

# Alüminyumun TIG Kaynağında Argon-Hidrojen Gaz Karışımının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisi

Ahmet DURGUTLU  
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA

## ÖZET

Bu çalışmada, Alüminyum levhalar farklı karışım gazlar kullanılarak TIG kaynak yöntemi ile birleştirilmiş ve birleştirmelerin mikroyapı ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Birleştirme işlemlerinde saf argon, argon içerisine % 1.5 ve % 5 oranında hidrojen ilaveli koruyucu gazlar kullanılmıştır. Deneyler sonucunda saf argon ve argon içerisine % 1.5 hidrojen ilaveli koruyucu gazlar altında birleştirilen numunelerin çekme mukavemetlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu, ancak argon içerisine % 5 hidrojen ilaveli koruyucu gaz altında birleştirilen numunelerin çekme mukavemetlerinin kaynak metalinde oluşan gaz boşluklarından dolayı düştüğü tespit edilmiştir. Eğme işlemleri sonucunda birleşme bölgesinde çatlama, yırtılma gibi hataya rastlanılmamıştır. Kaynaklı birleştirmelere uygulanan sertlik deneyleri sonucunda kaynak metal sertlik değerlerinin ana malzemeye oranla düştüğü görülmüştür. Ayrıca, deneyler sonucunda koruyucu argon gazı içerisindeki hidrojen miktarının artması ile beraber kaynak metalinde gaz boşluklarının arttığı bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** TIG kaynağı, Alüminyum, Karışım gaz

## Effect of Argon-Hydrogen Mixture on the Microstructure and Mechanical Properties of Aluminum on TIG Welding

### ABSTRACT

In this study, the effect of different gas mixture as a shielding gas on the weldability of Al plates was investigated by using TIG welding. The microstructure and mechanical properties of the weld metal were examined in detail. Pure argon, 1.5 % H<sub>2</sub> + 98.5 % Ar and 5 % H<sub>2</sub> + 95 % Ar gas mixture were used as shielding gas. The results indicated that samples welded under pure argon and 1.5 % H<sub>2</sub> + 98.5 % Ar showed similar kind of tensile behaviour. However, 5 % H<sub>2</sub> + 95 % Ar addition caused a decrease in tensile strength of the specimens due to porosity in the weld metal. After bending test, cracks, tearing and surface deflection were not observed on the samples. Also the result showed that hardnesses values of the weld metal were found to be lower than base metal. In addition, porosities in the weld started to occur with the increasing hydrogen amount in argon.

**Keywords:** TIG welding, Aluminum, Mixture gas

### 1. GİRİŞ

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 metodlarını kullanarak araç ağırlığını azaltmaktadırlar (1). Bu yüzden alüminyum ve alaşımları endüstride geniş bir kullanım alanı bulmakta ve birleştirme gereksinimleri ortaya çıkmaktadır.

Gazaltı ark kaynaklarında koruyucu gaz karışımının kompozisyonu büyük ölçüde birleştirilecek olan malzemelerin türüne bağlıdır. Koruyucu gazın seçiminde, kaynak esnasında ergiyik havuz ve koruyucu gaz arasındaki kimyasal-metalurjik işlemler dikkate alınmalıdır (2). Kaynak metal, katılma esnasındaki termal süreçten üstünlüğünden dolayı normal olarak kaba ve sütünsal taneler içermektedir. Kaynak metal tanelerinin durumu da mekanik özellikleri etkileyebilmektedir (3).

Koruyucu gaz, kaynak arkını ve ergiyik haldeki kaynak metalini atmosferin olumsuz etkilerine karşı korur. Bu koruma esnasında kullanılan gazın yoğunluğu önemli bir rol oynamaktadır (4). Argon ve karbondioksit gazı yoğunluklarından dolayı gazaltı ark kaynaklarında en çok kullanılan koruyucu gazlardır. Bunun yanı sıra argon-hidrojen karışımı kaynak metalinin akıcılığını arttırdığı için son zamanlarda gazaltı ark kaynaklarında koruyucu gaz olarak artan bir şekilde kullanılmaktadır (2).

