

ALÜMİNYUM ALAŞIMLARINDA SİLİSYUMUN KAYNAK DİKİŞİ MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Nurettin YAVUZ

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Bursa

ÖZET

Alüminyum birim ağırlık başına yüksek mukavemet özelliği, güvenilirliği, uzun ömürlü oluşu, tasarım esnekliği, ısı performansı, yüksek geri kazanım oranı gibi özellikleri nedeniyle kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Alüminyum ve alaşımlarının kaynak edilebilir özelliklerinin ve kaynaklı parçaların mekanik özelliklerindeki iyileşme kullanım alanını daha da genişletecektir. Bu çalışmada, seçilen Etial 7 alüminyum malzemesine % 1 bakır ve % 2, 3, 4, 5 silisyum ilavesi yapılarak elde edilen parçalar Metal İner Gaz (MİG) kaynağı ile kaynatıldı. Kaynaklı parçalardan standartlara uygun numuneler hazırlandı. Bu numuneler üzerinde yapılan sertlik, çekme ve çentik darbe deneyleri ile kaynak dikişinin mekanik özellikleri incelendi.

Anahtar Kelimeler : Alüminyum alaşımları, Kaynak, Kaynak kabiliyeti

INVESTIGATION INTO THE EFFECTS OF SILISIUM IN ALUMINIUM ALLOYS ONTO THE MECHANICAL PROPERTIES OF WELDING JOINT

ABSTRACT

Since aluminium is a good heat and electric conductor, opaque and especially has high strength per unit weight when alloyed, it has widespread using areas in industry. The weldability of aluminium and aluminium alloys and improvement of mechanical properties of welded parts will extend the usage area. In this study, the parts manufactured by adding Cu 1 % and Si 2, 3, 4, 5 % to Etial 7 aluminium material has been welded using Metal Inert Gas (MIG) technique. Mechanical properties of welding joint have been examined by hardness, tension and impact tests.

Key Words : Aluminium alloys, Welding, Weldability

1. GİRİŞ

Alüminyum alaşımları; hafif olmaları, birim ağırlık başına yüksek mukavemet değerlerine sahip olması, elektrik ve ısı iletkenliklerinin yüksek olması, çeşitli elementler ile birleşerek yüksek özellikli alaşımlar oluşturması, birtakım kimyasal etkilere dayanabilmesi, ısı işlem uygulamaları ile endüstride yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Elektronik, gıda, kimya, uzay, uçak, petrol ve inşaat endüstrileri önemli kullanım alanlarıdır

(Ulucak, 1995). Ayrıca askeri araçlar ve ekipmanlarda, içten yanmalı motorlarda, demiryolu ve denizyolu donatımlarında, alet, takım, cihaz, ev araçları, mobilya, boya ve ambalaj işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanlarının bu kadar yaygın oluşu, alüminyum endüstrinin vazgeçilmez malzemesi haline getirmiştir. Bunda önemli etkenlerden biri de alüminyum ve alaşımlarının kaynak edilebilir olmasıdır.

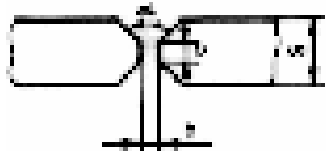
Saf alüminyum özellikleri çok sınırlı olduğundan endüstride alaşımlandırılarak kullanılır.

Tablo 1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Alüminyum Alaşımlarının Spektral Analizleri

MATERYAL NO:	ALAŞIM ELEMENTLERİ VE % ORANLARI						
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Al
1	2.88	1.81	1.16	0.00654<	0.00074	0.00664	94.09
2	2.86	1.52	1.25	0.00833	0.00367	0.00663	94.31
3	1.94	1.19	1.51	0.01770	0.00329	0.00686	95.31
4	1.33	0.921	1.68	0.14000	0.00590	0.00542	95.89

