

FARKLI ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ TIG KAYNAK YÖNTEMİ İLE KAYNATILMASI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mehmet AYVAZ, Hakan ÇETİNEL*

Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 45140 Manisa, TÜRKİYE

Özet: Günümüzde, dövme alüminyum alaşımları arasında AA5083 ve AA6013 alüminyum alaşımları, havacılık, gemi inşa sanayi ve otomotiv sanayilerinde geniş ölçüde kullanılmaktadırlar. Kaynak kabiliyeti, mukavemet özellikleri ve ısıl işleme uygunluk bakımından farklılık gösteren bu iki alaşıma iki farklı elektrot teli (AlSi12 – AlSi5) kullanılarak TIG kaynak yöntemi ile kaynak uygulaması yapılmış ve 5083-AlSi12-5083, 5083-AlSi5-5083, 6013-AlSi12-6013, 6013-AlSi5-6013, 5083-AlSi12-6013, 5083-AlSi5-6013 olarak altı farklı numune parametresi elde edilmiştir. Numunelerin mekanik özellikleri mikro sertlik taramaları, çekme, charpy ve üç nokta eğme deneyleri ile araştırılmıştır

Anahtar Kelimeler: TIG, AA5083, AA6013, Kaynak, Üç Nokta Eğme

WELDING OF DIFFERENT ALUMINIUM ALLYOS BY TIG WELDING METHOD AND THE ANALYSIS OF THEIR MECHANICAL CHARACTERISTICS

Abstract: Today, AA5083 and AA6013 aluminum alloys among wrought aluminum alloys are widely used in aerospace, shipbuilding and automotive industries. These two alloys, which differ from each other from the point of view of weldability, endurance properties and being convenient for heat treatment, are welded by TIG welding method with two different electrodes (AlSi12 – AlSi5) and six different sample parameters have been obtained as 5083-AlSi12-5083, 5083-AlSi5-5083, 6013-AlSi12-6013, 6013-AlSi5-6013, 5083-AlSi12-6013, 5083-AlSi5-6013. Mechanical properties of the samples were investigated by the micro-hardness scans, tension, charpy and three point bending experiments

Keywords: TIG, AA5083, AA6013, Welding, Three Point Bending

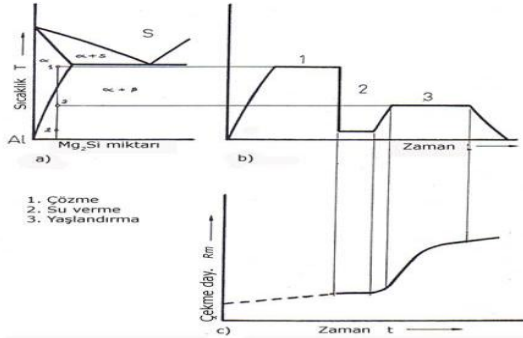
*Sorumlu yazar

hakan.cetinel@bayar.edu.tr

1. GİRİŞ

Alüminyum metalinden muhtelif alaşımlama ve farklı ısıl işlem şartı ile çok farklı fiziksel ve mekanik özellikler elde etmek mümkün olmuştur. Alüminyum alaşımlarının düşük yoğunluğu, kolay şekillendirilebilmesi, yüksek korozyon direnci, geliştirilebilen fiziksel ve mekanik özelliklerine sahip olması bu alaşımların kullanım alanını artırmaktadır. Mukavemeti çelikten düşük olsa da, kesit arttırılarak çeliğe eşdeğer mukavemet sağlanmaktadır. Birçok konstrüksiyonda alüminyum alaşımlarının kullanılması ağırlıkta düşme yaptığı için avantaj sağlamaktadır [1].

