

ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ KAYNAKLANABİLİRLİĞİ VE KAYNAK PARAMETRELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERE VE MİKROYAPIYA ETKİSİ

Cemil ÇETİNKAYA* Süleyman TEKELİ* Osman KURTULUŞ**
* Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA
** Hendek Endüstri Meslek Lisesi , ADAPAZARI

ÖZET

Bu deneysel çalışmada, ticari saflıkta E3 (1030 serisi), E5 (1050 Serisi) ve E30 (3003 serisi) dan oluşan üç farklı türdeki alüminyum alaşımları, TIG ve MIG gazaltı kaynak yöntemi ile Ar ve Ar+%25 He karışımları altında Sg-AlMg₅ ve Sg-AlSi₅ ilave kaynak telleri ile birleştirilmiştir. Kaynak edilen malzemelerin mikroyapı ve mekanik özellikleri incelenmiş olup; akma ve çekme mukavemet değerleri yönünden en yüksek değer Ar gazı ve AlMg₅ alaşımlı kaynak teli kullanılarak TIG kaynak yöntemi ile birleştirilen E30 kodlu alüminyum alaşımından elde edilmiştir. En yüksek darbe enerjisi ise, E5 kodlu alüminyum alaşımının Ar+%25 He karışım gazı altında AlMg₅ ilave kaynak teli kullanılarak TIG gaz altı kaynak yöntemi ile birleştirilen numuneden elde edilmiştir. Her üç numunenin de kaynak bölgelerinde, tane boyutunun küçüldüğü, buna paralel olarak sertliklerinin arttığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Alüminyum Alaşımları, Mekanik Özellikler, MIG ve TIG Kaynak Metodları, Kaynak Parametreleri.

THE WELDABILITY OF ALUMINIUM ALLOYS AND THE EFFECT OF WELDING PARAMETERS ON MECHANICAL PROPERTIES AND MICRO STRUCTURE

ABSTRACT

In this study, three different aluminium alloys, Coded E3 (1030 series), E5 (1050 Series) and E30 (3003 Series) in commercial purity were welded by TIG and MIG welding methods under Ar and Ar + %25 He gas mixtures and using Sg-AlMg₅ and Sg-AlSi₅ welding wires. The welded alloys were mechanically and microstructurally investigated. The highest values in terms of tensile and yield strengths were obtained in E30 series alloy welded by TIG welding method using Ar gas with AlMg₅ welding wire. The highest impact energy was recorded in E5 series alloy welded by TIG welding using the gas mixture of Ar+%25 He and AlMg₅ welding wire. It was seen that grain size of the welded areas of three Al alloys was finer while the hardness values are reaching the highest values in the weld metals.

Key Words : Aluminium Alloys, Mechanical Properties, MIG and TIG Welding Methods.

1. GİRİŞ

Alüminyum endüstri alanına her ne kadar kurşun ve çinkoya oranla daha sonra girmiş ise de, endüstri alanındaki hızlı gelişme ve mekanik özellikleri iyi olan malzemelere duyulan ihtiyaç talebi alüminyumun demirden sonra ikinci sıraya çıkmasına neden olmuştur.

Alüminyum alaşım tekniğinin gelişmesi ile geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur. Yüksek elektrik ve ısı iletkenliğine sahip olması, atmosferik korozyon direnci şekillendirilme kolaylığı, yüksek çekme mukavemetine sahip alüminyum alaşımlarının meydana getirebilmesi ve hafif olması en büyük avantajlarından.

Ergiyen elektrod ile gaz altı kaynağının en yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri de alüminyum ve alaşımlarının kaynağıdır. Alüminyum alaşımlarında bakır, magnezyum ve çinko en fazla

kullanılan elementlerdir. Alüminyum alaşımları içerdikleri alaşım elementlerinin türüne göre sınıflandırdıkları gibi ısıtım işlem sonucu mukavemet özelliklerinin değiştirilip, değiştirilmeyeceğine göre sertleşebilir ve sertleşemeyen alaşımlar olmak üzere iki gruba ayrılırlar (2,3).

Bu çalışmada üç farklı alüminyum alaşımının, iki farklı alaşımdaki kaynak telleri ile MIG ve TIG gazaltı kaynak yöntemleri ile kaynaklanabilirliği ve kaynak parametrelerinin mikroyapı ve mekanik özelliklere etkileri incelenmiştir.

2. MALZEME VE METOT

2.1. Malzeme

Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimleri Çizelge 1’de, bu malzemelere ait kaynak öncesi mekanik özellikler Çizelge 2’de, telin ve koruyucu gazın kimyasal bileşimi ise Çizelge 3 ve 4’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deney numunelerinin kimyasal bileşimi (% Ağırlık)

Malzeme Kodu	Al	Fe	Si	Cu	Zn	Ti	Ni	Sn	Mn	Cr	Mg
E3	99,30	0,40	0,25	0,05	0,08	0,03	0,0020	0,0025	--	--	--
E5	99,50	0,30	0,10	0,05	0,05	0,04	0,0015	0,0010	--	--	--
E30	99,10	0,35	0,05	0,10	0,05	0,05	0,0010	0,005	0,20	0,05	0,05

Çizelge 2. Kaynak öncesi deney numunelerinin mekanik özellikleri

Malzeme Kodu	Akma Muk. N/mm ²	Çekme Muk. N/mm ²	%Uzama	Sertlik (HB) Kg/mm ²
E3	25	70	3	20
E5	25	70	3	20
E30	35	110	2,5	28

Çizelge 3. Kaynak tellerinin kimyasal bileşimleri (%Ağırlık)

Simge	% Element								
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
(SG-AlMg ₅)	4,5-6	0.8	0.30	0.05	0.05	--	0.10	0.20	Kalanı
(SG-AlSi ₅)	3,5-5	0.50	0.10	0.05-2	4,5-5	0.05-20	0.10	0.06-20	Kalanı

Çizelge 4. Deneylerde kullanılan koruyucu gazlar.

Sıra No	% Argon	% Helyum
1	100	--
2	75	25

Deneylerdeki MIG kaynağı uygulamalarında, ESAB 450 marka hava soğutmalı, TIG kaynağından yararlanılmış ve bunlara ait kaynak parametreleri aşağıya çıkartılmıştır (4).