Alüminyum ve alaşımlarının birleştirilmesinde, ekonomik oluşu ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle genellikle TIG kaynağı tercih edilir. TIG kaynağı; kaynak için gerekli ısı enerjisi bir tungsten elektrod ve iş parçası arasında oluşturulan ark tarafından sağlanan ve kaynak bölgesi de elektrodu çevreleyen bir nozuldan gönderilen asal gaz tarafından korunan kaynak yöntemidir (5-8). TIG kaynağında başlangıçta helyum daha sonraları ise argon gazı kullanılmaya başlamıştır. Hafif

metal ve alaşımlarının kaynağında kullanılan argon gazının çok saf olması gerekir. Aksi takdirde gaz içerisinde bulunabilecek su buharı, oksijen ve azot gibi safiyetsizlikler kaynağın kalitesini düşürür (9,10). TIG kaynağı paslanmaz çelik, alüminyum, magnezyum, bakır ve diğer demir dışı metaller gibi kaynak işlemi zor olan metallerin birleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (11).

Gazaltı kaynağında, koruyucu gazı hidrojen ilavesi ısı iletkenliği yüksek oranda arttırmaktadır. Hidrojen gazının yüksek ısı iletkenliği nedeni ile argon-hidrojen karışımındaki yüksek ark sıcaklığıyla beraber kaynak havuzunda ergiyik metal hacmi önemli ölçüde artabilmektedir (12). Alüminyumun TIG kaynağı çeliklerinkinden oldukça farklıdır. Alüminyum ve alaşımları kaynak esnasında ısıyla beraber gözle görülebilir bir renk değişimine uğramadıklarından kaynak edilebilirlikleri güçtür (13,14).

Bu çalışmada alüminyum levhalar TIG kaynak yöntemi ile farklı bileşimdeki koruyucu gazlar (saf argon, % 1.5 H<sub>2</sub> + % 98.5 Ar ve % 5 H<sub>2</sub> + % 95 Ar) altında birleştirilmiş ve kullanılan gaz karışımlarının mikroyapı ve mekanik özellikler üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada 5 mm kalınlığında ticari AA 6063-T6 sınıfı, 45 HV sertlik değerine sahip alüminyum levhalar TIG kaynak yöntemi ile yine aynı malzemeden elde edilmiş ilave metal kullanılarak farklı koruyucu atmosferler altında birleştirilmiştir. Birleştirilen levhalardan numuneler hazırlanarak birleştirmelerin mekanik ve mikroyapı özellikleri incelenmiştir.

Kaynakla birleştirilecek numuneler 200x90 x5mm ebatlarında kesilmiş ve nüfuziyetin tam olmasını sağlamak amacı ile freze tezgahında 60° kaynak ağızı açılmıştır. Kaynak ağızı açılan numunelerin yüzeyleri iyice temizlendikten sonra birleştirilecek parçalar, arasında 2 mm boşluk kalacak şekilde puntalama işlemine tabi tutulmuşlardır. Puntalama işleminden sonra numunelerin altına bakır bir altlık yerleştirilmiş ve numuneler kaynağa hazır hale getirilmiştir. Kaynak işlemleri CEMONT T 301 tipi TIG kaynak makinası kullanılarak Çizelge 1'deki parametreler dahilinde gerçekleştirilmiştir. Kaynak hızı, bir ray üzerinde hareket eden ve hız ayarı yapılabilen bir arabaya kaynak torcunun bağlanması ile sabit bir değerde tutulmuştur. Saf argon koruması altında yapılan birleştirmeler 120 amper akım şiddeti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Argon koruyucu gazına ilave edilen hidrojen gazı kaynak esnasında ergiyik metal hacmini artırarak dikişin kontrolünü zorlaştırdığından aynı akım şiddetinin diğer numuneler için uygun olmadığı yapılan ön çalışmalar esnasında görülmüştür. Bu sebeple argon gazına % 1.5 ve % 5 hidrojen gazı ilaveli koruma ile değişik akım şiddetlerinde kaynaklar yapılmıştır. Yine gerçekleştirilen ön çalışmalar sonucunda en iyi akım şiddetinin % 1.5 H<sub>2</sub> + % 98.5 Ar için 95 amper, % 5 H<sub>2</sub> + % 95 Ar için 80 amper

