



THE EXAMINATION OF METALLURGICAL PROPERTIES OF WELDED 6351 ALUMINUM ALLOYS WITH INERT GAS METHODS

Nurullah KIRATLI* & Salih Hakan YETGIN* & Mustafa INCI**

- * Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi
Bölümü, Kütahya, Türkiye, nkiratli@dumlupinar.edu.tr
** Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi
Bölümü, Kütahya, Türkiye, shyetgin@dumlupinar.edu.tr
*** Kütahya Endüstri Meslek Lisesi, makine Eğitimi Bölümü, Kütahya

ABSTRACT

In this research, 6351 aluminum alloys utilized in automotive, aircraft and defense industries are welded by using inert gas methods. At the end of processes, mechanical and micro-structural properties of welding area have been investigated and results have been compared.

As a result, it has been determined that mechanical properties of welding metal are primarily dependent on its chemical composition. It has been concluded that tensile strength and hardness properties of aluminum alloy have been increased by TIG welding application. It has also been observed that regarding elongation percentage of tensile strength and yield point criteria, TIG application has shown better specifications than MIG applications. Hardness of welding metal is close in to each other in both TIG and MIG welding. Metallographic tests represent that TIG welding results in thinner particle size while MIG has coarser particles size.

Keywords: 6351 Al Alloy, TIG and MIG welding, Mechanical properties.

GAZALTI KAYNAK YÖNTEMLERİ İLE BİRLEŞTİRİLEN 6351 ALÜMİNYUM ALAŞIMIN METALURJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada; otomobil, uçak ve savunma sanayiinde kullanılan 6351 alüminyum alaşımı gaz altı kaynak yöntemleri (TIG ve MIG) kullanılarak kaynak yapılmıştır. Yapılan kaynak işlemleri sonucunda kaynak bölgesinin, mekanik ve mikroyapısal özellikleri incelenmiş ve sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda, kaynak metalinin mekanik özelliklerinin birinci derecede kullanılan ilave telin kimyasal bileşimine bağlı olduğu belirlenmiştir. Yapılan çekme ve sertlik deneyleri sonucunda TIG kaynak yönteminin MIG kaynak yöntemine göre daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Kaynak metalinin sertlik değerleri karşılaştırıldığında her iki kaynak metalinin sertlik değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Metalografik incelemelere bakıldığında, TIG kaynağında daha ince tane boyutunun olduğu gözlenirken, MIG kaynak yönteminde daha iri tane boyutu olduğu gözlenmiştir.

1. GİRİŞ

Günümüzde alüminyum ve alaşımlarının, düşük ergime sıcaklığı, düşük yoğunluk, ısı ve elektrik iletkenliği, yüksek korozyon ve aşınma direnci gibi iyi özelliklerinden dolayı gıda, kimya, havacılık, askeri, uzay ve otomotiv gibi önemli alanlarda kullanımı gittikçe artmaktadır [1-5].

Alüminyum alaşımlarının uygulamalarında, kaynaklı birleştirme önemli tekniklerden biridir [2]. Gazaltı kaynak yöntemi, son on yıl içinde hızla gelişen ve dünyadaki kullanımı da bu gelişmeye paralel olarak hızlı bir artış gösteren, endüstrinin vazgeçemediği bir konuma gelen kaynak yöntemidir [6].

Endüstride alüminyum alaşımlarının kaynağında en çok kullanılan yöntemlerin başında TIG ve MIG kaynakları gelmektedir [7,8]. TIG kaynağı, ergimeyen (tükenmeyen) tungsten bir elektrod ile iş parçası arasında meydana gelen ark ve kaynak bölgesinin de asal bir gaz (argon, helyum, argon-helyum karışımı) tarafından korunduğu bir gazaltı kaynak yöntemidir. Bu kaynak yönteminde yüksek kalitede birleştirmeler elde etmek mümkündür [9-11]. TIG kaynağı en çok, alüminyum, magnezyum, bakır ve titanyum gibi diğer ergitmeli kaynak yöntemleri ile birleştirilmeleri oldukça güç olan düşük yoğunluklu metallerin kaynağında kullanılır [9,11,12]. MIG kaynağında ise ark, iş parçası ve kaynak