MATERYAL NO:	ALAŞIM ELEMENTLERİ VE % ORANLARI					
	Ni	Cr	Pb	Sn	Ti	Sb
1	0.00639	0.01150<	0.00200<	0.0050	0.0169<	0.0030
2	0.00585	0.01070<	0.00200<	0.0050	0.0153<	0.0030
3	0.00510	0.00815<	0.00200<	0.0050	0.0113<	0.0030<
4	0.00326	0.00691<	0.00200<	0.0050	0.0092<	0.0030

Tablo 2. Kaynak Ağzı Ölçüleri (Beer ve Johnston, 1981)

Kaynak Ağzı	Sembol	S (mm)	α°	b (mm)	c (mm)	Kaynak Yapılışı
	X	10	90	2	3	Her iki taraftan

Tablo 3. Kaynak İlave Metali ER 4043'ün Kimyasal Bileşimi (ASM 1980)

Alaşım Elementi	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Diğer Elementler		Al
								Herbiri	Toplam	
% Oranı	4.5-6	0.8	0.3	0.05	0.05	0.1	0.2	0.05	0.15	Kalanı

Dayanımın çökme sertleşmesi ile arttırılabileceğinin tesbit edilmesi ve alüminyum alaşımlarının arttırılabileceğinin tesbit edilmesi ve alüminyum alaşımlarının çeşitlendirilmesinde çok büyük rol oynamıştır (Güleç ve Aran 1985). En önemli alaşım elementleri ise silisyum, bakır ve magnezyumdur (Oguz, 1990). Alüminyumun özelliği, içerisinde bulundurduğu alaşım elementlerine ve oranlarına çok sıkı bağlıdır. Kaynak edilebilirlik özelliği de bunlardan biridir. Alüminyum oksijene karşı çok duyarlı olması nedeniyle açık ortamda ısıtılması yüzeyde alüminyum oksit oluşturmaktadır. Kaynak işlemi sırasında da bu olay gerçekleşmektedir. Oksidinin ergime sıcaklığı alüminyumun ergime sıcaklığının çok üzerinde olması alüminyum alaşımlarının kaynağında problemler oluşturmaktadır (Davies, 1984). Bu nedenle, alüminyum kaynağının yapılabilmesi özel teknik ve donatılar gerektirmektedir. Bu teknik ve donatılar ile oksit oluşumu engellenerek diğer malzemelerin kaynağı gibi alüminyumun da kaynağı kolaylıkla yapılabilir hale gelmiştir.

2. DENEYLERDE KULLANILAN MALZEME VE YÖNTEM

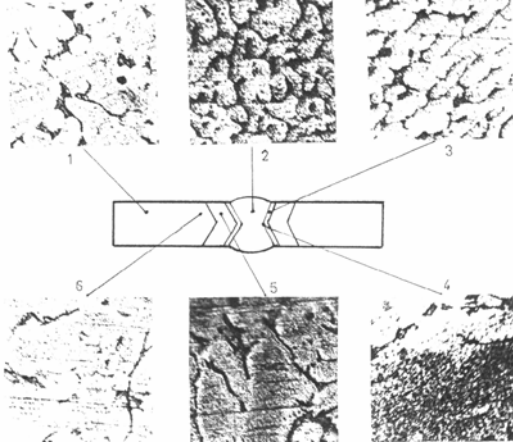
Kaynak işleminde kullanılan ana malzeme % 99.5 saflıkta alüminyum içerisine % 1 bakır katılmış alüminyum alaşımıdır. Bu alüminyum alaşımına % 2

(Materyal no: 1), % 3 (Materyal no: 2), % 4 (Materyal no: 3), % 5 (Materyal no: 4), silisyum ilave edilerek deney malzemesinin kimyasal kompozisyonu oluşturulmuştur (Tablo 1).

130 x 75 x 30 mm ölçülerinde çelik kalıp içerisine dökülerek elde edilen deney numuneleri, segregasyonu gidermek için homojenleştirme tavlama tabii tutulmuştur. Bu işlem ile, 480 °C'de 18 saat fırında tutma ve çok yavaş soğutma uygulanarak, homojen bir yapının elde edilmesi amaçlanmıştır.