akım şiddetine sahip olması gerektiği tespit edilmiş ve numuneler bu akım değerlerinde birleştirilmiştir. Bütün birleştirme işlemleri tek paso ile yapılmış ve numuneler açık havada soğumaya bırakılmıştır. Birleştirilmiş numunelerden şerit testere yardımı ile kaynağın başlangıç ve bitiş kısmından 20 mm kesilerek atılmış ve diğer kısımlarından çekme, eğme ve mikroyapı incelemeleri için numuneler hazırlanmıştır.

Çizelge 1. Birleştirme işleminde kullanılan parametreler

Koruyucu Gaz	Amper (A)	Kaynak Hızı (mm/dk)	Elektrod Çapı (mm)	Ark Boyu (mm)
Saf Argon	120			
% 1.5 H <sub>2</sub> + % 98.5 Ar	95	120	2,4	1,5
% 5 H <sub>2</sub> + % 95 Ar	80			

Çekme numuneleri EN 895, eğme numuneleri (180°) ise EN 910 standardında belirtilen şartlara göre freze tezgahında işlenerek hazırlanmışlardır. Çekme ve eğme deneyleri için hazırlanan numuneler INSTRON MFL SYSTEM tipi çekme cihazı ile 1 mm/dk çekme hızında teste tabi tutulmuşlardır. Mikroyapı numuneleri standart metalografik numune hazırlama işlemlerinden geçirildikten sonra 45 ml HCl, 15 ml Nital, 15 ml HF ve 25 ml saf su bileşiminden oluşan dağlayıcı ile dağlama işlemine tabi tutulmuşlardır. Mikroyapı için hazırlanan numunelerden 1000 büyütme kapasiteli PRIOR marka optik mikroskop kullanılarak mikroyapı fotoğrafları elde edilmiştir. Mikroyapı görüntüleri alınan numuneler aynı zamanda sertlik ölçümü için kullanılmışlardır. Sertlik ölçümleri, INSTRON WOLPERT mikro sertlik ölçme cihazı ile yapılmış ve ağırlık olarak 1 kg yük kullanılmıştır. Gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

## 3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 3.1. Mekanik Testler

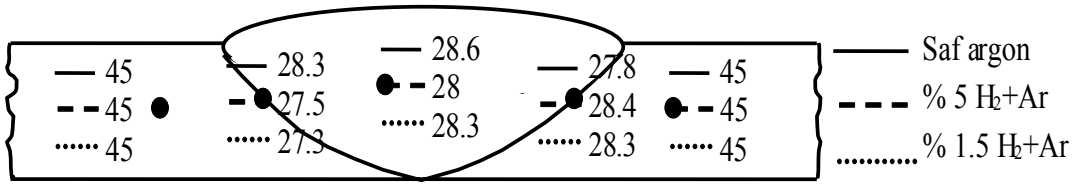
Farklı koruyucu gazlar altında birleştirilmiş numunelerden elde edilen çekme deney sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Kaynaklı numunelere uygulanan çekme deneyleri sonucunda kopma, saf argon ve % 1.5 H<sub>2</sub> + % 98.5 Ar koruyucu gazı ile birleştirilen numunelerde kaynak metalinin dışında ITAB'da oluşurken, % 5 H<sub>2</sub> + % 95 Ar koruyucu gazı altında birleştirilen numunelerde kaynak metalinden gerçekleşmiştir.

Koruyucu argon gazı içerisine % 5 oranında hidrojen ilavesi ile gerçekleştirilen birleştirme işlemlerinin kaynak metalini mikroyapı fotoğraflarında, kaynak metalinin gaz boşlukları içerdiği görülmektedir (Şekil 5). Çekme deneyi sonucunda bu numunelerde gerçekleşen kopmanın kaynak metalinden olmasının nedeni kaynak metalinin içerisindeki gaz boşluklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Saf argon ve %1.5 hidrojen içeren koruyucu ortamlarda birleştirilen numunelerde ise kopmanın kaynak metalinin dışında ITAB'dan gerçekleşmesi, bu birleştirmelere ait kaynak metallerinin herhangi bir hata içermediğini göstermektedir.

