

**MIG/MAG METODU İLE KAYNAK YAPILAN YAPI ÇELİĞİ (St37-2) LEVHALARIN EĞME YORULMASI GERİLMESİNE ÇEŞİTLİ AKTİF GAZLARININ ETKİSİ**

Aydın ŞIK<sup>1</sup>

**ÖZET**

Bu çalışmada endüstride çok yaygın uygulama alanı bulan MIG/MAG kaynak yöntemi kullanılarak St37-2 yapı çeliği kaynak edilmiştir. MIG/MAG kaynak yönteminde kullanılan karışım gazlar büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle üç farklı gaz karışımı kullanılmıştır. Bu karışım gazlar; 80Ar+18CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub>, 88Ar+10CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> ve 93Ar+5CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> seçilmiştir. Seçilen gazlarla MIG/MAG kaynağı yapıldıktan sonra kaynak dikişinden çıkarılan numunelerin eğme yorulma deneyleri yapılarak hangi gazın yorulma dayanımının daha yüksek olduğu incelenmiştir. Üç farklı gaz karışımı ile yapılan birleştirmelerin yorulma dayanımı yüksek çıkan gaz karışımı 88Ar+ 10CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> olduğu görülmüştür. Ancak diğer gazlarla karşılaştırıldığında çok büyük farklılık ortaya çıkmamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** St37-2, MIG/MAG kaynağı, Koruyucu gaz karışımları, Yorulma

**ABSTRACT**

In this study, St37-2 construction steel has been welded through MIG/MAG welding method that has a wide range of application in industry. The mixture of the shielded gasses in MIG/MAG welding process. In the study three different mixture of gases were used. These mixture of these gas were 80Ar+18CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub>, 88Ar+10CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> and 93Ar+5CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub>. After welding procedure the effect of the mixture on the fatigue bending strength was investigated. The results of the tests showed that the the mixtur of 88Ar+ 10CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> shielding gas gives beter fatigue bending strength but there is not much more differance between test results. It has been found out that of three gas mixtures used for joints, 88Ar+ 10CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> gas mixture had the highest fatigue resistance, although no significant difference has been observed when compared to the others.

**Key Words:** St37-2, MIG/MAG welding, Shielding gases mixture, Fatigue

**1. GİRİŞ**

Yapı çeliği kaynaklarında oldukça yaygın olarak kullanılan MIG/MAG kaynağının kullanımının artması ile bu yöntemde kullanılan koruyucu gazların geliştirilmesi, çeşitli gaz karışımları ile yapılan kaynak bağlantılarında dikiş özelliklerinin incelenmesi yolunda araştırmalar yapılmaktadır. Özellikle, gaz karışımlarının dikiş özelliklerinin iyileştirilmesi ve daha hızlı ekonomik bağlantılar oluşturulması açısından önemi de oldukça büyüktür.

Günümüzdeki en büyük gelişme olanağı bulan kaynak yöntemleri MIG/MAG ve toz altı kaynak yöntemleridir. Sanayileşmiş ülkelerde, günümüzün en popüler yarı otomatik kaynak yöntemi olan MIG/MAG yöntemi son yıllarda ülkemizde de hızla yayılmaktadır (Şık, 2002). MIG/MAG kaynağında soy ve aktif gazlar veya bunların çeşitli oranlardaki karışımları kullanılır.

Çeliklerin koruyucu gaz kaynağında saf Ar, Ar ve CO<sub>2</sub> karışımları, Ar ve O<sub>2</sub> karışımları, Ar+CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> karışımları ve saf CO<sub>2</sub> gazı kullanılır. Gazların görevi; damlaları, kaynak banyosu ile ısıdan etkilenmiş bölgeyi havadan korur ve kaynak arkı davranışlarını iyileştirir. Gazların seçimi ayrıca arkın nüfuziyetini etkiler (Pierre, 1987; Raoufi, 1994; Kuna, 1989; Svensson, 1994). Bunlara ilave olarak, kaynak sonrası, kaynak bağlantısından beklenen fiziksel ve mekaniksel özellikleri elde edebilmek için kaynak edilen malzeme özelliğine uygun çeşitli oranlarda gaz karışımları kullanılmaktadır (Tülbentçi, 1990; Sacks, 1981; Althouse, 1992);

Gazların ayrışma enerjileri, iyonizasyon potansiyelleri, yoğunlukları, ısı ve elektrik iletim özellikleri, maliyetleri büyük farklılıklar göstermekte ve bunun sonucu olarak da arkın oluşumu ve kaynak sırasındaki davranışı, ark içinde malzemenin taşınımı ve elde edilen kaynak ağızlarının profili farklılıklar göstermektedir. Sadece tek bir tür gazın kullanımında gazların her biri bir takım üstünlükler ve sınırlamalar gösterdiklerinden, günümüzde gazların iyi özelliklerini optimize edebilmek sınırlamalarını en aza indirebilmek için MIG/MAG kaynak yönteminde çeşitli karışım gazlar kullanılır. Karışım gazları 1950'lerde genelde yaygın olarak Ar+CO<sub>2</sub>, Ar+O<sub>2</sub> ve Ar+CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> kullanılmıştır. Daha sonraları ise Ar+He+CO<sub>2</sub> ve Ar+He+CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> karışımlar kullanılmıştır (Tülbentçi, 1988; Hilton, 1994; Tülbentçi, 1998).