metali arasında ergiyen bir elektrod ile oluşur. Ark, helyum veya argon gazı altında yanar ve sürekli bir gaz akışı olduğu için kaynak banyosu atmosferden korunur [13]. Bu çalışmada, T6 ısıl işleme tabi tutulmuş 6351 Alüminyum alaşımı MIG ve TIG kaynak yöntemleri ile kaynak edilmiş, elde edilen birleştirmelerin mekanik özellikleri ve mikroyapıları incelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada, 10x50x3000 mm boyutlarında imal edilen ve T6 ısıl işleme tabi tutulan ETİAL 61 (AA 6351) alaşımı deney malzemesi olarak kullanılmıştır. 6351 alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri Çizelge 1’ de verilmiştir.

Çizelge 1. 6351 alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi (% ağırlıkça) ve mekanik özellikleri

Malzeme	Kimyasal Bileşim (% ağı.)									Mekanik Özellikler			
	Cu	Fe	Si	Zn	Mn	Mg	Ti	Cr	Al	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Sertlik (HV)	Kesme Dayanımı (N/mm ²)
6351	0.1	0.4	0.7	0.1	0.4	0.4	0.1	0.2	Kal	260	280	90	205

Kaynak işleminde, alüminyum alaşımında bulunan Cu, Fe ve Si oranları dikkate alınarak Çizelge 2’ de kimyasal bileşimi (% ağı.) ve mekanik özellikleri verilen ER 4043 (AlSi-5) ilave tel olarak seçilmiş, kaynak sırasında koruyucu gaz olarak da argon gazı kullanılmıştır. Kaynak yöntemleri için belirlenen parametreler Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. ER 4043 (AlSi-5) ilave telin kimyasal bileşim (% ağı.) ve mekanik özellikleri

Elektrot	Kimyasal Bileşim (% ağı.)									Mekanik Özellikler		
	Cu	Fe	Si	Zn	Mn	Mg	Ni	Al	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme dayanımı (N/mm ²)	Kopma uzaması (%)	
ER 4043 (AlSi-5)	0.1	0.5	4.5	0.1	0.2	0.1	0.1	Kal.	49	147	10	

Deney numunelerinin kaynak işlemleri; 20 °C’lik ortam sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan ilave tellerin rutubetsiz olmasına özen gösterilmiş, kaynak işleminde ise ters kutuplama yapılarak (-) kutup kaynatılacak malzemeye, (+) kutup ise elektrota bağlanmıştır. Kaynak işleminde deney numuneleri kaynaktan önce yaklaşık 300 °C’de bir ön tava tabi tutulmuş ve kaynak işlemine başlanmıştır. Yeterli ısıya ulaşmamış bir kaynak telinin kaynak metalinde gözeneklere yol açmasını önlemek için ark parçalardan yaklaşık

25 mm mesafeden başlatılmış ve hızla malzeme üzerine getirilmiştir. Parçalara soğumadan ardı ardına 3 paso kaynak işlemi uygulanmıştır. Kaynak işlemi biten deney numuneleri havada soğumaya bırakılmıştır.

Çizelge 3. MIG ve TIG kaynak parametreleri

Parametreler	TIG	MIG
Kullanılan malzeme	6351	6351
İlave tel	SG-AlSi5 (ER4043)	SG-AlSi5 (ER4043)
Koruyucu Gaz	Argon	Argon
Koruyucu Gaz Debisi	15 dm ³ / dakika	15 dm ³ / dakika
Kaynak Ağızı	V (60°)	V (60°)
İlave tel Çapı	8 mm	1.6 mm
Akım	300 A	320 A
Gerilim	28 V	30 V
Paso sayısı	Soğumadan ard arda 3 paso	Soğumadan ard arda 3 paso
Kaynak sırasında ortam ısısı	Oda sıcaklığı	Oda sıcaklığı
Ön ısıtmada kullanılan araç	Oksi Asetilen tertibatı	Oksi Asetilen tertibatı

Kaynak bölgelerinin mikroyapılarını incelemek amacıyla, numuneler 10 x 20 x 40 mm boyutlarına getirilerek enine kesitleri alınmıştır. Kesiti alınan numunelere sırasıyla 400, 600, 800, 1000 ve 1200 gridlik SiC zımpara kullanılmıştır. Zımparalanan numuneler 0,1µm'lik Al₂O₃ pasta kullanılarak parlatılmış ve parlatma işleminden sonra numuneler Keller ayracı (2ml HF + 3ml HCl + 5ml HNO₃ + 190ml Su) ile dağlanarak Huntz Wetzlar marka optik mikroskop yardımı ile görüntüleri alınmıştır.