Birçok alüminyum alaşımı yaşlandırma sertleşmesi ile sertleştirilir. Bu sertleşen alaşımlarda yüksek mukavemet değerleri elde edilir (Şekil 1) [1]. Yaşlandırma ısıl işlemi üç safhada gerçekleştirilir. Çözeltiye alma, su verme ve yaşlandırma safhası. Yaşlandırma işlemi oda sıcaklığında tabii olarak veya 115–190 °C sıcaklık arasında 5–48 saat süre ile yapılan suni olarak yapılabilir [2].



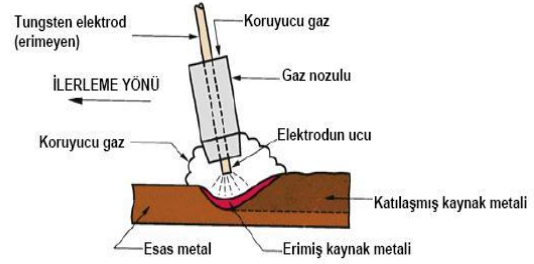
Şekil 1. Bir alüminyum alaşımında suni çöktürme sertleştirilmesi [3]

Alüminyumun diğer metallere göre özellikle çeliklerden farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri kaynak kabiliyeti üzerinde oldukça etkilidir. Bunlar;

- Alüminyumun yüzeyindeki oksit tabakası,
- Yüksek ısıl iletkenliği,
- Yüksek ısıl genleşme katsayısı,
- Düşük ergime sıcaklığı,
- Ergime sıcaklığına yaklaştığında renk değişimi göstermemesi (kısaca tav rengi göstermemesi)

Bu özellikler; alüminyumun kaynağı açısından dikkat edilmesi gereken ve kaynak kalitesini etkileyen en önemli faktörlerdir [4].

TIG kaynak yöntemi; ergitme esaslı buna karşın dolgu oranı düşük bir kaynak yöntemi olmasına karşın ısı girdisi yerel olduğundan ısı iletimi yüksek olan alüminyum ve alaşımlarının kaynağında çarpılmaları en aza indirdiği için tercih edilen bir gazaltı kaynak yöntemidir (Şekil 2). Bu yöntemde kaynak için gerekli olan ısı enerjisi, bir tungsten elektrot ve iş parçası arasında oluşturulan elektrik arkı tarafından sağlanmakta ve kaynak bölgesi de havanın olumsuz etkilerinden elektrot ile merkezlenmiş konumda bulunan bir nozülde gönderilen bir koruyucu gaz (He veya Ar veya He+ Ar karışımları) ile korunmaktadır. TIG kaynağında, doğru ya da alternatif akım kullanılabilir. Fakat alüminyum alaşımlarının kaynağında alternatif akım kullanılması gerekir [5].



Tungsten Inert Gaz (TIG) kaynağı

Şekil 2. TIG Kaynak Yönteminin Şematik Gösterimi [6]

2. MALZEME VE METOT

Deney malzemeleri olarak AA5083 ve AA6013 alüminyum alaşımları kullanılmıştır, kaynak telleri olarak AlSi12 ve AlSi5 seçilmiştir. Aşağıdaki tablolarda (Çizelge 1, 2) kullanılan numune malzemelerinin kimyasal kompozisyonları ve mekanik özellikleri verilmektedir :

Çizelge 1. 6013 ve 5083 Alüminyum Alaşımlarının Bileşim Limitleri

ABD AA	Almanya DIN	Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr
6013	AlMg1Si0,8CuMn	0,5	0,6–1,00	0,6–1,10	0,2–0,8	0,8–1,2	0,25	0,10	0,10
5083	AlMg4,5	0,40	0,40	0,10	0,4–1,00	4,0–4,9	0,25	0,15	0,05–0,25

Çizelge 2. AA6013 ve AA5083 Alüminyum Alaşımlarının Mekanik Özellikleri

Alaşım	Temper	Akma Mukavemeti (MPa) min - max	Çekme Mukavemeti (MPa) min - max	Uzama (%50) min - max	Sertlik (Brinel) min - max
AA6013	T651	359	379	5	Max130
AA5083	HX2	205-240	310-330	16	85-90

6013 alaşımının mukavemet özelliklerinin yaşlandırma ile yükseltilebildiği, 5083 alaşımına ise ısı işlem uygulanmadığı ancak soğuk şekillendirme ile sertleştirilebildiği bilinmektedir [7].