MIG Kaynağı İçin Kullanılan Kaynak Parametreleri

Koruyucu gaz : Argon

Kaynak akımı : 100-20 A

Kaynak gerilimi : 14-5 V

Kaynak teli : Sg-AlMg₅

Kaynak teli çapı : 1.2 mm

Ön ısıtma sıcaklığı : yok

Meme çapı : 1.4 mm

Serbest tel uzunluğu : 25 mm

Koruyucu gaz debisi : 18 lt/dak

Koruyucu gaz : Argon + %25 He

Kaynak akımı : 100-20 A

Kaynak gerilimi : 14-5 V

Kaynak teli : Sg-AlMg₅

Kaynak teli çapı : 1.2 mm

Ön ısıtma sıcaklığı : yok

Meme çapı : 1.4 mm

Serbest tel uzunluğu : 25 mm

Koruyucu gaz debisi : 18 lt/dak

TIG Kaynağı İçin Kullanılan Kaynak Parametreleri

Koruyucu gaz : Argon

Kaynak akımı : 105-3 A

Kaynak gerilimi : 15-20 V

Kaynak teli : Sg-AlMg₅, Sg-AlSi₅

Kaynak teli çapı : 1.2mm

Ön ısıtma sıcaklığı : yok

Koruyucu gaz debisi : 18 lt/dak

Koruyucu gaz : Ar+%25 He

Kaynak akımı : 105-3A

Kaynak gerilimi : 15-20 V

Kaynak teli : Sg-AlMg₅, Sg-AlSi₅

Kaynak teli çapı : 1.2 mm

Ön ısıtma sıcaklığı : yok

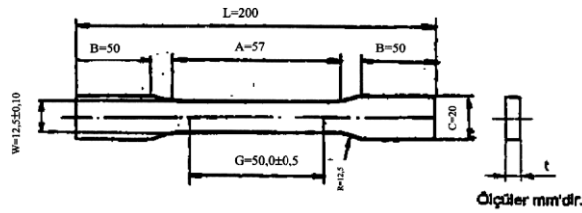
Koruyucu gaz debisi : 18 lt/dak

kaynağı için ise GLC 450 N/6 tipi bir akım üretici-

2.2. Metot

TS 5789'a göre hazırlanan ve ZWICK 2050/TN2A marka çekme test cihazından yararlanılarak çekilen deney numunelerinin boyutları Şekil 1'de verilmiştir. Çentik darbe deney numunesi ise TS PrEN 873'e göre hazırlanmıştır. Kaynak yönüne dik kesilerek hazırlanan numunelerin sertlik değerleri ana metal, ITAB ve kaynak metal olmak üzere üç ayrı bölgeden 4'er ölçümün ortalamaları alınarak Vickers yöntemi ile belirlenmiştir.

Mikroyapı incelemeleri için ise dört ayrı bölgeden ana metal (1. Bölge), ITAB (2. Bölge), Geçiş bölgesi (3. Bölge) ve kaynak metalinden (4. Bölge) alınan numuneler, 180-1250 mµ numaralı zımparalar ile zımparalanmış ve daha sonra 6 ve 1,3 mikronluk elmas pasta ve yağlayıcı sıvı kullanılarak parlatılan numuneler Keller yağlayıcısı (2ml HF-3ml HCL-20 ml HNO₃-175 ml H₂O₃) ile dağlanmış.



Şekil 1. Standart çekme deney numunesi (5)

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

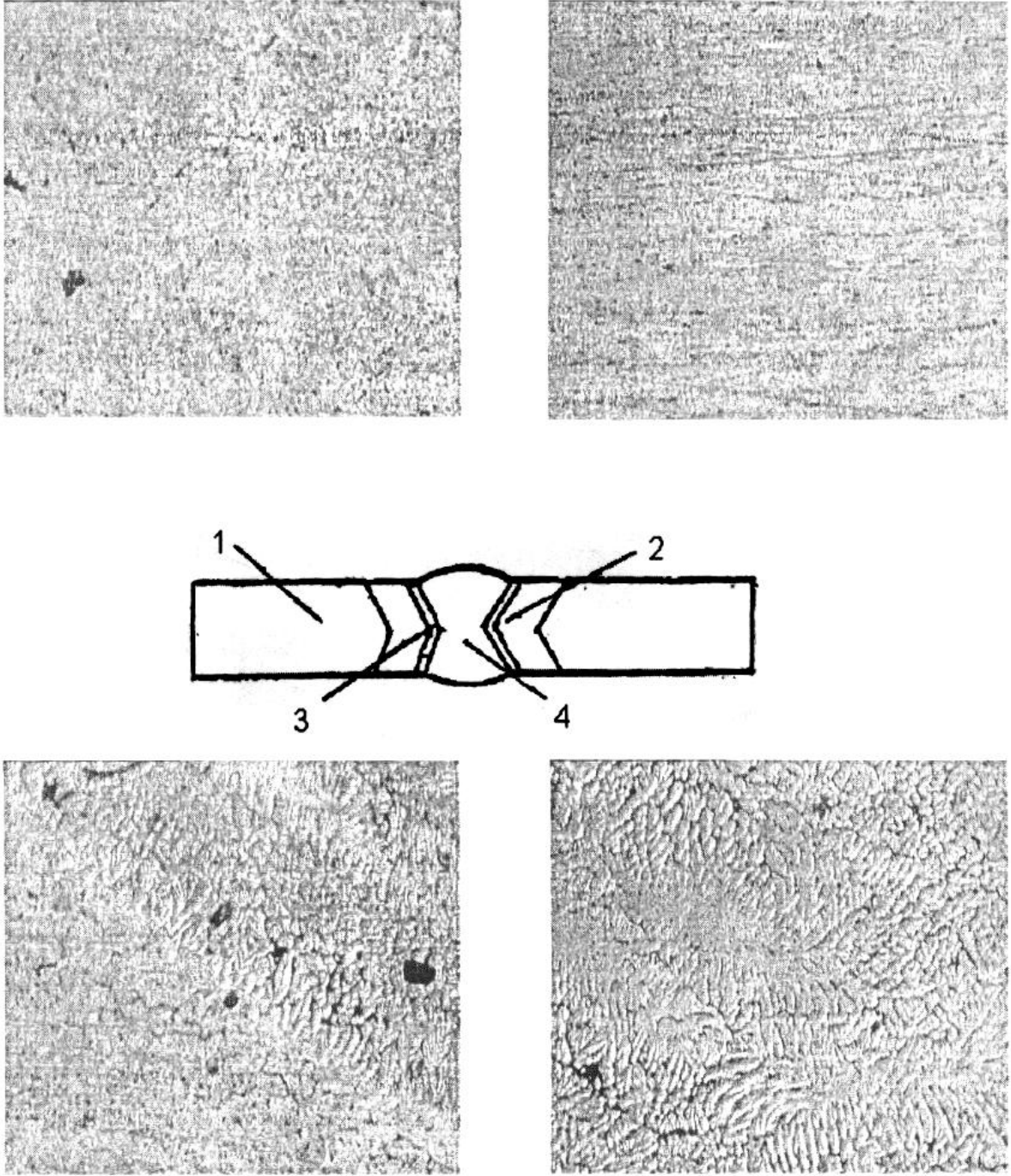
3.1. Mikroyapılar

Mikroyapı incelemelerine tabi tutulan değişik deney şartlarında TIG ve MIG gazaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen alüminyum alaşımı numunelerinin listesi Çizelge 5'de, mikroyapı fotoğrafları ise Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 5. Mikroyapı incelemelerine tabi tutulan değişik deney şartlarında TIG ve MIG gazaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen alüminyum numunelerinin listesi.