Literatürde (15), gaz korumalı ark kaynağı yöntemi ile yapılan birleştirmelerde ısının tesiri altında kalan bölgenin nadiren kaynağın ergime çizgisinden 6 mm'den fazla öteye gittiği ve çekme mukavemeti bakımından en zayıf noktanın, kaynak metaline komşu olan bu bölgenin olduğu belirtilmektedir.

Çizelge 2. Çekme deneyi sonuçları

Koruyucu Gaz	Çekme Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	% Uzama
Kaynaksız Malzeme	185	20
Saf Argon	115	31
% 1.5 H <sub>2</sub> + % 98.5 Ar	114	32
% 5 H <sub>2</sub> + % 95 Ar	103	28



Şekil 1. Kaynaklı numunelerden alınan sertlik bölgeleri ve değerleri (HV<sub>1</sub>)

Çizelge 2 incelendiğinde, ana malzemenin 185 N/mm<sup>2</sup> çekme mukavemetine ve % 20 uzama değerine sahip olduğu görülmektedir. Saf argon atmosferi altında birleştirilen numuneler 115 N/mm<sup>2</sup> çekme mukavemeti gösterirken bunu 114 N/mm<sup>2</sup> ile % 1.5 hidrojen ilaveli birleştirmeler ve 103 N/mm<sup>2</sup> ile % 5 hidrojen ilaveli koruyucu gaz atmosferi altında birleştirilen numuneler takip etmektedir. Yine Çizelge 2'den görüldüğü üzere saf argon atmosferi altında birleştirilen numuneler % 31 uzama değeri gösterirken, koruyucu gaza % 1.5 hidrojen ilavesi ile bu değer % 32 ve % 5 hidrojen ilavesi ile % 28 olarak belirlenmiştir.

Kaynakla birleştirilen numunelerin çekme mukavemetlerinin düşmesi birleştirme işlemi esnasında uygulanan ısı girdisine bağlanmaktadır. Kullanılan ısı girdisi ile beraber hadde ürünü olan alüminyum levhaların tane yapılarında bir toparlanma meydana gelmiş ve numuneler sertlik değerlerini kaybederek deforme edilebilirliklerini arttırmışlardır. Bu sebeple birleştirmelerin çekme mukavemetleri düşerken % uzama değerleri artmıştır.

Koruyucu argon gazı içerisindeki hidrojen miktarının bir dereceye kadar artması ile ark geriliminin düşüşü ve kaynak hızının artması kalın kesitli alüminyum parçaların birleştirilmesinde büyük avantaj sağlayabilmektedir. Ancak yapılan deneylerde hidrojen miktarının % 1.5 değerinin üzerine çıkması durumunda çekme mukavemeti özelliklerinde düşme görülmekte ve kaynak metal mikroyapısı boşluklar içermektedir. Tusek ve Suban (2), östenitik paslanmaz çeliklerin kaynağı üzerine yaptıkları bir araştırmada, argona hidrojen ilavesinin ark voltajını düşürdüğünü ve dolayısıyla ark gücünü artırdığını belirtmişlerdir.

Şekil 1'de üç değişik gaz koruması altında birleştirilmiş numunelerin sertlik değerleri görülmektedir. Ana malzemenin sertlik değeri 45 HV iken kaynak metalinin sertlik değeri yaklaşık olarak 28 HV olarak belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan alüminyum levhalar hadde ürünü olduğundan sertlik değerleri deformasyondan dolayı yüksek değerde oluşmuştur. Bu levhaların birleştirilmeleri esnasındaki ergime ve yüksek sıcaklıktan dolayı kaynak metal ve ITAB deformasyon izi taşımayan yeni taneler içermektedir. Dolayısıyla ile kaynak metal ve çevresinin sertlik değerleri ana malzemeye oranla düşük değerlerde tespit edilmiştir. Çekme deneyi sonuçlarında da bu farklılık açıkça görülebilmektedir. Sertlik değeri fazla olan ana malzemenin çekme dayanımı değeri, kaynakla birleştirilmiş numunelerden yük-

sek bulunurken, birleştirme işlemine tabi tutulmuş numunelerin ise % uzama değerleri ana malzemenin % uzama değerine oranla yüksek değerler göstermektedir.