Döküm parçalar üniversal freze tezgahında 115 x 35 x 13 mm boyutunda ve kaynak yapılacak 115 mm boyutundaki kenara, Tablo 2'de verilen ölçülerde kaynak ağzı açılarak numuneler kaynak işlemine hazırlanmıştır. Talaşlı imalat esnasında, iç yapının oluşacak yüksek ısıdan etkilenmemesi için, 1/5 oranında bor yağlı soğutma sıvısı kullanılmıştır.

Hazırlanan parçaların kaynağında standart Metal İner Gaz (MİG) kaynağı kullanılmıştır. Kaynak gerilimi 25 V, akım şiddeti 225-300 A, elektrod pozitif kutba bağlı ve koruyucu gaz olarak argon kullanılarak kaynak yapılmıştır. Kaynak işleminde kullanılan ilave tel olarak, kaynak yapılan ana metale uyumu esas alınarak Tablo 3'de kimyasal bileşimi



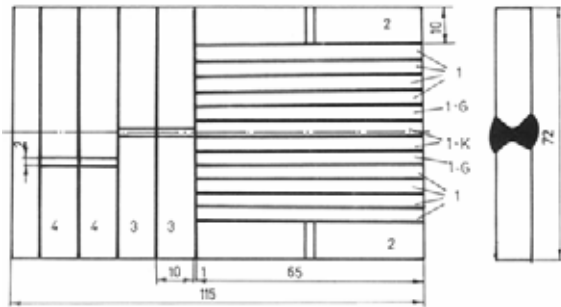
Şekil 1. Kaynak ve geçiş bölgelerinin mikroyapı fotoğrafları (x 600)

verilen 1.2 mm çapında, ER 4043 standart numaralı ilave tel elektrod kullanılmış ve kaynak işlemi sırasında serbest tel uzunluğu 12-14 mm, torç açısı ise 30° seçilmiştir (Griffin, 1984). Kaynak yapılacak iki plaka kaynak işleminden önce 2 mm aralıklı yan yana getirilip, iki kenarından yaklaşık 12 mm içeriden puntalandıktan sonra kaynak yapılmıştır.

Kaynaklı numunelerde, kaynak dikişinin eksenine dik yönde mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılacak numunelerin uygun yerlerden alınmasını sağlamak ve kaynak işleminin etkili olduğu bölgeleri tesbit etmek amacıyla kaynak dikiş ekseninden dışa doğru 3'er mm aralıklarla mikroyapı fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 1).

Kaynak işlemi tamamlanmış plakaların 115 x 72 boyutundaki yüzeylerinden 1.5 mm derinliğinde talaş kaldırmak suretiyle daha homojen ve düzgün fiziksel biçim oluşturulmuştur. İşlenmiş kaynaklı parçalardan Şekil 2'de konumları belirtilen yerlerden çekme, çentik darbe deney numuneleri çıkarılmıştır.

1 ile gösterilen numuneler ana malzemeye ait çekme numuneleri, 1-G ile gösterilen deney numuneleri,



Şekil 2. Kaynaklı plakalardan deney numunelerinin alındığı bölgeler

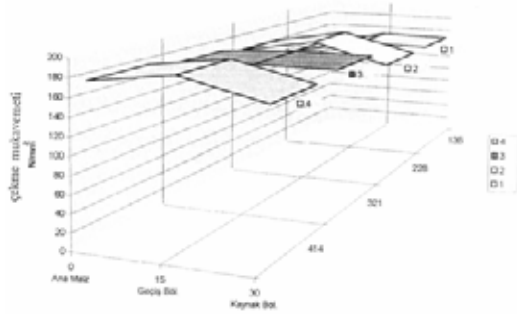
kaynak geçiş bölgesinden alınmış çekme deney numuneleri, 1-K ile gösterilen deney numuneleri de kaynak bölgesinden alınmış çekme deney numuneleridir. 2 ile gösterilen numuneler ana malzemeye ait çentik darbe, 3 ile gösterilenler kaynak dikiş bölgeleri, 4 ile gösterilenler de kaynak bölgeleri çentik darbe deney numuneleridir. Çekme ve çentik darbe deney numuneleri, freze tezgahında kesilerek hazırlanmıştır.