Numune No	Malzeme Adı	Kaynak Yöntemi	Kaynak Teli	Koruyucu Gaz
1	E3	TIG	AlSi ₅	Argon
2	E3	TIG	AlMg ₅	Argon
3	E3	TIG	AlSi ₅	Ar+%25 He
4	E3	TIG	AlMg ₅	Ar+%25 He
5	E5	TIG	AlSi ₅	Argon
6	E5	TIG	AlMg ₅	Argon
7	E5	TIG	AlSi ₅	Ar+%25 He
8	E5	TIG	AlMg ₅	Ar+%25 He
9	E30	TIG	AlMg ₅	Ar+%25 He
10	E30	TIG	AlMg ₅	Argon
11	E30	MIG	AlMg ₅	Ar+%25 He
12	E30	MIG	AlMg ₅	Argon

benzeyen yapılar olduğu görülmüştür. Ana mal-



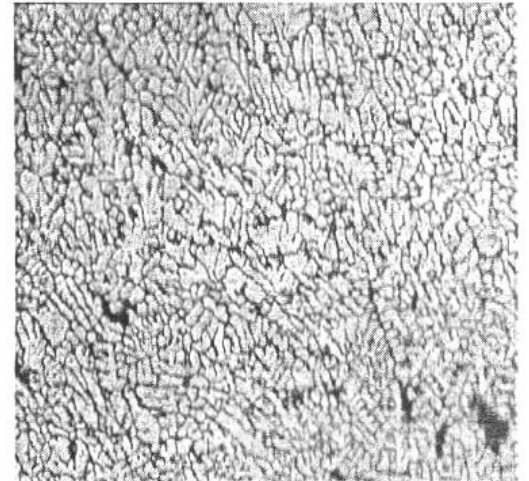
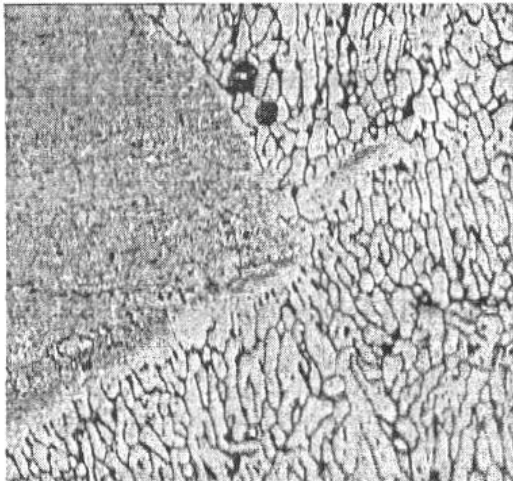
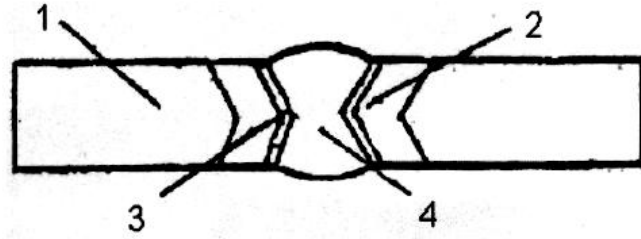
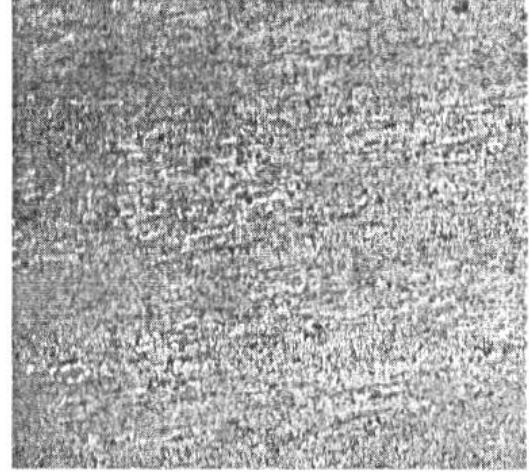
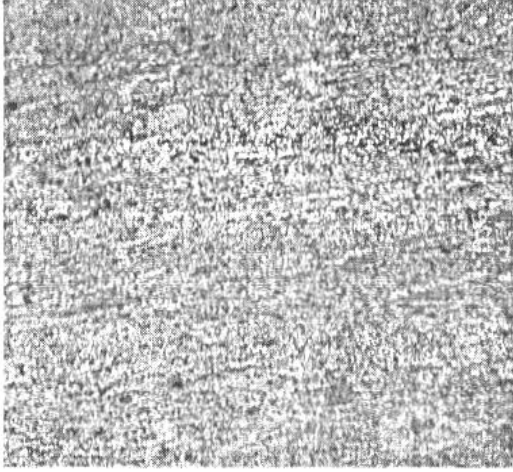
Şekil 2. E3 Kodlu Al alaşımının 1 no'lu numunesinin dört farklı bölgesinin mikroyapıları ($\times 280$)

Şekil 2'de görülen mikroyapılar literatürdeki (6-7), alüminyumun gazaltı kaynağı ile ilgili mikroyapılarla karşılaştırılmış ve birbirine çok

zeme ve kaynak metali, farklı bileşimlerde olduğu için dağlama işleminde, değişik oranda etkilenmektedir (4). Ana metal kaynak metali bölgesine nazaran geç dağlanmıştır. Bu farklı etkileşim

sebebiyle de ana metal ve (ITAB)'ye ait mikroyapı resimlerinde taneler belirgin bir şekilde elde edilememiştir. Görülebilen mikroyapılar karşılaştırıldığında ana malzeme ve ITAB'daki tane yapısının,

geçiş ve kaynak metali tane yapısından daha az belirgin olduğu görülmektedir. Ana malzemede bölgesel olarak, çok küçük boyutlu boşluk ve gözeneklere rastlanılmıştır.