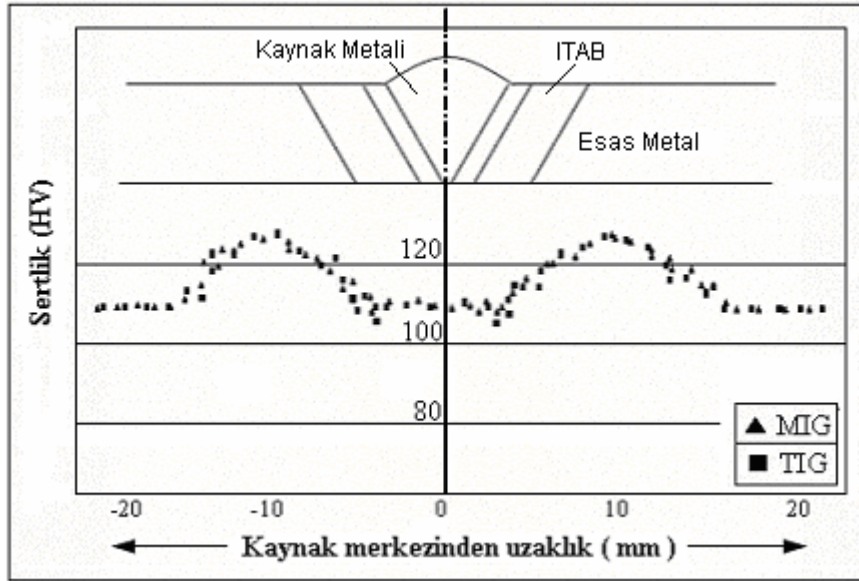
Sertlik ölçümleri Tronic HVS 1000 marka mikrosertlik ölçme cihazı ile (HV₁₀₀) 100g yük ve 20sn uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümleri kaynak metalinden ana malzemeye doğru 4 ayrı bölgeden (kaynak metali, ısının tesiri altında kalan bölge, geçiş bölgesi ve esas malzeme) 10'ar adet ölçüm yapılarak sonuçların aritmetik ortalamaları alınmıştır.

Çekme deneyi numuneleri TS 287 standardına uygun olarak hazırlanmış ve Instron 1114 marka çekme cihazında, oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Deneyler esnasında çene hızı 0.5 cm/dk olarak seçilmiş ve 2 kg'lık bir ön yük uygulanmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI

3.1. Sertlik Deney Sonuçları

Kaynaklı numunelere uygulanan sertlik deneylerinde; her bir kaynak yöntemi için üç adet numunenin değişik bölgelerinden alınan sertlik değerlerinin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Kaynak yöntemlerine göre sertlik değerlerinin değişimi Şekil 1’de ve varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4’de verilmiştir.



Şekil 1. Kaynak yöntemlerine göre sertlik değerlerinin değişimi

Çizelge 4. Sertlik değerlerinin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	P (%olasılık)
Tekerrür	5	0.375	0.075	8.40**	0.000
Kaynak tipi	1	0.000	0.000	0.000 ns	0.951
Kaynak bölgesi	3	3161.458	1053.819	1264583**	0.000
İnteraksiyon	3	0.167	0.056	6.670**	0.001
Hata	35	0.313	0.009	----	----
Genel	47	3162.313	----	----	----

ns: önemsiz , **: %1 önem seviyesinde istatistiksel olarak önemli.

S.D: Korelasyon Katsayısı

Şekil ve varyans analiz sonuçları incelendiğinde; geçiş bölgesindeki sertlik değeri esas metal ve kaynak metalinden yüksektir. Her iki kaynak metodu ile yapılan birleştirmelerde, kaynak metali sertlik değerleri yaklaşık olarak birbirine yakın çıkmıştır. Her iki kaynak yönteminde de ısı tesiri altındaki bölgede (ITAB) sertlik değeri en yüksektir. Yapılan analiz sonucunda kaynak yöntemleri arasındaki farkın önemsiz olduğu, kaynak bölgelerinin sertlik değerleri arasındaki farkın ise önemli olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, kaynak sırasında oluşan yüksek ısıdan dolayı malzeme içyapısındaki dislokasyon hareketleri ve kristal yapıda oluşan değişmelerin sebep olduğu söylenebilir.