3. DENEYSEL BULGULAR

Malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde en önemli deney, çekme deneyidir. Deney sonuçlarının karşılaştırılabilir olması için deneylerde kullanılan numuneler aynı şartlarda DIN 50125'e göre imal edilmiştir. Standart boyutlardaki numuneler DIN 51221'e uygun çekme cihazında, aynı şartlar altında çekilerek kopartılmıştır. Çekme deneyine esas numunelerin spektral analiz sonucuna göre alaşım elementleri ve oranları ile çekme deneyi sonucu elde edilen çekme mukavemet değerleri tesbit edilmiştir. Her bir dört alaşıma ait ikişer adet kaynaklı plaka olduğundan bu plakaların her birinden ana malzeme, geçiş ve dikiş bölgelerine ait toplam 24 adet çekme deney sonuçları Şekil 3'de grafikler ile gösterilmiştir.

Ana malzeme, geçiş ve kaynak bölgelerindeki çekme mukavemet değerleri incelendiğinde, her dört alaşımda da geçiş bölgesi mukavemet değerleri diğer bölgelere ait mukavemet değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Çekme mukavemeti bakımından bir sıralama yapılacak olursa, geçiş bölgesi en yüksek, ana malzeme düşük ve kaynak bölgesinin ise en düşük olduğu görülür.

Çentik darbe deneyinde kopma anına kadar şekil değiştirme işi ölçülür. Deneylerde DIN 50115'de standartlaştırılmış sarkaçlı darbe cihazları kullanılmıştır. Deneylerde, 55 mm boyutunda ve bir kenarı 10 mm olan kare prizma şeklindeki parçanın orta kısmına 2 mm genişliğinde, 3 mm derinliğinde



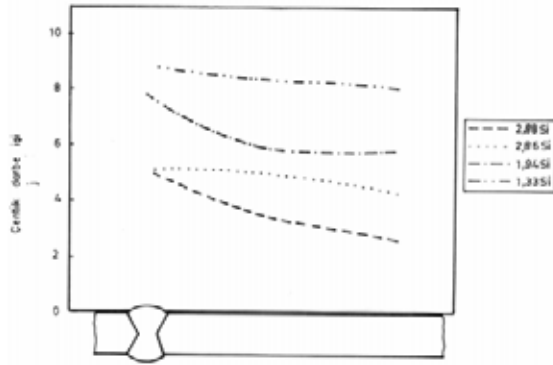
Şekil 3. Çekme deney sonuçları

Tablo 4. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Numunelerin Çentik-Darbe Sünekliği

Materyal	Ana malzeme (J)				Geçiş bölgesi (J)				Dikiş bölgesi (J)			
	2.1	3.1	2.2	3.0	2.8	4.4	4.0	3.2	5.5	7.3	4.6	5.7
1	2.1	3.1	2.2	3.0	2.8	4.4	4.0	3.2	5.5	7.3	4.6	5.7
2	3.8	4.3	5.1	4.0	3.1	6.3	5.8	4.8	4.2	6.8	3.8	5.9
3	4.3	7.3	5.2	6.1	5.5	6.0	6.9	5.6	8.7	11.8	3.8	8.0
4	7.6	6.2	10.1	8.3	9.2	8.6	8.0	7.8	-	-	-	-

Tablo 5. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Dört Ayrı Materyale Ait Sertlik Değerleri

MATERYAL	KAYNAK BÖLGESİ (HR-30T)	GEÇİŞ BÖLGESİ (HR-30T)	ANA MALZEME (HR-30T)
1	13.26	23.65	24.28
2	14.1	22.33	24.25
3	10.3	10.9	16.22
4	3.6	4.82	7.7



Şekil 4. Kaynak bölgeleri boyunca silisyum miktarının çentik darbe değerlerine etkileri

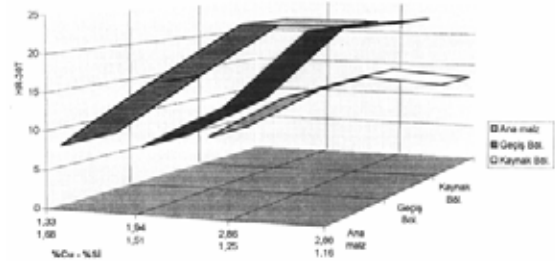
U biçiminde çentik açılmış standart numuneler kullanılmıştır. Çentik darbe deney sonuçları Tablo 4'de toplu olarak verilmiştir. Değer yazılmayan numunelerin kırılmadığı izlenmiştir.