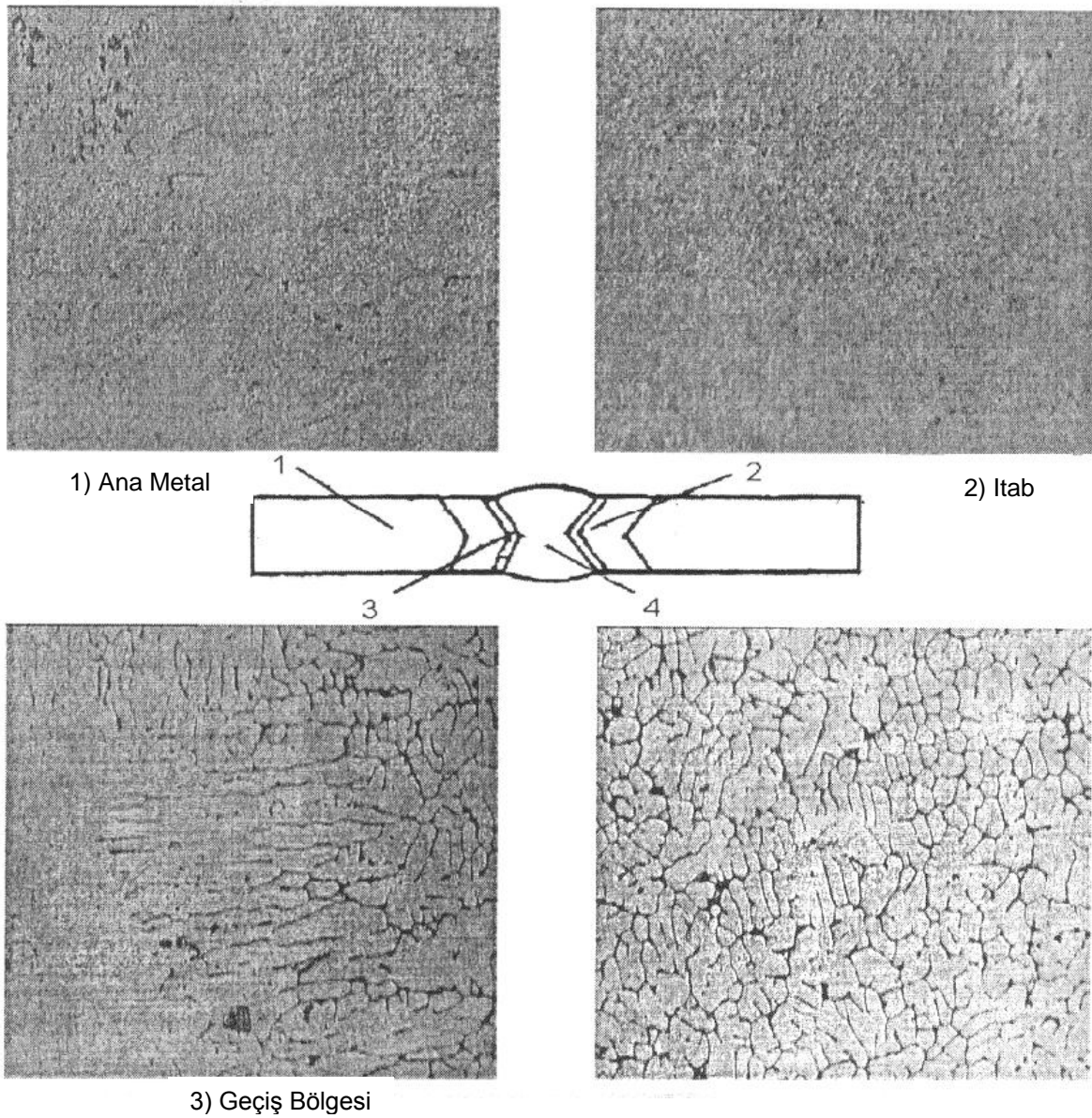


Şekil 3.E3 Kodlu Al alaşımının 2 no'lu numunesinin dört farklı bölgesinin mikroyapıları (×280)

ITAB'deki mikroyapıda katılma yönünde uzamış, taneler mevcuttur. Geçiş bölgesine ait mikroyapı fotoğrafında ise esas metal taneleri solda kaynak metaline ait tane yapısı ise sağda bölgenmiştir. Kaynak metalini ergime sınırı ve kaynak metalini bölgesinde taneler daha dar ve daha belirgin bir görünüm arz etmektedir. Kaynak metaline ait mikroyapı fotoğrafında dentritik yapıya sahip tanelerden oluştuğu görülmektedir.

Şekil 3'deki mikroyapı fotoğraflarında görüldüğü gibi, ana malzeme ve kaynak metalini farklı bileşimlerde olduğu için dağlama işlemi değişik

gesine göre daha geç dağlanmış ve bunun sonucu olarak da ana metal ve (ITAB)'a ait mikroyapı resimlerinden net görüntüler elde edilememiştir. Buna nazaran ITAB'de tane sınırları ana malzeme göre biraz daha belirgin bir durumdadır. Geçiş bölgesi ve kaynak metaline ait mikroyapı fotoğraflarında tane sınırlarında görülen siyah renkli uzantıların Al-Si ve AlMg₂Si olduğu tahmin edilmektedir (6-8). Kaynak metalinde ise; oldukça geniş bir alanın ergime sınırından kaynak merkezine doğru uzanan sütunsal bir yapı şeklinde oluştuğu görülmektedir.

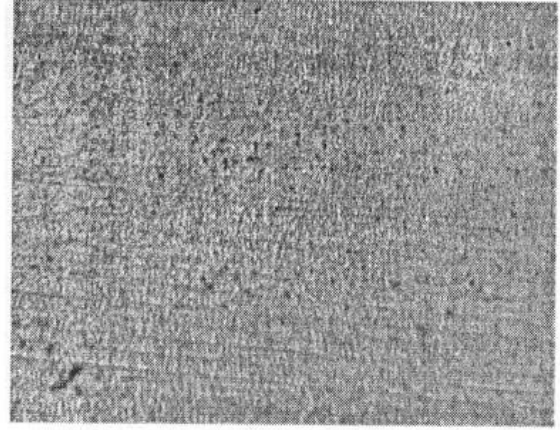
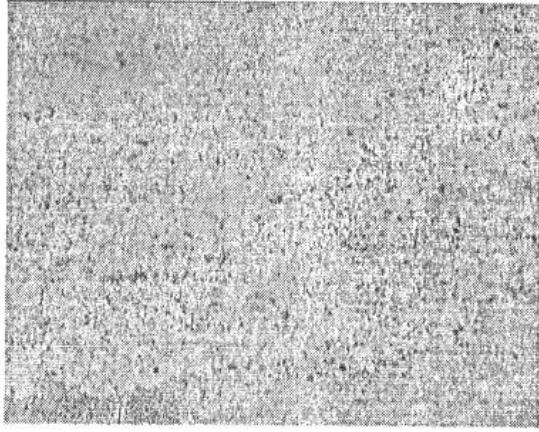


Şekil 4. E5 Kodlu Al alaşımının 5 no'lu numunesinin dört farklı bölgesinin mikroyapıları ($\times 280$) oranlarda gerçekleştirilmiştir. Ana metal kaynak böl-