MIG/MAG kaynağında kullanılan gaz karışımlarında Ar asal gaz olduğu için herhangi bir reaksiyona girmeyeceği böylece ark oluşumu ve kararlılığının kolay olacağı, CO<sub>2</sub>'nin ise ergimiş ark damla banyoyu oksitleyeceği ve tüm dikiş pozisyonlarda kısa devre kaynağını kolaylaştıracağı ve iyi bir geçiş sağlayacağı görülmüştür. Fakat CO<sub>2</sub>'nin sıçrama dezavantajının yüksek olacağını, buna karşılık CO<sub>2</sub>'e O<sub>2</sub> katılmasıyla kaynak formunun ark akışının düzeleceği, damla sıçramanın azalacağı, kaynak veriminin artacağını göstermektedir (Pilarczyk, 1994).

<sup>1</sup> G.Ü. Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi, Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümü, Beşevler/ANKARA aydins@gazi.edu.tr

Argon en az nüfuziyet, en düşük ergime gücü en dar dikiş verirken, helyum en derin nüfuziyet, daha yüksek ergitme gücü, geniş ve konveks bir kaynak dikişi oluşturur. Her iki gazın ve bu gazların karışımlarının kaynaktaki metal sıçrama kayıplarının en aza indirdiği görülür (ODTÜ, 1992).

Bu çalışmada da gaz karışımları seçilirken gazların kaynak dikişi üzerindeki etkileri göz önünde bulunarak seçilmiştir. Üç farklı gaz karışımı ile St37-2 çeliği MIG/MAG kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve bunların eğmeli yorulma dayanımı deneyleri yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

#### 2.1.1. Esas Malzeme

Bu çalışmada deney malzemesi olarak Çizelge 1’de kimyasal bileşimi ile Çizelge 2’de fiziksel özellikleri verilen 4 mm kalınlığında sıcak haddelenmiş alaşımsız yapı çeliği (St37-2) kullanılmıştır.

**Çizelge 1. Kullanılan malzemenin kimyasal özellikleri (Erdemir, 2000)**

Yeni Standard	Önceki Standart	Kimyasal bileşim (%)							
		C max	P max	S max	Mn max	Si max	Cu	Al Min.	N
DIN EN 10025-94	DIN 17 100-80	0,17	0,025	0,020	0,80	0,30	0,25-0,40	0,15	0,012
S235JRG2	Rst 37-2								

**Çizelge 2. Kullanılan malzemenin fiziksel özellikleri(Erdemir, 2000)**

Fiziksel özellikler		
Akma mukavemeti (min) daN/mm <sup>2</sup>	Çekme mukavemeti daN/mm <sup>2</sup>	Uzama (% min) L <sub>0</sub> = 80 mm
Kalınlık (mm) ≤16	Kalınlık (mm) ≥ 3 ≤ 50	≥ 3 ≤ 40
235	340 - 470	24

#### 2.1.2. Dolgu Metali (Elektrod)

Deneylerde Çizelge 3’te kimyasal bileşimi ile Çizelge 4’te mekanik özellikleri verilen 1 mm çaplı G3Si1 (SG2) teli kullanılmıştır.

**Çizelge 3. Deneylerde kullanılan EN 440’a (EN 440, 2002) göre imal edilmiş tel elektrodların kimyasal bileşimi**

Simge	Kimyasal Bileşim (%)										
	C	Mn	P	S	Si	Al	N <sub>2</sub>	Ni	Cr	Cu	Mo
G3Si1 (SG2)	0,068	1,4-1,6	0,020	0,014	0,763	0,002	0,003	0,041	0,031	0,026	0,002

**Çizelge 4. Deneylerde kullanılan EN 440’a (EN 440, 2002) göre imal edilmiş tel elektrodların mekanik özellikleri**

Akma mukavemeti [N/mm <sup>2</sup> ]	Çekme mukavemeti [N/mm <sup>2</sup> ]	Darbe enerjisi (J) ISO-V	Uzama (%) (L <sub>0</sub> = 5d <sub>0</sub> )
450	550	80 [-20 <sup>0</sup> C]	28

### 2.1.3. Kullanılan Koruyucu Gazlar

Bu çalışmada, karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kaynağına uygun olabileceği saptanan ve daha önce yapılmış olan araştırmaların sonuçlarına göre Ar, CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> Çizelge 5'te verilen karışım oranlarındaki gazlar kullanılmıştır ( EN 439, 1995 ).