3.2. Çekme Deneysel Sonuçları

Çekme deneyi sonucunda kaynak yöntemlerine göre elde edilen değerler Çizelge 5’de, çekme deneyi varyans analiz sonuçları Çizelge 6’da, esas malzeme ve kaynak numunelerinin gerilme-uzama grafiği ise Şekil 2’de verilmiştir. Her iki kaynak yöntemiyle birleştirilen numunelerin çekme gerilmesi ve akma gerilmesi değerleri Al-alaşımından daha düşük elde edilirken kopma gerilmesi ise daha yüksek elde edilmiştir. TIG ve MIG kaynağı ile üretilen numunelerde akma gerilmesi değerleri birbirine yakın elde edilmiştir. Bu sonuç akmanın kaynak metalinden başladığını göstermektedir.

Çizelge 5. Çekme deneyleri sonucu elde edilen mekanik özellikler

Kaynak Yöntemi	Numune	Mekanik Özellikler		
		Çekme gerilmesi (MPa)	Akma gerilmesi (MPa)	Kopma gerilmesi (MPa)
TIG	I	184	90	124
	II	183	88	123
	III	188	91	126
	Ortalama	185	90	125
MIG	I	176	89	119
	II	178	90	120
	III	179	90	120
	Ortalama	178	90	120
6351		265	148	110

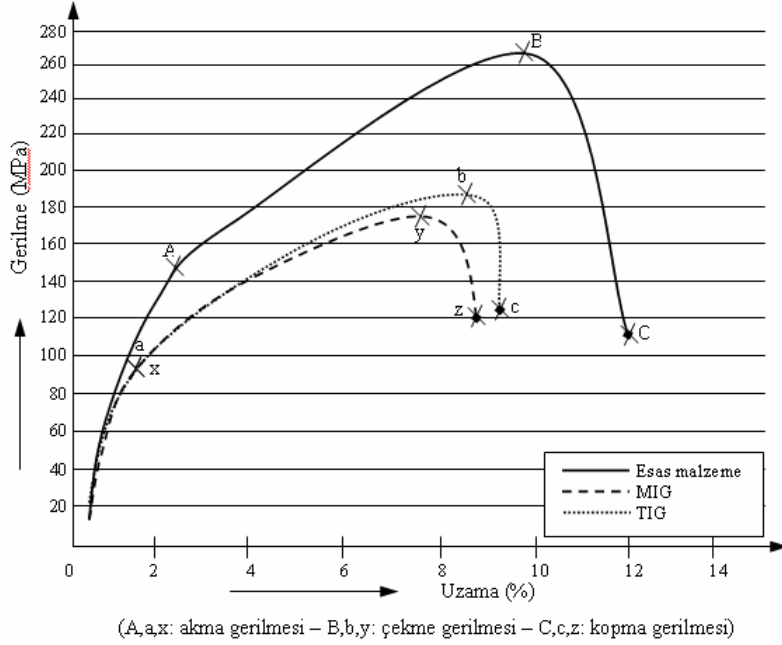
Çizelge 6. Çekme deneyi varyans analizi sonuçları

Çekme Gerilmesi					
V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F değeri	Olasılık (α)
Tekerrür	2	14.328	7.164	3.303ns	0.227
Kaynak tipi	1	80.661	80.661	37.184**	0.000
Hata	2	4.339	2.169	-	-
Genel	5	99.328	-	-	-

Akma Gerilmesi					
V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F değeri	Olasılık (α)
Tekerrür	2	2.332	1.166	0.777ns	0.563
Kaynak tipi	1	0.000	0.000	0.000ns	0.994
Hata	2	3.000	1.500	-	-
Genel	5	5.332	-	-	-

Kopma Gerilmesi					
V.K.	S.D.	K.T.	K.O.	F değeri	Olasılık (α)
Tekerrür	2	3.000	1.500	1.286ns	0.438
Kaynak tipi	1	32.667	32.667	28.000**	0.001
Hata	2	2.333	1.167	-	-
Genel	5	38.000	-	-	-

ns: önemsiz , **: %1 önem seviyesinde istatistiksel olarak önemli.
V.K: Varyasyon kaynakları K.O: Kareler ortalaması
S.D: Korelasyon katsayısı K.T: Kareler toplamı