Birleştirilmiş numunelere uygulanan eğme deneyi sonuçlarında eğilme mukavemetinin yaklaşık olarak 15 N/mm<sup>2</sup> olduğu tespit edilirken göz ile yapılan makro incelemeler sonucunda birleşme bölgesinde herhangi bir yırtılma ve çatlak oluşumu gibi birleştirme hatasına rastlanılmamıştır. Eğme deneyine tabi tutulan deney numunelerine ait örnekler Şekil 2'de verilmiştir.



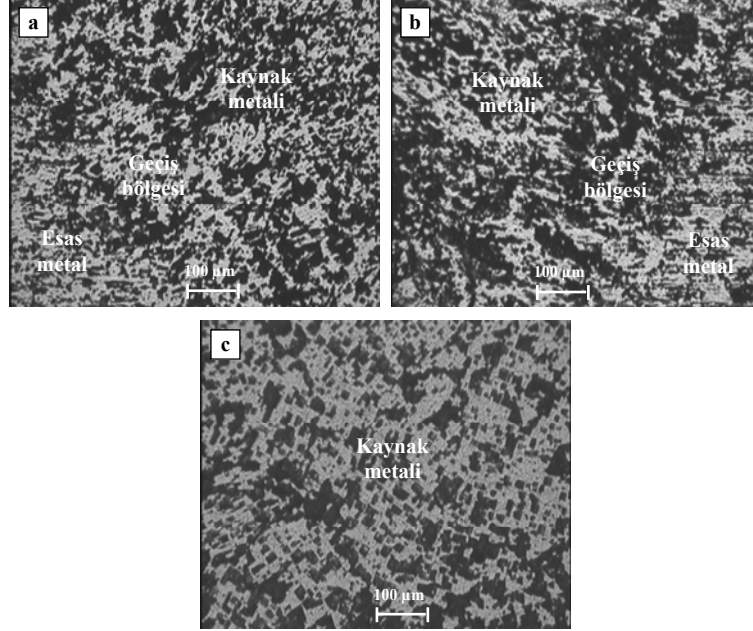
Şekil 2. Eğme deneyi uygulanan numuneler

### 3.2. Mikroyapı

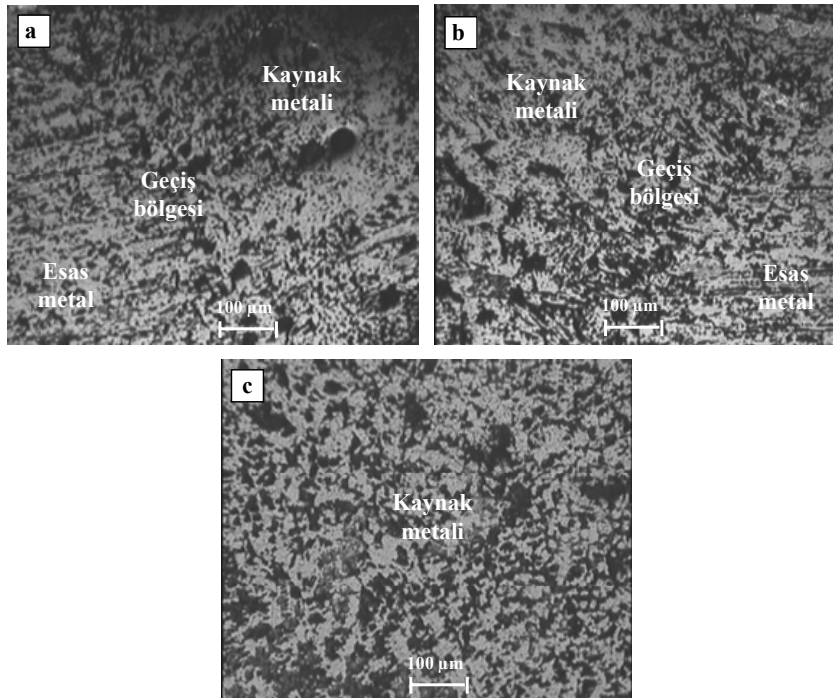
Şekil 3 (a) ve (b) saf argon atmosferi altında birleştirilen numunelerin geçiş bölgelerinin mikroyapısını göstermektedir. Burada ana malzeme ile kaynak metal geçiş bölgesi düzgün bir görüntü sergilemekte ve geçiş bölgesi net bir şekilde görülebilmektedir. Yine mikroyapı fotoğraflarından kaynak metal tanelerinin ısı akışı yönüne ters olarak belirgin bir şekilde yönlendiği görülmektedir. Yapılan bir araştırmada da kaynak metalinde oluşan tanelerin ısı akışına ters olarak yönleneceği ve en son kaynak metal merkez çizgisinde katı-