**Çizelge 5. Deneylerde kullanılan karışım gazların (%) oranları**

Karışımın adı	Karışım oranı (%)		
	Ar	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
1.Grup	80	18	2
2.Grup	88	10	2
3.Grup	93	5	2

### 2.1.4. Kullanılan Kaynak Makinası

Deneylerde 400 amperlik yatay karakteristikli, su soğutmalı 5 kaba 6 ince ayar kademeli 30 gerilim basamaklı doğru akım (DC) kaynak makinası kullanılmıştır ve transistorlu akım basamağı ayarlayıcısı ile kısa devre akımı en aza indirilmeye çalışılmıştır. Makinanın teknik özellikleri Çizelge 6'da gösterilmektedir.

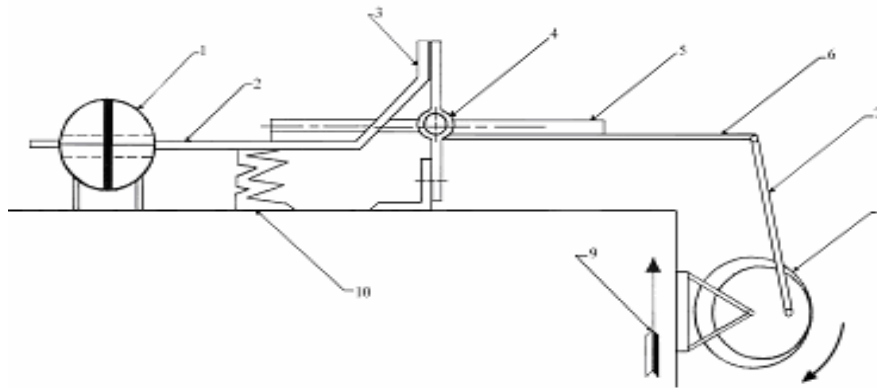
**Çizelge 6. Deneylerde kullanılan kaynak makinasının teknik özellikleri**

Devreler	Veriler
Şebeke gerilimi (3 faz, 50 Hz)	380 V
Akım ayar aralığı	40-400 A
Gerilim ayar aralığı	16-43 V
Nominal kaynak akımı (%60 D.K.O.)*	400 A
Sürekli kaynak akımı (%100 D.K.O.)	350 A
Nominal akımı (%60 D.K.O.)	26 A
Nominal gücü (%60 D.K.O.)	17.1 kvA
Kaynak kablo kesiti	50 mm <sup>2</sup>

\*D.K.O.=Devrede kalma oranı

### 2.1.5. Deneylerde Kullanılan Eğme Yorulma Düzenegi

Eğme yorulma düzenegi DIN 50142 ile uyumlu olan termoplastikler, demir esaslı olmayan metaller ve çeliklerden yapılmış numuneler üzerinde dinamik yorulma testlerini yapılmasına olanak sağlar. Bu düzenek özellikle sac malzemelerin test edilmesi amacı ile geliştirilmiştir. Düzenek kapasitesinin izin verdiği ölçüde dinamik ve statik yükler, değişken olarak yüklenebilir. Düzenekte Alman Standardı DIN 50100'e göre uygun Wöhler ve yorulma dayanımı testi olan (S-N) diyagramları oluşturabilmektedir.

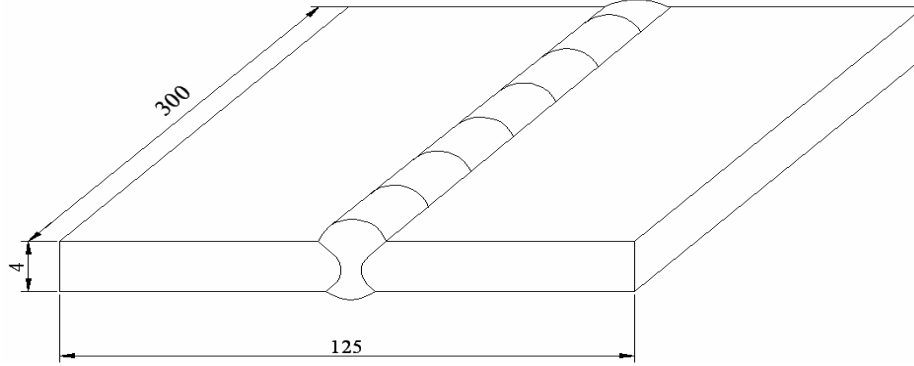


**Şekil 1. Eğmeli yorulma düzeneginin şematik gösterilişi**

- |                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| 1.Gösterge                      | 6. Hareketli mil          |
| 2.Seviye ölçüm çubuğu           | 7. Bağlantı çubuğu        |
| 3.Yaprak yayı destekleme çubuğu | 8. Eksantrik gösterge     |
| 4.Dönüş eksenini                | 9. Motor yüksekliği ayarı |
| 5.Deney numunesi                | 10. Ölçü yayı             |