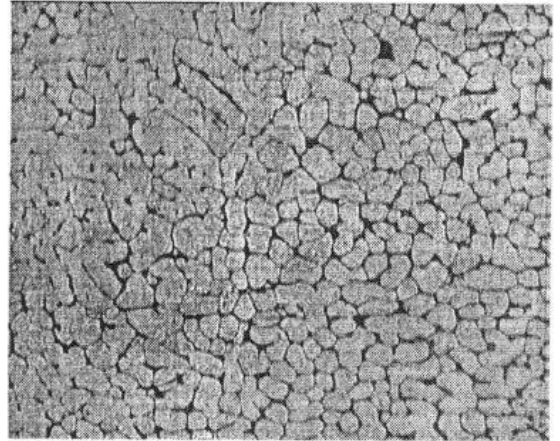
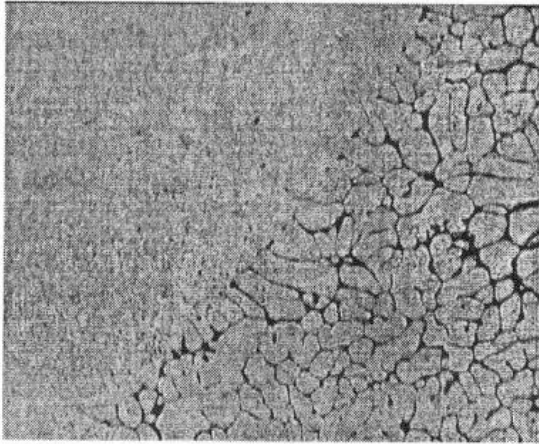
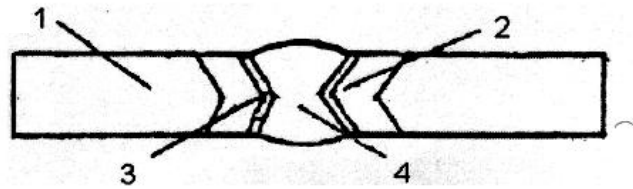
Şekil 4'deki E5 numunesine ait kaynak bölgesine ait mikroyapılar, ana malzeme mikroyapısına göre farklılık göstermektedir. Ana malzeme ve kaynak metali arasında, kimyasal bileşim farklılıkları olduğu için dağlama işlemi değişik oranda

ran daha düzenli yapı ve tane sınırları arasındaki mesafenin azaldığı görülmüştür. Eş eksenli tane

lerden oluşan ve tane sınırlarında siyah renkli Al-



1) Ana Metal



3) Geçiş Bölgesi

Şekil 5. E5 Kodlu Al alaşımının 7 no'lu numunesinin dört farklı bölgesinin mikroyapıları ($\times 280$)

gerçekleşmiştir. Ana malzemede bölgesel olarak küçük boyutlu boşluklara rastlanılmıştır. Geçiş bölgesine ait mikroyapı fotoğrafına baktığımızda kaynak ana metal ergime çizgisi net olarak görülmemekle beraber kaynak metali merkezine doğru tanelerin sütunsal bir şekilde yönlendiği görülmüştür. Kaynak metali mikroyapı fotoğrafında ise geçiş bölgesinde gözlenen yapıya naza-

Si uzantılarının yer aldığı sanılmaktadır.

Şekil 5'deki yapı incelendiğinde, ana malzeme ve ITAB'deki tane yapısının belirgin bir şekilde olmadığı görülmüştür. Geçiş bölgesinde, tane sınırlarında yine Al-Si ve $AlMg_2Si$ çökeltilerinin yer aldığı sanılmaktadır. Kaynak metali yapısında ise tanelerin eşkenar şeklinde

düzenli bir hal aldığı yine tane sınırlarında bu çökeltilerin oluştuğu görülmektedir.

gözlenmiştir. Aynı ilave kaynak teli (AlMg₅) ile Argon ve Ar+%25 He gaz karışımları altında elde edilen mukavemet değerlerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

E30 kodlu Al alaşımlarına ait çekme (152,48

3.2. Çekme Deney Sonuçları

Deney şartları ve çekme deney sonuçları Tablo 1’de verilmektedir.

Çizelge 6. Deney şartları ve çekme deney sonuçları

Numune No	Al Alaşımlarının Kodu	Deney Şartları			Akma Muk. N/mm ²	Çekme Muk. N/mm ²	% Uzama
		Koruyucu Gaz Türü	Kaynak Yöntemi	İlave Tel			
1	E3	Ar	TIG	AlSi ₅	47,05	59,96	4,91
2	E3	Ar+%25He	"	AlSi ₅	47,80	62,42	2,43
3	E3	Ar	"	AlMg ₅	49,01	73,23	23,06
4	E3	Ar+%25He	"	AlMg ₅	51,42	75,13	8,71
5	E5	Ar	"	AlSi ₅	41,47	57,81	19,78
6	E5	Ar+%25He	"	AlSi ₅	26,28	38,31	3,50
7	E5	Ar	"	AlMg ₅	61,32	77,1	22,70
8	E5	Ar+%25He	"	"	64,40	78,20	7,24
9	E30	Ar	"	"	96,33	132,68	6,00
10	E30	Ar+%25He	"	"	95,75	113,32	4,71
11	E30	Ar	MIG	"	88,21	110,85	4,26
12	E30	Ar+%25He	MIG	"	97,18	152,48	9,78

Burada E3 kodlu Al alaşımı, AlMg₅ kaynak teli ile Ar+%25 He gaz karışımı kullanılarak TIG metoduyla kaynak edilmiş olup, elde edilen en yüksek akma ve çekme gerilme değerleri, sırasıyla, 51.45 N/mm² ve 75.13N/mm²’dir. Diğer taraftan Argon gazı ve AlSi₅ esaslı ilave kaynak teli kullanılarak yapılan E3 deney numunelerinde akma (47,05N/mm²) ve çekme (59.96 N/mm²) mukavemeti değerlerinin en düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Argon ve Argon+%25 Helyum gaz karışımlarında, AlMg₅ esaslı kaynak teli kullanılarak elde edilen çekme mukavemet değerleri AlSi₅ esaslı kaynak teli kullanılarak elde edilen değerlerden daha yüksek çıktığı görülmüştür. Çekme mukavemetindeki bu artışa ilave kaynak telinin içerdiği Mn, Si ve Cr alaşım elementlerinin etkili olduğu söylenebilir.

E5 kodlu Al alaşımlarına ait deney sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde ise ; Ar+%25 He gaz karışımı ve AlMg₅ esaslı ilave tel kullanılarak elde edilen çekme mukavemeti değerleri en iyi neticeyi vermiştir. En düşük değerler ise yine Ar+%25 He gaz karışımında ve AlSi₅ esaslı ilave kaynak teli ile hazırlanan kaynak numunelerinde

N/mm²) mukavemet değerleri incelendiğinde ise; MIG gazaltı kaynak yöntemi ile Ar+%25 He gaz karışımı ve AlMg₅ esaslı ilave kaynak teli kullanılarak hazırlanan deney numunelerinden ölçülen çekme ve akma mukavemet değerleri ile %uzamanın (9.78%) en yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, aynı parametreler kullanılarak yapılan TIG kaynak numune sonuçlarından daha yüksek değerdedir. Diğer taraftan saf argon gazı ve AlMg₅ esaslı ilave kaynak teli kullanılarak yapılan TIG gazaltı kaynak numunelerinin çekme ve akma mukavemet değerleri ile % uzama oranlarının aynı parametreler kullanılarak yapılan MIG gazaltı kaynak numunelerinin mukavemet değerlerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Her üç türdeki Al alaşımı için, en yüksek akma ve çekme mukavemet değerleri Ar gazı ve AlMg₅ esaslı ilave kaynak teli kullanılarak TIG kaynak yöntemi ile kaynatılan çekme ve akma mukavemeti diğerlerine göre yüksek olan E30 Al alaşımından elde edilmiştir.