Şekil 2. Esas malzeme, TIG ve MIG kaynak uygulamasının gerilme – uzama grafiği

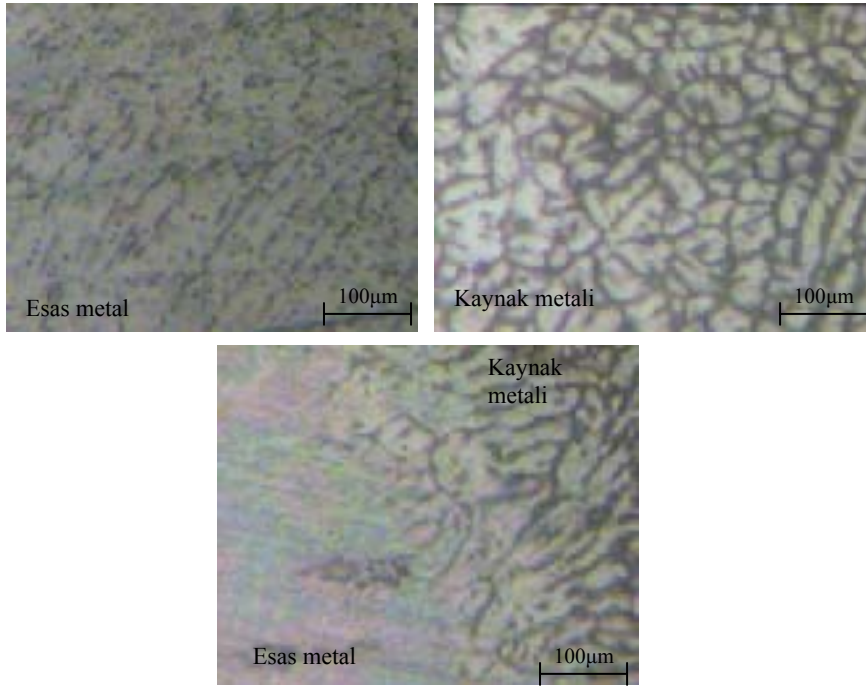
Çekme gerilmesi incelendiğinde; kaynak yöntemi, çekme gerilmesi değerleri üzerinde etkili olmuştur. TIG kaynağı ortalaması olan 185 MPa değeri MIG kaynağı 178 MPa ortalamasına göre daha yüksek bir çekme dayanımı göstermiştir. Bunun sebebi de kaynak sırasında TIG kaynağının MIG kaynağına göre daha az hatayla yapıldığını göstermektedir.

Esas malzeme ile kaynaklı numunelerin akma gerilmesi Şekil 2’de de görüldüğü gibi % 40 oranında düşmüştür. Çekme dayanımı yönünden bakıldığında ise TIG kaynak yöntemiyle elde edilen kaynaklı bağlantının, MIG kaynak yöntemiyle elde edilen kaynaklı bağlantıya göre % 4 daha yüksek çıkmıştır. Yapılan varyans analiz sonuçları da göstermektedir ki kaynak yöntemleri çekme ve kopma gerilmeleri yönünden önemli çıkmıştır. Bir başka ifadeyle çekme ve akma gerilmeleri kaynak yöntemlerine göre farklılık göstermiştir.