## 2.2. Kaynaklı Bağlantı ve Uygulamaları

300x62,5x4 mm boyutlarında kesilen parçalar otomatik MIG/MAG kaynak yöntemi ile belirlenen üç farklı gaz karışımında kaynak edilmişlerdir. Şekil 2’de gösterildiği gibi kaynak dikişleri tüm bağlantılarda yatay oluk pozisyonundadır. Deneylerde 4 mm’lik malzeme kullanıldığından V kaynak ağızı açılarak standartlarda olduğu gibi birleştirilmiştir. Bütün deneylerin aynı koşulları sağlaması üzerine kaynak torcunu rahatlıkla monte edebildiğimiz, ileri geri doğrusal hareket edebilen otomatik araba kullanılmıştır. Çizelge 7’de de birleştirmelerin oluşturulmasında kullanılan kaynak koşulları verilmiştir.



Şekil 2. Alın kaynak pozisyonu ile kaynak edilmiş levhalar

Çizelge 7. Birleştirmelerde uygulanan MAG kaynak parametreleri

Koruyucu aktif gazların bileşimi	1. 80Ar+18CO <sub>2</sub> +2O <sub>2</sub> 2. 88Ar+10CO <sub>2</sub> +2O <sub>2</sub> 3. 93Ar+5CO <sub>2</sub> +2O <sub>2</sub>
Akım şiddeti (Amper)	280
Gerilim (Volt)	16
Tel çapı (Ø) [mm]	1
Telin simgesi	G3Si1
Tel ilerleme hızı (m/d)	4,2
Kaynak hızı (cm/d)	36

### 2.2.1. Deney Numunesi Hazırlama Şartları

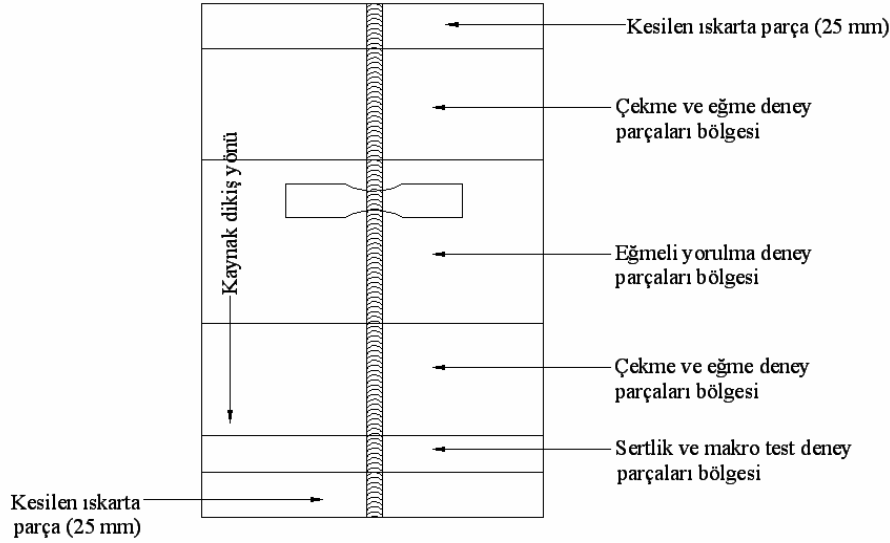
Deney numunelerinin hazırlanacağı bağlantılarda uygulanan kaynak işlemi sonrası görülebilecek yüzeysel hataları saptamak amacı ile görsel muayene yapılmıştır. Bu muayenede “ANSI/AWS D9.1-90 Sheet Metal Welding Code” esas alınmıştır (AWS, 1990; EN 25817, 1992).

Kaynak sonrası oluşan dikiş yüksekliği, dikişlerin üzerinde oluşan tırtıllarda, yanma olukları, sıçramalar ve dikiş kök sarkmasının yanı sıra dikiş genişliği, kökte oluşabilen yetersiz ergime bölgeleri görsel olarak detaylı incelenmiş olup, sıçrayan metal damlacıkların ve diğer hususların kabul sınırları içinde olduğu görülmüştür. Ancak bu hataların olmadığı bölgelerde deney numuneleri hazırlanmıştır.