Bazı alüminyum alaşımlarında kaynak bölgeleri, tane sınırı ergimesi veya dikişin hemen komşu ergime bölgesindeki çekme nedeniyle çok

düşük süneklik sergilerler. Bu durumun çok ileri olması halinde kaynak sonrası ısıl işlem çözülebilen bileşenlerin çoğunun yeniden erimesine neden olabilir çözülme ve böylece süneklikte hafif bir iyileşme ile birlikte daha homojen bir içyapı ve kaynak mukavemetinde çok daha büyük artış sağlanabilir (8,9,10).

Genel olarak alüminyum kaynak numunelerinde çekme mukavemetleri kaynak bölgelerinde düşük olarak tespit edilmiştir. Bu durum tavlanmış ve dökümden çıkmış olanların haricinde tüm Al alaşımları için geçerlidir. Bölgenin çekme mukavemetindeki bu düşüş, kaynak ilave metalinin özelliğinden ve kaynak banyosunda sıkışıp kalan gazların gözenek oluşturmaya bağlanabilir.

3.3. Çentik Darbe Deney Sonuçları

Kaynak metaline ait çentik darbe deney sonuçları Çizelge 7'de verilmektedir.

Çizelge 7. Kaynak metalinde çentik darbe sonuçları

Numune No	Al Alaşım Kodu	Deney Şartları				Darbe Enerjisi (Jül)
		Deney Sıcaklığı	Kaynak Yöntemi	İlave Tel	Koruyucu Gaz Türü	
1	E3	Oda sıcaklığı	TIG	AlSi ₅	Ar	9
2	E3	"	"	AlSi ₅	Ar+%25 He	13
3	E3	"	"	AlMg ₅	Ar	11
4	E3	"	"	AlMg ₅	Ar+%25 He	16
5	E5	"	"	AlSi ₅	Ar	9
6	E5	"	"	AlSi ₅	Ar+%25 He	11
7	E5	"	"	AlMg ₅	Ar	16
8	E5	"	"	AlMg ₅	Ar+%25 He	18
9	E30	"	"	AlMg ₅	Ar	6
10	E30	"	"	AlMg ₅	Ar+%25 He	12
11	E30	"	MIG	AlMg ₅	Ar	8
12	E30	"	MIG	AlMg ₅	Ar+%25 He	7

En az 3 test numunesinin ortalaması alınarak oluşturulan Çizelge 7'deki değerler incelendiğinde, E3 kodlu Al alaşımı numunelerinde argon gazı ve AlSi₅ ilave kaynak teli kullanılarak TIG gazaltı kaynak yöntemi ile kaynatılan çentik darbe numunelerinden elde edilen en düşük tokluk değerinin 9 jül olarak ölçüldüğü, aynı malzemede en yüksek tokluk değerinin ise Ar+%25 He gaz karışımı ve AlMg₅ ilave kaynak teli ile kaynatılan deney numunesinden (16 jül) elde edilmiştir. Argonun koruyucu gaz olarak kullanıldığı deney numunelerinde tokluk değerlerinin 9 ve 11 jül oranında

iken Ar+%25 He gaz karışımının kullanıldığı deney numunelerinde bu değer 13 ve 16 jül arasında değiştiği gözlenmiştir. Karışım gazların kullanılması ile kaynak metalinin mekanik özelliklerinde artmanın meydana geldiği görülmüştür. Kaynak teli içeriğindeki alaşım elementlerinin etkilerini incelendiğinde; argon gazı altında TIG kaynak numunelerinde AlSi₅ esaslı tel karışımı kullanıldığında ölçülen değer 9 jül iken AlMg₅ esaslı ilave tel ile bu değer 11 jül'e çıkmıştır. Ar+%25 He gaz karışımı ve AlSi₅ esaslı ilave tel ile ölçülen değer 13 jül iken AlMg₅ esaslı tel karışımında ise bu değer 16 jül olarak ölçülmüştür. Benzer yorumları E5 kodlu deney numuneleri içinde yapmamız mümkündür.

E30 kodlu Al alaşımında AlMg₅ ilave kay-

nak teli kullanılarak Argon gazı altında TIG yöntemiyle kaynatılan kaynak numunelerinde ölçülen tokluk değeri 6 jül iken MIG yönteminde bu değer 8 jül'e yükselmiştir. Buna karşılık Ar+%25 He gaz karışımında MIG yöntemiyle kaynatılan kaynak numunelerinden ölçülen değer 7 jül iken aynı parametrelerle yapılan TIG kaynak numunelerinde bu değerler 12 jül'e çıkmıştır.

Gazaltı kaynağında kaynak metalindeki büyük boyutlu kalıntılar, bu bölgeyi zayıflatmakta ve çatlak başlangıcına sebep olmakta, böylece kırılma dayanıklılığını arttırmaktadır. Ar+He karışım gazlarının

kullanılması ile nüfuziyet ve daha üstün bir ark kararlılığı elde edilerek, daha az miktarda gözenek oluşumu sağlanmış ve böylece kaynak metali darbe direnci arttırılmıştır.

3.4. Sertlik Ölçüm Sonuçları

E3, E5 ve E30 ana malzeme, ITAB ve kaynak bölgelerinden elde edilen sertlik değerleri sırası ile Çizelge 8,9,10 ve sertliğe bağlı sertlik dağılım grafikleri de yine sırası ile Şekil 6,7 ve 8'de verilmektedir.

Sertlik ölçümleri, kaynak dikişine dik yönde (enine kesit) Vickers sertlik ölçme yöntemi ile 50 Newton'luk yük altında yapılmıştır (4). Numuneler üzerinde sertlik alınan noktalar arasındaki mesafe 3'er mm olup malzemenin enine kesit görünümü Şekil 6-a'da verilmektedir.

E3 kodlu Al alaşımına ait Çizelge 8'deki ortalama sertlik değerleri Şekil 6'da karşılaştırılmıştır.

E3 kodlu Al alaşımında; AlSi₅ esaslı ilave telin kullanıldığı (Çizelge 8) 1 ve 2 no'lu deney numunelerinin, 1 no'lu bölgelerinde sertlik değeri ortalama olarak 37 HV olarak ölçülmüştür. Kaynak dikişine doğru ilerledikçe sertlik değerlerinde artma görülmüştür. Ana malzemeye göre kaynak dikişindeki sertliğin yüksek olmasının sebebi, saf argon gazına göre kullanılan Ar+He karışım gazının mekanik özelliklere olan etkisinden kaynaklanabilmektedir. 3 no'lu deney numunesinde ana malzemenin 1 no'lu bölgesinde sertlik değeri 127 HV olarak ölçülmüştür. Kaynak dikişine yaklaştıkça sertlik değerinde artış olmuş, bununla birlikte kaynak metalinde bir düşüş gözlenmiştir. Kaynaklı bölgedeki sertlik değerindeki bu düşüş, kaynak banyosunda sıkışıp kalan gazların gözenekler oluşturmasından kaynaklanabilir. 4 no'lu kaynak numunesinde 1 no'lu bölgedeki sertlik değeri 115 HV olarak ölçülmüştür. Geçiş bölgesinde ve kaynak metalinden uzaklaştıkça sertlik değerlerinin de düştüğü gözlenmiştir.