Kaynak kabiliyeti, mukavemet özellikleri ve ısı işlemine uygunluk bakımından farklılık gösteren bu iki alaşıma iki farklı elektrot teli (AlSi12 – AlSi5) kullanılarak TIG kaynak yöntemi ile kaynak uygulaması yapılmıştır. Numunelerin mikro sertlik taramaları, charpy ve üç nokta eğme deneyi sonuçları incelenerek karşılaştırılmıştır.

Değişken parametreleri olarak şunlar seçilmiştir:

- Esas metallerin ikisi de AA5083 olan ve AlSi5 elektrot teli ile kaynatılmış numuneler: 5083-AlSi5
- Esas metallerin ikisi de AA5083 olan ve AlSi12 elektrot teli ile kaynatılmış numuneler: 5083-AlSi12
- Esas metallerin ikisi de AA6013 olan ve AlSi5 elektrot teli ile kaynatılmış numuneler: 6013-AlSi5

- Esas metallerin ikisi de AA6013 olan ve AlSi12 elektrot teli ile kaynatılan numuneler: 6013-AlSi12
- Esas metallerin birisi AA5083, diğer AA6013 olan ve AlSi5 elektrot teli ile kaynatılan numuneler: 5083-AlSi5-6013
- Esas metallerin birisi AA5083, diğer AA6013 olan ve AlSi12 elektrot teli ile kaynatılan numuneler: 5083-AlSi12-6013

Bunlara ek olarak 6013 alaşımının olduğu 6013-AlSi12-6013, 6013-AlSi5-6013, 5083-AlSi12-6013, 5083-AlSi5-6013 kaynak numunelerinin bir kısmı yaşlandırma ısı işlemine tabi tutulmuş [8], sertlik taraması yapılmış ve charpy ve üç nokta eğme sonuçları önceki sonuçlarla karşılaştırılarak incelenmiştir.

Kaynak parametreleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 3):

Çizelge 3. Kaynak Parametreleri

Kullanılan Akım	:	Alternatif Akım
Gaz Akış Debisi	:	7 lt/dk
Elektrod Tipi,Çapı	:	Tungsten 2,4 mm
Balans Aralığı	:	4 (alternatif akım)
Kaynak Hızı	:	3 mm/sn
Kaynak Akımı	:	70 Amper
Koruyucu Gaz	:	Argon

Çizelge 4. AlSi12 ve AlSi5 Kaynak Tellerinin Tipik Analizi (%)

Elektrot	Si	Mn	Fe	Cu	Mg	Ti	Al
AlSi12	12	0,15	0-60	0,20	-	-	88
AlSi5	5	0,05	0,40	-	0,05	0,15	88

Çizelge 5. AlSi12 ve AlSi5 Kaynak Tellerinin Mekanik Özellikleri

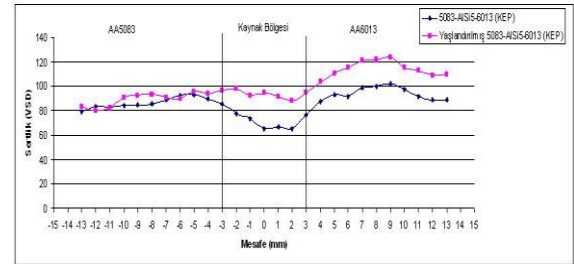
Elektrot	0.2 % Akma Mukavemeti [N/mm ²]	Çekme dayanımı [N/mm ²]	Uzama [%]
AlSi12	>60	>130	>5
AlSi5	>40	>120	>8

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Mikro Sertlik Deneyi Sonuçları

Sertlik ölçümleri, KEP bölgesinden olmak üzere Anametal -Geçiş Bölgesi – Kaynak Bölgesi – Geçiş Bölgesi – Anametal şeklinde yapılmıştır.