Çentik darbe deney sonuçları incelendiğinde, % ağırlık olarak daha fazla miktarda bulunan silisyumun etkin olduğu görülmüştür. Her dört alaşımda da silisyum miktarı arttıkça buna paralel olarak kırılma enerjisi de arttığı yani sünekliğin düştüğü tesbit edilmiştir (Şekil 4).

Silisyum miktarı % 2.88 olan alaşımda ana malzemesinin çentik darbe işi 2.6 J olarak elde edilirken, silisyum miktarı % 1.33 olan alaşımda ana malzemesinin çentik darbe işi 8 J olarak tesbit edilmiştir. Silisyumun etkinliğinin sıcaklığın artışı ile azaldığı gözlemlenmiştir. Söz konusu bu alaşımlarda

ısıdan etkilenmeyen ana malzemelerin çentik darbe işi yaklaşık 5.4 J iken ısıdan etkilenen geçiş bölgesinde 4.8 J, kaynak bölgesinde ise 2.5 J olduğu görülmüştür.

Sertlik, bir cismin kendisinden daha sert başka bir cismin batma etkisine karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Batıcı ucun şekli, sertliği, yükün tür ve büyüklüğü sertlik değerlendirmesinin tesbitindeki önemli faktörlerdendir.



Şekil 5. Kaynaklı parçalarda belirli bölgelerin sertlik değerleri

Sertlik ölçümlerinde Rockwell yönteminin HR-30 T versiyonu (30 kg muayene yükü ve 1/16 inc çapında küresel batıcı uç) olan ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Deneylere esas malzemelere ait sertlik değerleri Tablo 5'de verilmiştir

Deneylerde kullanılan dört alaşımda kaynak bölgelerinin, geçiş bölgelerinin ve ana malzemelerin sertlik değerlerindeki değişimler mukayeseli olarak değerlendirildiğinde, her üç bölgenin silisyuma göre

değişimi sertliğinin, silisyum miktarının artışı ile arttığı görülür (Şekil 5).

Bu artış miktarı bölgelere göre değişmektedir. Bu farklılıkların ana malzeme ile geçiş bölgesi arasında daha az, geçiş bölgesi ve kaynak bölgesi arasında daha belirgin olduğu görülür.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Alüminyum dünyada en çok kullanılan metallerden biridir. Saf halde iken sınırlı özelliklere sahip olduğu için, alaşımlandırılarak kullanılmaktadır. Yüksek mukavemet/ağırlık oranına sahip olması ve diğer birçok iyi nitelikleri, alüminyum alaşımlarını demir esaslı alaşımlardan sonra en çok kullanılan metal haline getirmiştir. Alüminyum kaynağındaki teknolojik gelişmeler, onun kullanım alanını daha da genişletmiştir.

Günümüzde iyi sonuç veren ve daha kolay kaynak edilebilir alüminyum alaşımları da üretilmeye başlamış ve buna paralel olarak konu ile ilgili araştırma çalışmaları yoğunlaşmıştır.

Alüminyum alaşımlarının ısıyı yüksek hızla iletmesi özelliklerinden dolayı kaynağın etkisinin kaynaklı bölgeden uzaklaştıkça değiştiği görülmüştür. Bölgeler arasında mikroyapısal değişimler meydana gelmektedir. Bu yapısal değişim, alüminyum malzemelerinin çalışma sırasındaki davranışlarını ve kaynak niteliklerini etkileyebilmektedir. Bölgeler arası bu değişimler üzerinde kaynak hızı, süresi, parçaların kalınlık ve geometrisi de etken olabilmektedir. Deneye esas dört ayrı alaşımın kaynatılmasında bu etkenler ve diğer tüm kaynak parametreleri aynı tutulmuş olup, bunların değişik oranlarda alaşım elementleri bulundurmalarına karşın, sıcaklık karşısında benzer özellikleri olduğu belirlenmiştir.