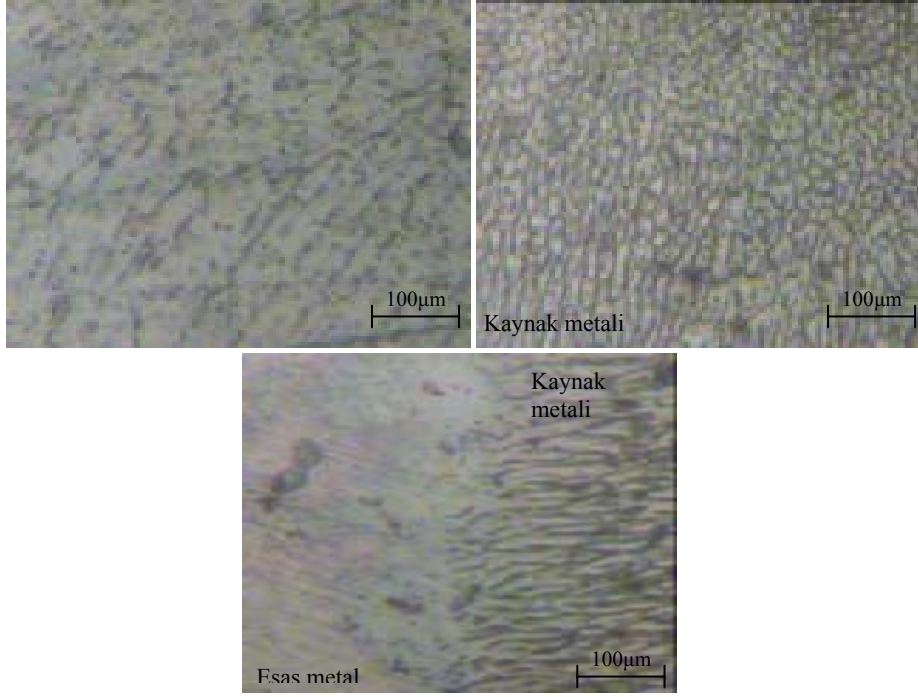
Alüminyum alaşımının kaynağı sırasında oluşan ısı etkisiyle ITAB’da çökeltilerden bir kısmı çözülmüştür. Kaynak işlemi sonunda soğumadan dolayı çözülmüş olan çökeltiler uygun olmayan büyüklük, biçim ve dağılımdan dolayı tekrar çökeltilerinden bu bölgenin çekme ve akma dayanımlarını düşürmüştür [14,15].

3.3. Optik Mikroyapı İncelemeleri

6351 alüminyum alaşımın kaynaklı birleştirmeleri sonucunda elde edilen ve Keller ayracı ile dağlanan MIG kaynağı mikroyapı görüntüleri Şekil 3’ de, TIG kaynağı mikroyapı görüntüleri de Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 3. MIG kaynağı optik görüntüleri (x100)



Şekil 4. TIG kaynağı optik görüntüleri (x100)

Şekiller incelendiğinde; kaynak metalinin katılaştıran bölgesi ile ısının tesiri altında kalan bölge (ITAB) mikroyapı bakımından esas metalden farklı bir yapı içerdiği görülmektedir. Mikroyapıda bulunan fazlar ve tane boyutu mekanik özellikleri etkileyen önemli bir faktördür. Kaynak havuzunun ısıdan etkilenen bölgeye yakın olan kısımların soğuma karakteristiği daha etkili ve daha hızlıdır. TIG kaynak yöntemi ile elde edilen kaynak metalinin MIG kaynak metaline göre daha ince taneli olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada yapılan deneysel çalışmalar sonucunda;

1. Kaynak yöntemlerinin mekanik özellikleri arasında karşılaştırma yapıldığında akma gerilmelerinde istatistiksel olarak önemli bir fark çıkmamıştır.
2. Kaynak yönteminin tipi, çekme gerilmesi değerleri üzerinde etkili olmuştur.

3. Geçiş bölgesindeki sertlik değeri, esas metal ve kaynak metalinden yüksektir. Her iki kaynak metodu ile yapılan birleştirmelerde, kaynak metali sertlik değeri yaklaşık olarak birbirine yakın çıkmıştır.
4. Her iki kaynak yönteminde de ITAB'da sertlik değeri en yüksektir. Kaynak bölgeleri arasındaki sertlik değerleri farkı ise önemlidir.
5. TIG kaynağında, MIG kaynağına göre daha ince tane boyutunun olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1]. 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.
- [2]. L. Laiping, C. Shanben, L. Tao, The modeling of welding pool surface reflectance of aluminum alloy pulse GTAW, *Materials Science and Engineering A* 394, 320–326, 2005.
- [3]. 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.
- [4]. H. Arık, M. Aydın, A. Kurt, M. Turker, Weldability of Al_4C_3 -Al composites via diffusion welding technique, *Materials and Design* 26, 555–560, 2005.
- [5]. 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.
- [6]. S. Yıldırım, N. Beköz, E. Oktay, Otomobil parçalarının gazaltı kaynağı ile birleştirilmesi, 10. Denizli Malzeme Sempozyumu ve Sergisi, 1056-1061, Nisan 2004.
- [7]. R. A. Owen, R. V. Preston, P. J. Withers, H. R. Shercliff, P. J. Webster, Neutron and synchrotron measurements of residual strain in TIG welded aluminium alloy 2024, *Materials Science and Engineering A* 346, 159–167, 2003.
- [8]. M. Czechowski, Low-cycle fatigue of friction stir welded Al-Mg alloys, *Journals of Materials Processing Technology* 164–165, 1001–1006, 2005.