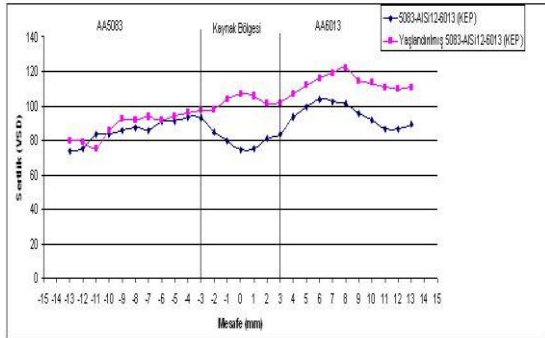
Şekil 3.'te 5083-AlSi5-6013 ve yaşlandırılmış 5083-AlSi5-6013 numunelerinin sertlikleri karşılaştırılmıştır (Çizelge 4,5). Burada beklediğimiz gibi AA5083 tarafında sertlik değerlerinde artış gözükmezken, kaynak bölgesinin ve AA6013 ana metal bölgesinin sertlikleri artmıştır. Bu bize AA5083 ana metalden kaynak metaline, sertlik olarak yumuşak bir geçiş sağlamıştır.Yani AA5083 ve kaynak metali arasındaki uyumluluk artmıştır.



Şekil 3. 5083-AlSi5-6013 ve Yaşlandırılmış 5083-AlSi5-6013 KEP Bölgesi Sertlik Dağılımları

Şekil 4.'te 5083-AlSi12-6013 ve yaşlandırılmış 5083-AlSi12-6013'ün sertlikleri kıyaslanmıştır. AA5083 alaşımı çökeltme sertleştirmesinden etkilenmediği için sertleşmemiş ancak AA6013 ve özellikle AlSi12 kaynak bölgesinin sertliği arttırılmıştır. Burada hem AA5083-Kaynak Bölgesi arasındaki hem de AA6013-Kaynak Bölgesi

arasındaki uyumun arttığı, geçişlerin daha yumuşak olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 5083-AlSi12-6013 ve Yaşlandırılmış 5083-AlSi12-6013 KEP Bölgesi Sertlik Dağılımları

3.2. Eğme Deneyi Sonuçları

Çizelge 6.'da eğme deneyi sonuçları gösterilmektedir. Maksimum çökme ve maksimum kuvvet değerleri karşılaştırıldığında numunelerin rijitlikleri hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Çizelgedeki değerler bize AlSi12 kaynağının AlSi5'e göre daha rijit

olduğunu göstermektedir. Ayrıca Yaşlandırma işlemine tabii tutulan parçalarda maksimum kuvvet artarken maksimum çökme miktarı düşmektedir. Bu bize yaşlandırma işleminin rijitliği artırdığını, malzemenin daha gevrek bir hal aldığını göstermektedir.

3.3. Charpy Darbe Deneyi Sonuçları

Çizelge 7.'ye baktığımızda 5083-AlSi5'in 5083-AlSi12 ye göre, 6013-AlSi5'in 6013-AlSi12 ye göre ve 5083-AlSi5-6013 numunesinin 5083-AlSi12-6013 numunesine göre daha tok bir yapıda olduğu görülmektedir. Yani AlSi5 kaynaklı malzemeler AlSi12 kaynaklı malzemelere göre toklardır.

AA6013 alaşımı içeren kaynaklı bağlantılar yaşlandırma işlemine tabii tutulmuştur ve yaşlandırma öncesi ve yaşlandırma sonrası kaynak metali çentik darbe işleri karşılaştırılmıştır. Grafikler ve tablodan göreceğimiz gibi yaşlandırma işlemiyle, malzeme daha gevrek, daha rijit bir hal almakta, tokluğun düştüğü görülmektedir.