Kaynak işlemlerinden sonra numuneler ilgili standartlarda belirtildiği gibi normal soğuma koşullarında soğumaya bırakılmıştır. Görsel muayeneden geçen bu levhalardan yapılacak deney planına göre EN-288-3’e (EN 288-3, 1997) uygun deney numuneleri hazırlanmıştır.

Şekil 3.’te kaynağın başlangıç ve bitiminde oluşabilecek hataların engellenebilmesi için kaynaklı levhaların başlangıç ve bitiminden 25 mm’lik kısımları kesilerek atılmıştır.

Bu çalışmada, 3 farklı gaz kullanılarak yapılan kaynaklı parça ve esas metalden çıkarılan numunelere yorulma deneyleri uygulanmıştır.



Şekil 3. EN 288-3' e göre numunelerin levhadaki dağılım planı

### 2.3. Yorulma Deneyleri

Eğmeli yorulma deneyleri sonucu elde edilen değerler ve Wöhler eğrileri en yüksek gerilmeye karşılık çevrim sayısı logaritmik işaretlenerek çizilmiştir. Bir defaya mahsus mukayese amaçlı esas metalden, kaynaklı bağlantılarda ise her gaz karışımı için 8'er adet numune hazırlanarak yapılmıştır. Tüm deneylerde sınır çevrim sayısı olarak literatürde tavsiye edilen çevrim sayısı  $N=2 \times 10^6$  alınmıştır (Güleç, 1983).

Deneylerde kullanılan eğme momenti ( $M_e$ ) değerlerinden eğilme gerilmesi ( $\sigma$ ) değerlerine klasik mukavemet bilgileri kullanılarak dikdörtgen kesitli parçalar aşağıdaki gibi hesaplanır (DIN 50 142, 1982);

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$\sigma = \frac{M_e}{W}$$

$\sigma$  = Eğilme gerilmesi [daN/mm<sup>2</sup>]

$W$  = Mukavemet momenti [mm<sup>3</sup>]

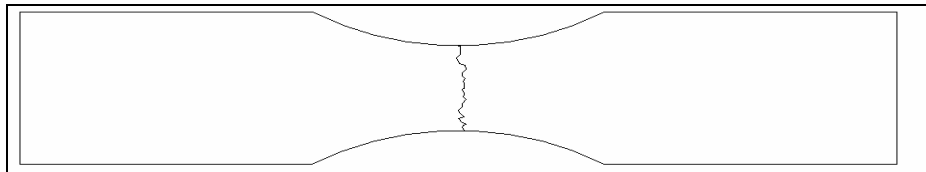
$M_e$  = Eğilme momenti [daN/mm<sup>2</sup>]

$b$  = Genişlik [mm]

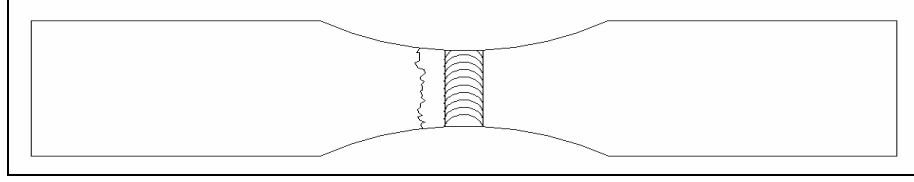
$h$  = Kalınlık [mm]

Hazırlanan numunelere uygulanan yorulma dayanımı sonrasında kırılan deney parçaları incelenerek yorulma çatlağının olduğu yer saptanmıştır. Şekil 4.'te esas metalden alınmış numunelerin yorulma deneyi sonrası kırılma şekli şematik olarak gösterilmiştir. Esas metale ait numunelerde yorulma çatlaması kesitin ince olduğu bölgede oluşmuştur. Literatür araştırmalarına göre bu durum normaldir (Gülenç, 1995; Aydemir, 1996; Şık, 2002).

Şekil 5.'te kaynaklı numunedен çıkartılan yorulma deneyi sonrası kırılma şekli verilmiştir. Burada verilen şekil şematik olmasına karşın bu tür bağlantıların kırılma bölgesi incelendiğinde kırılmanın bağlantının en zayıf ve hassas bölgesi olan ısıdan etkilenmiş bölgede olduğu saptanmıştır. Bu oluşumda gayet normal olup bu konuda çalışan araştırmacıların deney sonuçları ile uyum halindedir (Gülenç, 1995; Aydemir, 1996; Şık, 2002).