3 ve 4 no'lu deney numunelerindeki sertlik

değerlerinin yüksek olması alaşım elementlerinden kaynaklanmıştır. Silisyum, çinko ve demir alüminyumun sertleşebilme kabiliyetini arttırmakla birlikte alaşıma yüksek dayanım ve mekanik özellikleri iyileştirici etki yapmaktadır. (11)

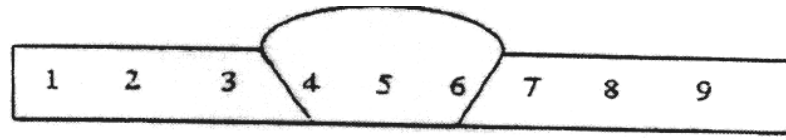
E5 kodlu Al alaşımının 5 no'lu numunesinin (Çizelge 9) 1. bölgesinde sertlik değerinin ortalama 38 HV olduğu, kaynak dikişine doğru ilerledikçe bu değerin arttığı görülmüştür. 6 no'lu numunenin 1 no'lu bölgesindeki sertlik değerinin ortalama 30 HV olarak ölçüldüğü, benzer şekilde kaynak dikiş merkezine doğru ilerledikçe sertlik değerlerinde artma eğilimi gözlenmiştir. 7 no'lu numunenin 1 no'lu bölgesinde sertlik değerinin 202 HV olarak ölçüldüğü, kaynak metaline doğru gidildikçe sertlik değerlerinin arttığı gözlenmiştir. 8 no'lu numunenin 1 no'lu bölgesinde sertlik değeri 204 HV olarak ölçülürken, geçiş bölgesinde sertlik değerinde bir miktar düşüş, kaynak dikiş merkezinde ise yükseliş görülmüştür. Alaşımda saf argon gazı altında gerçekleştirilen deney numunelerinde sertlik değerlerinin Ar+%25 He gaz karışımına göre daha yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir.

E30 Kodlu Al alaşımından (Çizelge 10) 11 ve 12 no'lu deney numunelerinin 1 no'lu bölgesindeki sertlik değeri 62 ve 59,7 HV olarak ölçülmüştür. Kaynak metaline doğru ilerledikçe bu değerlerde kısmi bir artış gözlenmiştir. 9 no'lu deney numunesinin 1 no'lu bölgesindeki sertlik değeri 215 HV olarak ölçülmüş ve kaynak metaline doğru ilerledikçe sertlik değerinin arttığı ve kaynak metalinin merkezinde ise değerin 267 HV çıktığı gözlenmiştir.

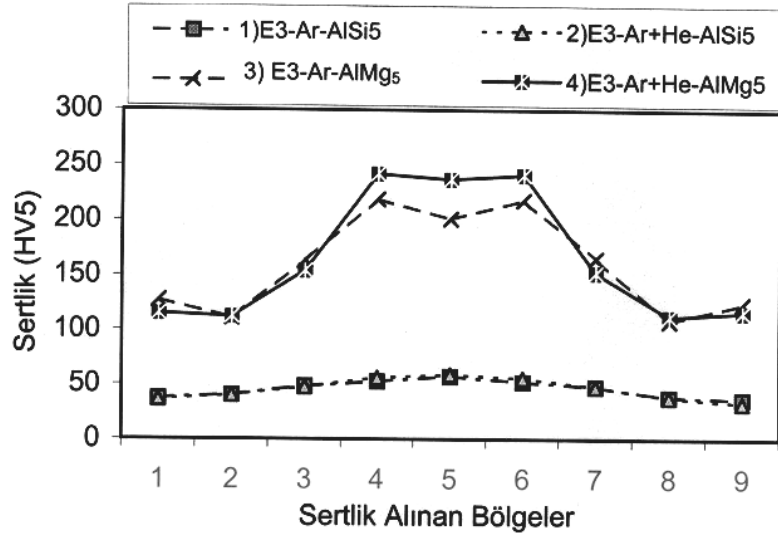
10 no'lu deney numunesinde 1 no'lu bölgedeki sertlik değeri 182 HV olarak ölçülürken, kaynak metaline doğru sertlik değerlerinde artış ve geçiş bölgesinde ise bir miktar düşüş gözlenmiştir. Geçiş bölgesindeki bu düşüşün kaynak banyosunda sıkışıp kalan gazların oluşturduğu boşluk ve gözeneklerden kaynaklandığı sanılmaktadır.

Çizelge 8. Değişik deney şartlarında TIG gazaltı kaynak yöntemi ile kaynatılan E3 Kodlu Al alaşım numunelerindeki ortalama sertlik değerleri (HV5)

Sıra No	Alaşım Kodu	Deney Şartları			Sertlik Alınan Bölgeler ve Ortalama Sertlik Değerleri (HV5)									
		Kaynak Yöntemi	İlave Tel	Gaz Türü										
1	E3	TIG	AlSi ₅	Ar	37	40	48,1	52,5	57,1	52	47,6	38,4	36,6	
2	E3	TIG	AlSi ₅	Ar+He	36	39,8	47,4	56	58,6	55,4	47,6	38,1	33	
3	E3	TIG	AlMg ₅	Ar	127	111	163	219	201	218	165	108	124	
4	E3	TIG	AlMg ₅	Ar+He	115	112	154	242	237	241	152	112	116	



(a)

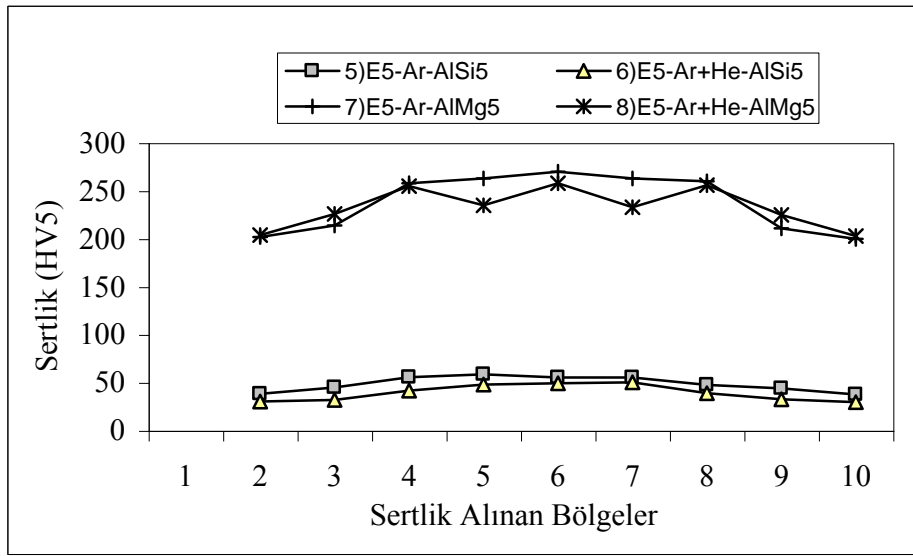


(b)

Şekil 6. Değişik deney şartlarında TIG gazaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen E3 Kodlu Al alaşım numunelerinden sertlik alınan bölgeleri (a) ve sertlik (b) dağılım grafiği.

