geleneksel alternatif akım kullanılarak birleştirilen malzemeye ait kaynak metalinin 5,1 J darbe dayanımı gösterdiği görülmektedir. Ana malzemeye nazaran, darbeli akım kullanılarak birleştirilen malzemelerin kaynak metali dayanımı yaklaşık %15 değer kaybederken, bu değer alternatif akım ile birleştirilen malzemelerin kaynak metalinde yaklaşık %58 olmuştur. Ayrıca, darbeli akım ve alternatif akım kullanılarak birleştirilen malzemelerin kaynak metalleri darbe dayanımları arasındaki oran %50 civarındadır. Bu farkın oluşumunda da etkin rolün kullanılan akım türü olduğu düşünüldüğünde darbeli akımın, dolayısıyla tane yapısının birleştirmelerin darbe dayanımına olan etkisinin oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır. Literatürde [9,11,14], kaynak metalinde oluşan ince taneli yapının, kaynak metali mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği belirtilmektedir. Ayrıca, farklı özelliklerdeki demir ve demir dışı malzemeler üzerine yapılan araştırmalarda [7,8,11,13], elde edilen bulgular, bu çalışmada kullanılan AA 6063 T6 alüminyum türü malzemelerin gösterdikleri özellikler ile uyum göstermektedir.

Tablo 2'de deneysel çalışmalarda kullanılan ana malzeme, ilave metal ve iki farklı akım türü ile birleştirilen parçalara ait kaynak metali sertlik değerleri verilmiştir. Darbeli akım sonucunda elde edilen kaynak metalindeki ince tane yapısı nedeniyle kaynak metali sertliği, alternatif akım kullanılarak elde edilen kaynak metali sertliğine göre farklılıklar göstermektedir.

Tablo 2'de verilen sertlik değerlerine bakıldığında deneysel çalışmada kullanılan, yapay yaşlanma metodu

Tablo 2. Mikrosertlik test sonuçları (HV₀₅) (Microhardness test results (HV₀₅))

Akım türü	Kaynak metali sertliği	Ana malzeme sertliği	İlave metal sertliği
Alternatif akım	53	75	70
Darbeli akım	65		

ile sertleştirilmiş ana malzemenin sertliğinin 75 HV ve tel çekme metodu ile elde edilen ilave metalin sertliğinin 70 HV olduğu görülmektedir. Alternatif akım kullanılarak birleştirilen parçaların kaynak metallerinden elde edilen sertlik değeri 53 HV olarak belirlenirken, bu değer darbeli akım ile birleştirilen parçaların kaynak metallerinde 65 HV olarak belirlenmiştir. Alternatif akım kullanılarak elde edilen kaynak metallerinde oluşan alfa alüminyum, ısı girdisinin çokluğu ve katılma süresinin uzunluğu sebebiyle iri dendritler oluşturmuş ve sertlik değerini düşürmüştür. Darbeli akım ile elde edilen kaynak metallerinde ise çok hızlı katılma nedeni ile alfa alüminyum, küçük ve ince taneli olarak meydana gelmiş, aynı zamanda yapıya alüminyum silisyum ötektiği hakim olmuştur. Bu nedenle darbeli akım ile elde edilen kaynak metallerinin sertlik değerleri, alternatif akım ile elde edilene nazaran daha yüksek bir değer almıştır.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Farklı özellikte akım kullanılarak AA 6063 T6 alüminyum levhaların TiG kaynak yöntemi ile birleştirildiği ve birleştirmelerin mikroyapı, darbe testi ve sertlik değerlerinin araştırıldığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1- Darbeli akım ile yapılan birleştirmelerde parçalara uygulanan ısı girdisi (üst ve alt amperden dolayı) alternatif akıma göre daha az olduğu tespit edilmiştir.
- 2- Alüminyum levhaların birleştirilmesinde alternatif akım yerine darbeli akım kullanıldığında kaynak dikişi daha dar bir hal almakta ve birbiri üzerine binmiş puntalar görünümünde oluşmaktadır. Bununla beraber kaynak havuzunun kontrolü daha rahat sağlanmaktadır.
- 3- Alternatif akım kullanılarak elde edilen kaynak metali taneleri iri dendritler şeklinde oluşurken, darbeli akım kullanıldığında kaynak metalinde daha ince taneler oluşmaktadır. Dolayısı ile darbeli akım kaynak metalinde tane incelmeye neden olmaktadır.
- 4- Birleştirme işleminde darbeli akım kullanımı, kaynak metalinin çentik darbe dayanımını alternatif akıma göre olumlu yönde etkilemektedir.
- 5- Darbeli akım ile elde edilen kaynak metali sertlik değerleri katılmanın hızlı olması nedeni ile alternatif akıma göre daha yüksek değerlerde bulunmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Richard, W. D., John S. V., Mark T. S., Stan, G. P., Mechanical properties of aluminum tailor welded blanks at super plastic temperatures, **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 128, 38-47, 2002.