**Şekil 4. Kaynak edilmemiş sactan çıkartılan numunenin yorulmadan dolayı kırılma şekli**



**Şekil 5. Kaynak yapılmış sactan çıkartılan numunenin yorulmadan dolayı kırılma şekli**

### 3. BULGULAR

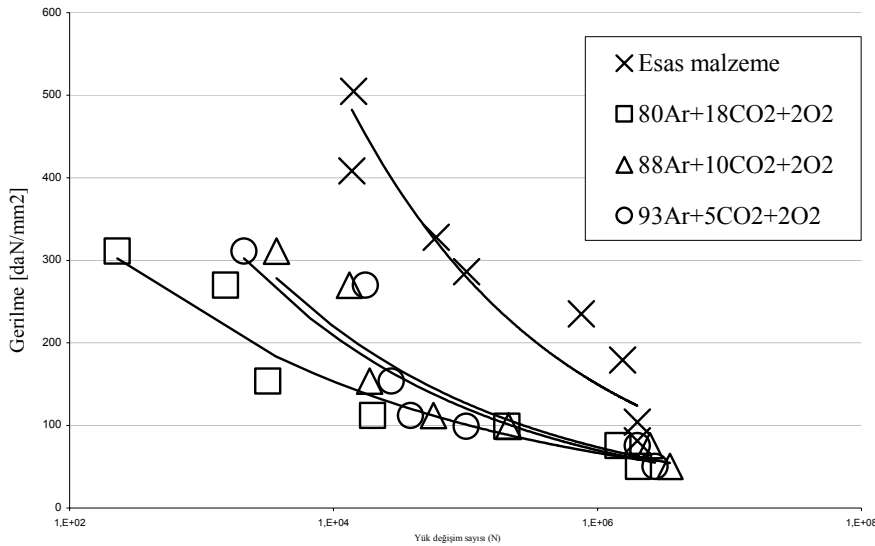
#### 3.1. Görsel Muayene Sonuçları

Deneylerde kullanılacak numunelerin kaliteli kaynak bölgelerinden seçilmesini amaçlayan ve kaynak sonrası gerçekleştirilen görsel muayenelerde bağlantıların hiçbirinde yanma oluşuna rastlanmamıştır. Bu da seçilen kaynak parametrelerinin uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca, sıçrantılar açısından da uluslararası kaynak prosedürlerinin öngördüğü sınırlar (AWS Sheet Metal Code, vb.) içindeki boyut ve dağılımda sıçrantılara rastlanmıştır olup, bunlar kabul edilebilir sınırlarda olduğundan dolayı kaynaklı bağlantılar kabul edilebilir olarak alınmıştır. Bu sonuçlarda kullanılan karışım gazların etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Argonca zengin içerisinde %2O<sub>2</sub> içeren ve %5CO<sub>2</sub>+%2O<sub>2</sub> içeren gaz karışımları ile yapılan kaynaklarda sadece CO<sub>2</sub> koruması altında yapılan kaynaklara nazaran sıçramaların azaldığı ve kaynak banyosu yüzey geriliminin de düştüğü bilinmektedir (Ertürk, 1994).

#### 3.2. Eğmeli Yorulma Deneyi Sonuçları

Mukayese amacı ile esas metalden (kaynak edilmemiş) çıkartılan numunelerin yorulma deneyi sonuçları, kaynağı yapılan 80Ar+18CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub>, 93Ar+5CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> ve 88Ar+10CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> karışım gazları kullanılan numunelerin yorulma diyagramları Şekil 6'da toplu halde verilmiştir.



**Şekil 6. Kaynak edilmemiş ve üç farklı gaz karışımlardan yapılan kaynaklı numunelerin yorulma diyagramları**

Ar+O<sub>2</sub> koruyucu gaz karışımları ile yapılan numunelerin akma mukavemetleri O<sub>2</sub> yüzdesinin artması ile artmaktadır. Aynı şekilde O<sub>2</sub> yüzdesinin artmasıyla çekme mukavemeti düşmekte buna karşılık % uzama miktarı artmaktadır. Ar+CO<sub>2</sub> koruyucu gaz ortamında kaynak yapılan numunelerde CO<sub>2</sub> oranının artmasıyla akma ve çekme dayanımlarının düştüğü ve % sünekliliğin arttığı görülür. Ar+CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>'nin üçlü karışım gazı ile kaynak edilen numunelerde Argona ilave edilen O<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> gazları belirli bir orandan sonra artması ile akma ve çekme mukavemetlerinde düşme % süneklilik miktarlarında artma

görülür. Argona CO<sub>2</sub> eklenmesi ark sıcaklığını artırıcı etki yapmakta O<sub>2</sub> kaynak banyosu yüzey gerilimine etki ederek daha üniform olmasını sağlamakta ve kaynak dikişi mukavemetini artırıcı etkiler ortaya koymaktadır. Çeliklerin kaynağında saf Ar kullanıldığı zaman yanma oluşu oluşabilir. % 1-5 O<sub>2</sub> veya % 3-25 CO<sub>2</sub> ilave ederek yanma oluşu önlenir. Aynı zamanda arkin dengesi sağlanmış olur. CO<sub>2</sub> derin nüfuziyet ve yüksek ark enerjisi sağlar, O<sub>2</sub> iyi ısıtma ile birlikte sıçramayı azaltır. (Ertürk, 1994; Gülenç, 1995; Nil R., 1987; Hilton, 1990; Şık, 2002; Tülbentçi, 1988).