Çizelge 9. Değişik deney şartlarında TIG gazaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen E5 Kodlu Al alaşım numunelerindeki ortalama sertlik değerleri (HV5)

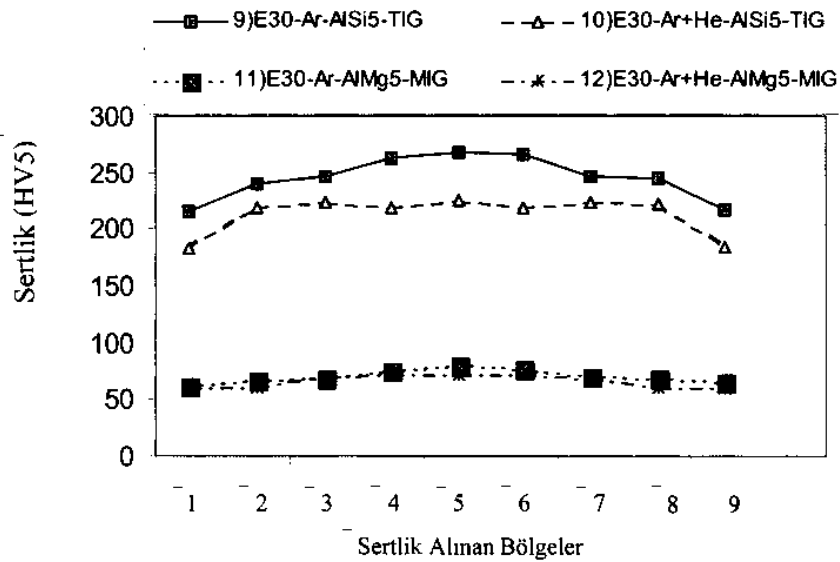
Sıra No	Alaşım Kodu	Deney Şartları			Sertlik Ölçümü Alınan Bölgeler ve Ortalama Sertlik Değerleri (HV5)								
		Kaynak Yöntemi	İlave Tel	Gaz Türü	38,3	44,9	55,6	58,8	55,4	55,4	47,7	43,9	37,7
5	E5	TIG	AlSi ₅	Ar	38,3	44,9	55,6	58,8	55,4	55,4	47,7	43,9	37,7
6	E5	TIG	AlSi ₅	Ar+He	30,3	32,2	41,6	48,1	49,4	50,3	3,9	32,6	29,6
7	E5	TIG	AlMg ₅	Ar	202	214	258	263	270	263	260	211	200
8	E5	TIG	AlMg ₅	Ar+He	204	226	255	235	258	233	256	225	203



Şekil 7. Değişik deney şartlarında TIG gazaltı kaynak yöntemi ile kaynatılan E5 Kodlu Al alaşım numunelerindeki sertlik dağılım grafiği.

Çizelge 10. Değişik deney şartlarında TIG ve MIG gazaltı kaynağı ile kaynatılan E30 Kodlu Al alaşımı numunelerindeki ortalama sertlik değerleri (HV5)

Sıra No	Alaşım Kodu	Deney Şartları			Sertlik Alınan Bölgeler ve Ortalama Sertlik Değerleri (HV5)									
		Kaynak Yöntemi	İlave Tel	Gaz Türü	215	239	246	263	267	265	246	244	217	
9	E30	TIG	AlSi ₅	Ar	215	239	246	263	267	265	246	244	217	
10	E30	TIG	AlSi ₅	Ar+He	182	219	224	218	225	218	224	222	185	
11	E30	MIG	AlMg ₅	Ar	62	67,6	68,3	75,7	79,9	77,2	70,3	67,7	65,4	
12	E30	MIG	AlMg ₅	Ar+He	59,7	60,9	69,7	72,5	71,1	72	68	60,4	61	



Şekil 8. Değişik deney şartlarında TIG ve MIG gazaltı kaynağı ile kaynatılan E30 Kodlu Al alaşım numunelerindeki sertlik dağılım grafiği.

4. KARARLAR

- Isı tesiri altında kalan kaynak bölgesinin geniş bir alana yayılmadığı,
- Kaynak bölgesinde çekme dayanımının düşük, geçiş bölgesinde yüksek ana malzemede ise her ikisi arasında bir değer sergilediği,
- Sertlikde ise ana malzemeden kaynak bölgesine doğru sürekli bir yükselişin gözleendiği. Bu değerlerin kaynak alanında en yüksek değere ulaştığı,
- Mukavemet değerleri ise ilave tel ve koruyucu gaza göre değişiklik sergilediği gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Doğan, M., 1989, Alüminyum Alaşımının Isıl İşlemi, İstanbul.
2. Tülbentçi, K., 1986, Alüminyum ve Alaşımının Kaynağı, İstanbul.
3. N.N., 1995, Gas Tungsten Arc Welding, Miller Electric Mfg. Co., U.S.A.
4. Kurtuluş, O., 2001, Alüminyum Alaşımının Kaynaklanabilirliği ve Değişik Parametrelerin Mekanik Özellikleri ile Mikroyapı Üzerine Etkisi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
5. TS5789, Çekme Deneyi (Demir Dışı Metallerin Ergitme Alın Kaynaklı Birleştirmeler İçin), Ankara.
6. Tülbentçi, K., Kalunç, E., Sarı, N.Y., 1997, MIG-MAG Ergiyen Elektrod ile Gazaltı Kaynak Yöntemi-Seminer Notları, K.O.Ü Kaynak Teknolojisi Araştırma, Eğitim ve Uygulama Merkezi, Kocaeli.
7. Metals Handbook, 1992, Metallography and Microstructures 9.
8. N.N., 1983, Metal Inert Gas (MIG) Arc Welding – Part 7, Welding Technology Data Sheet 63, Welding and Metal Fabrication, P.499-503, December.
9. Gürçan, M., 1987, TIG Kaynağı, SEGEM, Ankara.
10. Hilton, D., 1990, Shielding gases for GMAW, Welding & Metal Fabrication July.
11. Ganaha, T., Pearce, B.P. and Kerr, H.W., 1980, Grain structures in aluminum alloy GTA welds, Metallurgical Transactions and Microstructures, 9