Alüminyum alaşımlarının koruyucu gaz kaynak yöntemiyle yapılan kaynaklı birleştirmelerinde, ısıdan etkilenen bölgenin, mikroyapı fotoğraflarından da görüldüğü gibi, kaynağın ergime çizgisinden başlayarak ana malzemeye doğru geniş bir alan oluşturmadığı görülür.

Çekme mukavemeti nitelikleri bakımından en zayıf bölgenin ısı etkisi altındaki bölge olduğu görülmüştür. Genel olarak alaşımlarda çekme mukavemetleri, kaynak bölgelerinde düşük, geçiş bölgelerinde yüksek, ana malzemelerde ikisi arasında bir değer tesbit edilmiştir. Kaynaklı bölgenin çekme mukavemetindeki bu düşüş, kaynak ilave metalinin özelliğinden ve kaynak banyosunda

sıkışıp kalan gazların gözenekleri oluşturmasından kaynaklanabilir. Geçiş bölgesindeki çekme mukavemetinin yüksek olması ise kısmi bir çökme sertleşmesine bağlanabilir.

Sertlik değerleri ise, kaynak bölgesinden uzaklaştıkça yükselmiş; kaynak bölgesi düşük, geçiş bölgesi yüksek, ana malzeme ise daha yüksek olarak belirlenmiştir. Isıdan etkilenmeyen ana malzemenin sertlik değerlerinin değişmediği kabul edilirse, ısıdan etkilenme derecesine göre sertlik değerlerinde

değişmeler gözlenmiştir. Yani, ısının en yüksek olduğu kaynak bölgelerinde sertlik değerlerinin en düşük olduğu diğer bölgelerde de ısıdan etkilenme derecesine göre yükseklik arzettiği tesbit edilmiştir.

Çentik darbe mukavemeti bakımından da dört alaşım benzer özellikler göstermiştir. Alaşım özelliklerine göre belli değerlerde olan ana malzemelerin süneklikleri ısıdan etkilenme derecesine göre geçiş bölgesinde az bir artışla birlikte kaynak bölgelerinde bariz bir yükselme göstermiştir. Dört ayrı alaşım da çentik darbe mukavemeti değerlerinin sıcaklığın etkisi ile benzer şekilde etkilendikleri söylenebilir.

Endüstride yaygın olarak kullanılan alüminyum alaşımlarının kaynağında alaşım elementlerinin kaynak dikişi ve ısı etkisi altındaki bölgelerin özelliklerine etkileri incelenmiş olup, bu çalışma yaygın olarak kullanılan ve kaynak işlemi uygulaması gerekli olan alüminyum alaşımlarının bilinçli seçilmesine yardımcı olacaktır.

5. KAYNAKLAR

ASM, 1980. International Handbook Committee. Metals Handbook, Welding Brazing and Soldering. Volume 6. Metals Park Ohio, USA.

Beer, P. F. ve Johnston, E. R. 1981. Mechanics of Materials, McGraw-Hill, Ryerson Lt. New York.

Davies, A. C. 1984. The Science and Practice of Welding, Cambridge U. Pres, London.

Griffin, I. H., Rodan E. ve Briggs, C. 1984. TIG and MIG Welding, Delmar Publisher Inc.

Güleç, Ş., Aran, A. 1985. Malzeme Bilgisi, Tügam Matbaası, Gebze.

Oğuz, B. 1990. Demir Dışı Metallerin Kaynağı, Erdini Basım ve Yayınevi, İstanbul.

Ulucak, T. 1995. Alüminyum Dünyası, Mısırlı Matbaacılık A. Ş., İstanbul.