Koruyucu gaz içindeki aktif bileşenler (O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> miktarları) fazla olduğunda kaynak metali içerisindeki O<sub>2</sub> oranı artmakta, yüksek oranda O<sub>2</sub>'in elektrodaki Mn ve Si oranını azaltmaktadır. Çünkü Ar+CO<sub>2</sub> gaz karışımı içindeki CO<sub>2</sub> oranının artması ile ark voltajı ve toplam ısı girdisinin de yükseleceği, yüksek ısı girdisinin kaynak metalinin gaz-faz reaksiyonunu ve metalürjik yapısını da etkilemektedir. Bu etki ise mekanik dayanımının azalmasına neden olmaktadır (Balraj, 1992).

Karışımındaki CO<sub>2</sub> oranlarının artması arkin kararlılığını azaltmakta ve sıçrama seviyesinin artmasına yol açmaktadır. Kırılma yüzeyden başladığı için özellikle eğilme ve burulma zorlamalarında, yüzeylerin işlenme durumu, yorulma ömrünü önemli derecede etkilemektedir. Belirli bir ortalama gerilimde elemanın taşıyabileceği gerilme, şekil değiştirme, üst yüzey kalitesine bağlıdır. Pürüzlü yüzeyler çentik etkisi yapmakta ve yorulma dayanımını düşürmektedir (Şık, 2002). Malzeme yüzeyinde yüzey pürüzlülüğü arttıkça yorulma ömrü de buna bağlı olarak azalacaktır (Güleç, 1983) CO<sub>2</sub> oranı fazla olan gaz karışımı ile MIG/MAG kaynağı yapıldığında sıçramaların fazla olmasından dolayı pürüzlü yüzey oluşturur ve bunlarda çentik etkisi yapar. Çentikte yorulma dayanımını düşürdüğünden dolayı 80Ar+18CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> gazı ile yapılan yorulma dayanımı değerleri de düşük çıkmıştır. Aynı zamanda koruyucu gazın bileşimi, dikiş mukavemetini, gözenek, erime karakteristiği ve alaşım elementlerinin denetimi açısından da etkileri vardır. Gözenek, dikiş özelliklerini olumsuz yönde etkileyerek kesit alanında bir kayba yol açar, bunun için uygun bir koruyucu gaz ya da gaz karışımının seçimi, gözeneklilik oranını etkili bir şekilde denetim altında tutabilir. Kullanılan koruyucu gazın bileşimin doğru belirlenmesi ile erime hatalarının giderilmesi mümkün olur. Hassas olarak ve az miktarlarda O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> ilavesi ile kaynak banyosunun yüzey gerilimini azaltmakta mümkündür. Bu özelliklerin tümünde yapılan deney sonuçlarını doğrulamaktadır. Bu çalışmada da CO<sub>2</sub> oranı yüksek olan gaz karışımının (80Ar+18CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub>) yorulma dayanımı diğer iki gaz karışımına göre düşük çıkmıştır.

Karışımındaki CO<sub>2</sub> oranının azalması ile iyi bir nüfuziyet elde edilemez. Düşük CO<sub>2</sub> içeren gaz karışımları yeterli ısıyı sağlayamaması nedeni ile banyoda argon hapsi ve azot çözülmesi meydana getirir. Bu da kaynak dikişinin mekanik özelliklerini kötü yönde etkilemektedir (Gülenç, 1995). Ayrıca Ar'a %12-15 CO<sub>2</sub> ilavesinin sertlikte çok az düşüşe neden olmaktadır (Balraj, 1992). Sertlik, yorulma dayanımına etki eden malzeme özelliklerinden biridir. Sert malzemelerin yorulma dayanımları, yumuşak malzemelere göre genelde yüksektir (Şık, 2002). Bundan dolayı da yapılan yorulma dayanımı deneyleri sonucunda CO<sub>2</sub> miktarı az olan gaz karışımının (93Ar+5CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub>) değeri düşük çıkmıştır.