laşmanın tamamlanacağı belirtilmektedir (16). Şekil 3 (c)'de ise kaynak metali mikroyapısı görülmektedir. Burada, kaynak metalinin homojen bir tane yapısı sergilediği ve herhangi bir gaz boşluğu veya hata içermediği görülebilmektedir.

kullanılan kaynak akımı 120 amperden 95 amper değerine düşürülmüştür. Bu şartlarda dahi, kullanılan alüminyum levhanın kalınlığının (5 mm) yeterli olmayışından dolayı kaynak dikişi boyutları artmıştır. % 1.5 hidrojen ilaveli birleştirme işleminde de kaynak



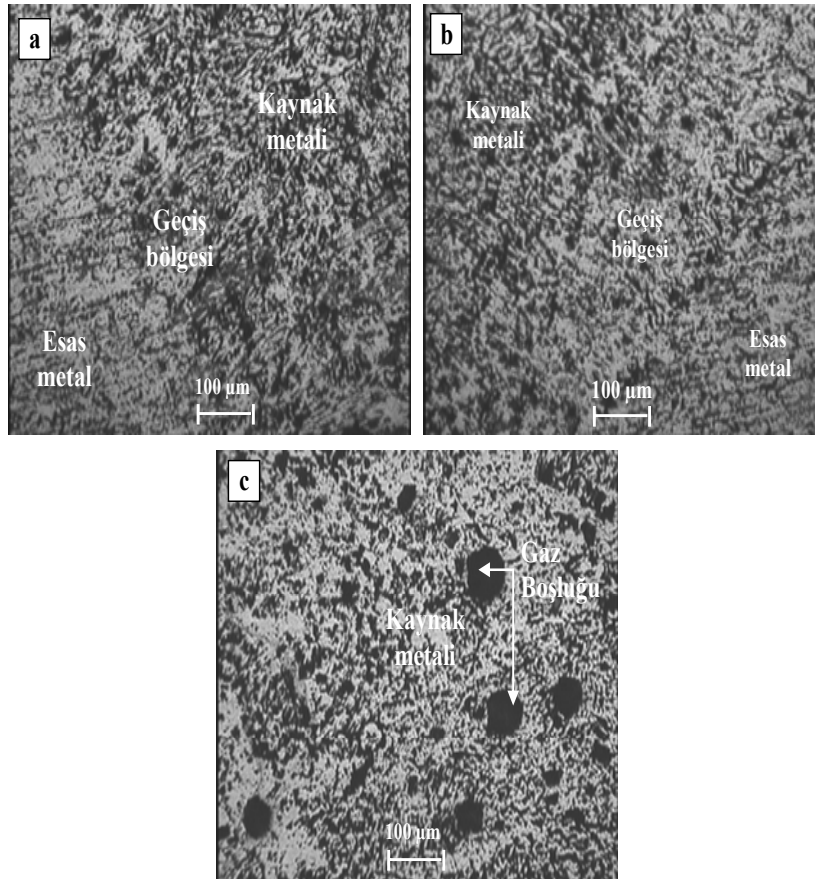
Şekil 3. Saf argon atmosferi altında birleştirilen numunelerin mikroyapısı