2. Gourd, M. L., Principles of welding technology, Third Edition, Edward Arnold, A Member of the Hodder Headline Group, London Melbourne Auckland, London, 87-128, 1995.
3. Juang, S. C., Tarnng Y. S., Process parameter selection for optimizing the weld pool geometry in the tungsten inert gas welding of stainless steel, **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 122, 33-37, 2002.
4. Cary, H. B., Modern welding technology, Second Edition, AWS, 82-85, 1981.
5. Kou S, Le Y. Nucleation mechanism and grain refining of weld metal. **Weld. Journal**, 65-70, 1986.
6. M.V. Suresh; B. Vamsi Krishna; P. Venugopal; K. Prasad Rao, Effect of pulse frequency in gas tungsten arc welding of powder metallurgical preforms, **Science and Technology of Welding & Joining**, Volume 9, Number 4, pp. 362-368(7), August 2004.
7. T. Senthil Kumar et al., Influences of pulsed current tungsten inert gas welding parameters on the tensile properties of AA 6061 aluminum alloy, **Materials Design**, 28, 2080–2092, 2007.
8. V Balasubramanian et al., Effect of current pulsing on tensile properties of titanium alloy, *J Mater Design* (2007), doi:10.1016/j.matdes.2007.07.007.
9. S. Sundaresan et al., Microstructural refinement of weld fusion zones in α - β titanium alloys using pulsed current welding, **Materials Science and Engineering A**, Volume 262, Issues 1-2, 1, Pages 88-100, April 1999.
10. P. Praveen, P.K.D.V. Yarlagadda, M.J. Kang, Advancements in pulse gas metal arc welding, **Journal of Materials Processing Technology** 164–165, 1113–1119, 2005.
11. Shuyan Zhang, Fusong Jiang, Wenbin Ding, Microstructure and mechanical performance of pulsed current gas tungsten arc surface engineered composite coatings on Mg alloy reinforced by SiCp, **Mater. Sci. Eng. A**, doi:10.1016/j.msea.2008.01.033, 2008.
12. P.K. Palani, N. Murugan, Selection of parameters of pulsed current gas metal arc welding, **Journal of Materials Processing Technology** 172, 1–10, 2006.
13. M. Balasubramanian et al., Optimizing pulsed current parameters to minimize corrosion rate in gas tungsten arc welded titanium alloy, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, doi: 10.1007/s00170-007-1233-3.
14. M. Balasubramanian et al., A mathematical model to predict impact toughness of pulsed-current gas tungsten arc-welded titanium alloy, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, doi: 10.1007/s00170-006-0763-4.
15. Durgutlu A., Alüminyumun TIG kaynağında Argon-Hidrojen gaz karışımının mikroyapı ve mekanik özelliklere etkisi, **G.Ü.T.E.F. Politeknik Dergisi**, Cilt 10, Sayı 3, 271- 276, 2007.