- [9]. N. Kahraman, A. Durgutlu, 316L paslanamaz çelik ile bakır levhaların örtülü elektrod ve TIG kaynak yöntemi ile birleştirilebilirliğinin araştırılması, Teknoloji, Cilt: 8, Sayı: 1, s: 43-50, 2005.
- [10]. P. J. Modenesi, E. R. Apolinario, M. Pereira, TIG welding with single-component fluxes, Journals of Materials Processing Technology 99, 260–265,2000.
- [11]. A. Durgutlu, N. Kahraman, B. Gülenç, Bakır ve çelik levhaların örtülü elektrod ve TIG kaynak yöntemleri ile birleştirilmesi ve arayüzey özelliklerinin incelenmesi, J. Fac. Eng. Arc. Gazi Univ., Vol: 20, No:2, 183-189, 2005.
- [12]. Y. S. Tarng, H. L. Tsai, S. S. Yeh, Modeling, optimization and classification of weld quality in tungsten inert gas welding, International Journal of Machine Tools&Manufacture 39, 1427–1438, 1999.
- [13]. S. Anık, Kaynak tekniği el kitabı, yöntemler ve donanımlar, Gedik Holding,1991.
- [14]. Çelik, U., 1998 Alüminyum ve Alaşımlarının Kaynak Kabiliyeti, Yüksek Lisans Tezi,Osman Gazi. Üniv, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [15]. M. İnci, 2005, Gazaltı kaynak yöntemleri ile birleştirilen 6351 alüminyum alaşımın metalurjik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
11. Sayı Eylül 2006
Gazaltı Kaynak Yöntemleri ile Birleştirilen 6351 Alüminyum
Alaşımın Metalurjik Özelliklerinin İncelenmesi
N. KIRATLI & S. H. YETGİ & M. İNCİ

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
11. Sayı Eylül 2006
Gazaltı Kaynak Yöntemleri ile Birleştirilen 6351 Alüminyum
Alaşımın Metalurjik Özelliklerinin İncelenmesi
N. KIRATLI & S. H. YETGİ & M. İNCİ

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
11. Sayı Eylül 2006
Gazaltı Kaynak Yöntemleri ile Birleştirilen 6351 Alüminyum
Alaşımın Metalurjik Özelliklerinin İncelenmesi
N. KIRATLI & S. H. YETGİ & M. İNCİ

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
11. Sayı Eylül 2006
Gazaltı Kaynak Yöntemleri ile Birleştirilen 6351 Alüminyum
Alaşımın Metalurjik Özelliklerinin İncelenmesi
N. KIRATLI & S. H. YETGİ & M. İNCİ

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
11. Sayı Eylül 2006
Gazaltı Kaynak Yöntemleri ile Birleştirilen 6351 Alüminyum
Alaşımın Metalurjik Özelliklerinin İncelenmesi
N. KIRATLI & S. H. YETGİ & M. İNCİ

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
11. Sayı Eylül 2006
Gazaltı Kaynak Yöntemleri ile Birleştirilen 6351 Alüminyum
Alaşımın Metalurjik Özelliklerinin İncelenmesi
N. KIRATLI & S. H. YETGİ & M. İNCİ

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
11. Sayı Eylül 2006
Gazaltı Kaynak Yöntemleri ile Birleştirilen 6351 Alüminyum
Alaşımın Metalurjik Özelliklerinin İncelenmesi
N. KIRATLI & S. H. YETGİ & M. İNCİ

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
11. Sayı Eylül 2006
Gazaltı Kaynak Yöntemleri ile Birleştirilen 6351 Alüminyum
Alaşımın Metalurjik Özelliklerinin İncelenmesi
N. KIRATLI & S. H. YETGİ & M. İNCİ