Şekil 4. % 1.5 H<sub>2</sub> + % 98.5 Ar atmosferi altında birleştirilen numunelerin mikroyapısı

Şekil 4 (a) ve (b) % 1.5 H<sub>2</sub> + % 98.5 Ar atmosferi altında birleştirilen numunelerin geçiş bölgelerinin mikroyapısını göstermektedir. Birleştirme işleminde kullanılan hidrojen gazı ark gücünü arttırdığından argon içerisine % 1.5 hidrojen ilavesi ile

metali ve geçiş bölgesi tipik olarak kaynaklı birleştirme geçiş bölgesini anımsatmakta ve herhangi bir birleşme hatası içermemektedir. Şekil 4 (c)'de kaynak metali mikroyapısı görülmektedir. Mikroyapı fotoğrafından görüldüğü üzere bu birleştirmede de kaynak metali



Şekil 5. % 5 H<sub>2</sub> + % 95 Ar atmosferi altında birleştirilen numunelerin mikroyapısı

herhangi bir hata içermemekte ve genel olarak alüminyum mikroyapısı görünümü sergilemektedir.

Şekil 5 (a) ve (b) % 5 H<sub>2</sub> + % 95 Ar atmosferi altında birleştirilen numunelerin geçiş bölgeleri mikroyapısını içermektedir. Birleştirme işleminde koruyucu argon gazı içerisine ilave edilen % 5 oranındaki hidrojen gazı, kullanılan akım değerinin düşük olmasına rağmen ark sıcaklığını fazlasıyla arttırmış ve kaynak havuzu % 1.5 hidrojen ilavesi ile gerçekleştirilen kaynak havuzundan daha geniş boyutlarda oluşmuştur. Bu birleştirme işlemlerinde de mikroyapı fotoğraflarından görüldüğü üzere kaynak metali ve esas metal arasında düzgün bir geçiş sağlanırken, kaynak metali bir takım gaz boşlukları içermektedir (Şekil 5 c). Meydana gelen bu gaz boşluklarına sebep olarak kaynak havuzunun boyutlarının fazla olması ve dolayısı ile yeterince korunamaması ayrıca kullanılan hidrojen miktarının fazla olması düşünülmektedir. Literatürde (15), birleştirilen malzeme özelliklerine bağlı olmak üzere koruyucu argon gazı içerisine ilave edilen hidrojenin gaz kabarcıkları ve çatlak oluşumuna sebep olabileceği belirtilmektedir.

Genel olarak mikroyapı görüntüleri değerlendirildiğinde, üç farklı koruyucu gaz atmosferi altında birleştirilen numunelerin tamamında uygun bir kaynak metali – ana malzeme geçişi sağlanırken, koruyucu ortamda hidrojen miktarının artışı kaynak metalinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Alüminyum malzemelerin birleştirilmesinde koruyucu argon gazına

ilave edilen hidrojen miktarı % 1.5 değerinin üzerine çıktığında kaynak metali bir takım gaz boşlukları içerebilmektedir. Kaynak metalinin içerdiği bu gaz boşlukları ise birleştirmelerin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Farklı karışımdaki koruyucu gazlar altında, TIG kaynak yöntemi ile birleştirilen alüminyum malzemelerin mekanik ve mikroyapı özelliklerinin araştırıldığı bu çalışmada;

1- Saf argon ve argon içerisine % 1.5 oranında hidrojen ilave edilmiş koruyucu gaz ile gerçekleştirilen birleştirme işlemlerinden elde edilen numunelerin çekme mukavemetlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu ancak, argon içerisine % 5 oranında hidrojen ilaveli koruyucu gaz altında birleştirilen numunelerin çekme mukavemetlerinin kaynak metalinde oluşan gaz boşluklarından dolayı düştüğü tespit edilmiştir.

2- Çekme işlemleri sonucunda, argon ve argon içerisine % 1.5 oranında hidrojen ilavesi ile birleştirilen numunelerde kopma ITAB'dan olurken, argon içerisine % 5 oranında hidrojen ilaveli birleştirmelerde kopma kaynak metalinden gerçekleşmiştir.