Çizelge 6. Eğme Deneyi Sonuçları

Numune	No	Max Kuvvet (kN)	Max Çökme (mm)	Hasar	Hata
5083-AlSi5	1	1,075	10,18	Yok	-
5083-AlSi5	2	0,82	9,05	Yok	-
5083-AlSi12	3	1,175	7,27	Yok	-
5083-AlSi12	4	1,21	6,048	Yok	-
6013-AlSi5	5	0,6	9,64	Var	Cüruf
6013-AlSi5	6	0,85	15,18	Yok	-
6013-AlSi12	7	0,57	9,32	Var	Cüruf
6013-AlSi12	8	0,61	11,00	Yok	Boşluk
5083-AlSi5-6013	9	0,46	7,04	Var	Cüruf
5083-AlSi5-6013	10	0,76	11,00	Yok	-
5083-AlSi12-6013	11	0,66	11,31	Var	Boşluk
5083-AlSi12-6013	12	0,92	14,87	Yok	-
6013-AlSi5-Yaşlan.	13	0,86	17,02	Var	Boşluk
6013-AlSi12-Yaşlan.	14	0,81	9,01	Var	Cüruf
5083-AlSi5-6013 Yaşlandırılmış	15	0,95	8,35	Var	Boşluk
5083-AlSi12-6013 Yaşlandırılmış	16	1,17	8,89	Yok	-

Çizelge 7. Charpy Deneyi Sonuçları

Malzeme	Çentik Darbe İş (J)	
5083-ALSi5	Kaynak Metali	16
	Difüzyon Çizgisi	10,5
5083-ALSi12	Kaynak Metali	15
	Difüzyon Çizgisi	9,5
6013-ALSi5	Kaynak Metali	15
	Difüzyon Çizgisi	9,5
	Yaşlandırma Sonrası Kaynak Metali	13
6013-ALSi12	Kaynak Metali	14
	Difüzyon Çizgisi	9
	Yaşlandırma Sonrası Kaynak Metali	12
5083-ALSi5-6013	Kaynak Metali	15,5
	Difüzyon Çizgisi(5083)	10,5
	Difüzyon Çizgisi(6013)	9,5
	Yaşlandırma Sonrası Kaynak Metali	13
5083-ALSi12-6013	Kaynak Metali	15
	Difüzyon Çizgisi(5083)	11
	Difüzyon Çizgisi(6013)	9,5
	Yaşlandırma Sonrası Kaynak Metali	12

4. SONUÇLAR

1. ALSi5 elektrot teli kullanılarak elde edilen kaynak dikişinde sertlik değerleri ALSi12 elektrot teli kullanılarak elde edilen kaynak metaline göre daha düşük olmaktadır. Sertlik ve mukavemet arasında bir doğrusal ilişki olduğu göz önünde bulundurulursa ALSi5 elektrot teli kullanılarak elde edilen kaynak dikişinin mukavemetinin ALSi12 elektrot teli kullanılarak elde edilen kaynak metaline göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.
2. Yaşlandırma işlemi öncesi sertlik değerleri incelendiğinde, en yüksek sertlik değerinin geçiş bölgesinde, en düşük sertlik değerinin ise kaynak metallere olduğu görülmektedir. Bu fark bazı durumlarda 40 Vickers sertlik değerine kadar çıkmaktadır. Bunun sonucu olarak kaynaklı birleştirmede uyumsuzluk daha fazla ortaya çıkmaktadır ve birleştirmenin kırılma yönünden en hassas bölgesi geçiş bölgesi olmaktadır.
3. Yaşlandırma işleminin sertlik değerlerine etkisini 5083-ALSi5-6013

ve 5083-ALSi12-6013 kaynaklı bağlantıları için değerlendirilirse:

- Yaşlandırma işlemi ile sertlik artışı ALSi12 kaynak bölgesinde ALSi5 kaynak bölgesine göre daha fazladır. ALSi12'nin ALSi5'e göre daha yüksek sertleşme göstermesi içeriğindeki Silisyum'un fazla olmasından kaynaklanmaktadır.
- AA5083 esas metalinde yaşlandırma işlemi sonrası sertlik artışı elde edilememiştir ancak kaynak bölgesine yakın geçiş bölgelerinde, AA5083 esas metale Si difüzyonundan dolayı sertlikte bir miktar yükselme olmuştur.
- Yaşlandırma işlemi ile birlikte AA6013 esas metalinde 20-30 Vickers sertlik artışı sağlanmıştır.
- Kaynaklı birleştirmedeki ALSi5, ALSi12 kaynak metallere yaşlandırma işlemi ile sertleştirilmesi ancak AA5083 esas metalinin yaşlandırma ile sertleştirilememesi, kaynak metalinin sertlik değerlerini AA5083 alaşımının ve geçiş bölgesinin sertlik değerlerine yaklaştırmıştır. Bu durum da

yukarıda bahsedilen esas metal-geçiş bölgesi-kaynak metali arasındaki uyumsuzluğu ortadan kaldırmıştır. AA5083 esas metal ile AlSi5 veya AlSi12 kaynak metalleri arasında çok iyi bir uyum sağlanmıştır.

4. Yaşlandırma işleminin öncesinde ve sonrasında yapılan üç nokta eğme deneyi sonuçları, yaşlandırma işleminin yaşlanabilir kaynaklı birleştirmeleri daha rijit bir hale getirdiğini göstermiştir.
5. Yaşlandırma işlemi öncesinde ve sonrasında yapılan Charpy darbe tokluk deneyi sonuçları, yaşlandırma işlemi ile birlikte AlSi5 ve AlSi12 kaynak metallerinde, çökeltme sertleşmesinin gerçekleştiği AA6013, kaynak metali arasındaki difüzyon çizgisinde ve silisyum difüzyonu sonucu sertleşen AA5083, kaynak metali arasındaki difüzyon çizgisinde tokluk değerlerinin düştüğünü göstermiştir.
6. Yapılan deneyler 5083-kaynak metali-6013 kaynaklı birleştirmesinde, hem AlSi5 hem de AlSi12 kaynak metalleri için en yüksek sertlik ve mukavemet değerlerinin kaynak metali-6013 geçiş bölgesinde olduğunu fakat gevreklik açısından da en hassas bölgenin burası olduğu göstermiştir.

Geliş Tarihi: 26/04/2010

KAYNAKLAR

- [1] Yükler, İ., “Alüminyum Alaşımlar ve Isıl İşlemleri”. İstanbul, 150-200 (2000).
- [2] Şaldır, R., “Alüminyum ve Alaşımlarının Kaynak Kabiliyeti”, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2003).
- [3] Akça, H., “TIG Yöntemiyle Kaynak Edilen Alüminyum ve Alaşımlarının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2006).
- [4] Kaluç, E., Taban E., “Alüminyum ve Alüminyum Alaşımlarının MIG Kaynağı”, Metal Dünyası, Sayı. 144, Sayfa. 130-141, Mayıs 2005.
- [5] Anık, S., “Makine Mühendisliği El Kitabı Üretim ve Tasarım, Kaynak Teknolojisi”, A. Cerit (Der.), TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2, 222s., 1996.
- [6] <http://kaynakteknolojisi.com/images/tig.JPG>
- [7] Timaç, G., “Uçak Endüstrisinde Kullanılan Alüminyum Alaşımlarının TIG Kaynak Yöntemiyle Kaynaklanabilirliğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [8] Varlı, A.E., “Fatigue crack growth behaviour of AA6013 aluminum alloy at different aging conditions. MSc Thesis.”, ODTÜ, Ankara, 2006.

Kabul Tarihi: 09/06/2011