3- Her üç koruyucu atmosfer altında birleştirilen numunelere uygulanan eğme deneyleri sonucunda, numunelerin birleşme bölgelerinde gözle görülebilir yırtık, çatlak, vb. yüzey kusurlarına rastlanılmamıştır.

4- Değişik koruyucu atmosferler altında birleştirilen numunelerin tamamında kaynak metali ve ITAB'ın sertliğinin, deformasyon izi taşımayan yeni tanelerin oluşumu nedeniyle ana malzemeden düşük olduğu belirlenmiştir.

5- Koruyucu gaz olarak kullanılan argon içerisindeki hidrojen miktarının % 1.5 oranının üzerine çıkması durumunda, kaynak metalinde gaz boşluklarının oluştuğu belirlenmiştir.

6- Koruyucu argon gazı içerisine ilave edilen hidrojen miktarının artması ile beraber ark ısı ve dolayısı ile ergiyik metal hacmi artacağından, koruyucu gaza belirli bir orana kadar ilave edilen hidrojen gazının kalın kesitli alüminyum parçaların birleştirilmesinde büyük avantaj sağlayacağı tespit edilmiştir.

## 5. KAYNAKLAR

- 1- Richard, W. D., John S. V., Mark T. S., Stan, G. P., Mechanical properties of aluminium tailor welded blanks at super plastic temperatures, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 128, 38-47, 2002.
- 2- Tusek, J., Suban, M., Experimental research of the effect of hydrogen in argon as a shielding gas in arc welding of high-alloy stainless steel, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 25, 369-376, 2000.
- 3- Kahraman, N., Durgutlu, A., Gülenç, B., 316 L Paslanmaz çeliğin TIG kaynağında koruyucu argon gazına hidrojen ilavesinin kaynak bölgesi tane morfolojisine etkilerinin araştırılması, *G.Ü.T.E.F. Politeknik Dergisi*, Cilt 7, 223-228, 2004.
- 4- Suban, M., Tusek, J., Dependence of melting rate in MIG-MAG welding on the type of shielding gas used, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 119, 185-192, 2001.
- 5- Anık, S., Tülbentçi, K., Kaluç, E., Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağı, *Gedik Holding Yayını*, İstanbul, 11-26, 1991.
- 6- 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.
- 7- Juang, S. C., Tarn Y. S., Process parameter selection for optimising the weld pool geometry in the tungsten inert gas welding of stainless steel, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 122, 33-37, 2002.
- 8- Cary, H. B., *Modern welding technology*, Second Edition, AWS, 82-85, 1981.
- 9- Anık, S., Vural, M., Gazaltı ark kaynağı, *GEV Yayını*, Yayın No:3, İstanbul, 25-53, 1991.
- 10- Hicken, G. K., *Gas-Tungsten arc welding*, ASM Handbook, Vol. 6, 190-193, 1993.
- 11- Althouse, A. D., Turnquist, C. H., Bowditch, W. A., Bowditch, K. E., *Gas tungsten arc welding*, *Modern Welding*, 327-328, 1992.
- 12- Lowke, J. J., Richard, M., Jawad, H., Anthony, M. B., Prediction of gas tungsten arc welding properties in mixtures of argon and hydrogen, *IEEE Transactions on Plasma Science*, Vol. 25, 925-930, 1997.
- 13- Richard, S. S., *The procedure handbook of arc welding*, The Lincoln Electric Company, Cleveland, Ohio, 5.41-5.49, 1995.
- 14- Richard, F., Tom, M., *Welder's handbook*, The Berkley Publishing Group, New York, 122-246, 1985.
- 15- Oğuz, B., *Demirdışı metallerin kaynağı*, Oerlikon Yayını, İstanbul, 32-86, 1990.
- 16- Durgutlu, A., Gülenç, B., Tülbentçi, K., Ark kaynağında kaynak hızının nüfuziyete ve mikroyapıya etkisi, *Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, Cilt 23, 251-259, 1999.