Şekil 6'da görüldüğü gibi yüksek gerilimde üç farklı gaz kullanılarak yapılan yorulma dayanımı deneyleri sonuçları farklılık göstermesine rağmen düşük gerilimde yapılan deneylerde çok büyük farklılık görülmemiştir. Üç farklı gaz karışımı ile yüksek gerilim altında yapılan birleştirmelerin yorulma dayanımları yüksek çıkan gaz karışımı 88Ar+10CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> olduğu en düşük yorulma dayanımları ise 80Ar+18CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> olan gaz karışımından ortaya çıkmıştır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada günümüz yapı çeliğinde oldukça yaygın kullanılan St37-2 çeliğinin farklı koruyucu gaz karışımları kullanılarak MIG/MAG kaynağı ile yapılmış bağlantıların yorulma özellikleri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Üç farklı gaz karışımı ile kaynak yapılmış alın kaynaklı bağlantı yorulma dayanımı değerleri esas metale nazaran yorulma dayanımlarının düşük olduğu görülmektedir.

Üç farklı gaz karışımı ile yapılan birleştirmelerin yorulma dayanımlarına göre yorulma dayanımı yüksek çıkan gaz karışımı 88Ar+10CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> olduğu görülmüştür. En düşük yorulma dayanımı ise 80Ar+18CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> olan gaz karışımından gözlenmiştir.

Bu sonuçlar incelendiğinde O<sub>2</sub> gazı sabit tutulup CO<sub>2</sub> miktarı değiştirildiğinde yorulma dayanımı değerlerinin farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu üç farklı gaz karışımı ile yapılan yorulma deneyleri sonucu en yüksek yorulma mukavemeti 88Ar+10CO<sub>2</sub>+2O<sub>2</sub> karışım gazı ile temin edilmesinden dolayı uygulamacı bu gazı tercih edebilir. Ancak yorulma dayanım deney sonuçları büyük bir farklılık göstermemiştir. Dinamik hareketlere maruz kalan uygulamalarda her üç gaz karışımı ile kaynak yapılabilir.

Bu çalışmada belirtildiği gibi ülkemizde faaliyet gösteren koruyucu gaz üretici ve pazarlayıcı firmalara ve bu gaz karışımları ile MIG/MAG kaynağı uygulayan işletmelere tavsiye edilebilir.

#### KAYNAKLAR

ALTHOUSE, A.D. (1992). TURNQUIST, C.H., BOWDICH, W.A., BOWDICH, K.E., **Modern Welding**, South Holland Illinois.

- AYDEMİR, B. (1996). **Ön Kaplı Çelik Sacların Kaynak Bağlantılarının Yorulma Davranışının İncelenmesi**, Kocaeli Üniv. Fen Bilimleri Enst., Yük. Lis. Tezi, Kocaeli.
- AWS. (1990). **Sheet Metal Welding Code**, American Welding Society, American National Standart, ANSI/AWS, Miami.
- BALRAJ, V., ROHIRA, K.L., SRINIVASAMURTY, AWAMY, (1992). **Evaluation of Shielding Gas and Flux Composition Effects on Weld Bead Properties**, Int. J. For The Joining of Materials, Vol. 4 :(2).
- DIN 50 142. (1982). **Flat bending fatigue test** Deutsche Normen.
- EN 25817. (1992). **Çeliklerde Ark Kaynaklı Birleştirmeler-Kusurlar İçin Kalite Seviyeleri Kılavuzu EQV**.
- EN 288-3. (1997). **Specification and Approval of Welding Procedures For Metallic Materials**, European Standard.
- EN 439, (1995). **Kaynak Sarf Malzemeleri- Ark Kaynağı ve Kesme İçin Koruyucu Gazlar**, Ankara.
- EN 440. (2002). **Kaynak Sarf Malzemeleri- Alaşimsız Ve İnce Taneli Çeliklerin Koruyucu Gaz Metal Ark Kaynağı İçin Tel Elektrotlar ve Yığılmış Kaynaklar- Sınıflandırma**, Ankara
- ERDEMİR ÜRÜN KATALOĞU, (2000). Ereğli Demir ve Çelik Fab., T.A.Ş., İstanbul.
- ERTÜRK, İ. (1994). **MIG/MAG Kaynak Yönteminde Kaynak Parametrelerinin Sıçrama Kayıplarına Etkilerinin İncelenmesi**, Gazi. Üni. Fen Bil. Enst., Dok. Tezi, Ankara.
- FIERRE, E. R. (1987). **Shielding gases for welding**, Welding Design&Fabrication, USA.
- GÜLEÇ, Ş., ARAN, A. (1983). **Çelik ve dökme demirlerin yorulma dayanımı**, TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, MBEAE Matbaası–Gebze
- GÜLENC, B. (1995). **MIG/MAG Kaynağında Koruyucu Gaz Karışımının Kaynak Metalinin Mekanik Özelliklerine Etkisi**, Gazi Üniv. Fen Bil. Enst., Dok. Tezi, Ankara.
- HILTON, D., STARES, I.J., DONAGHY, J. (1994). **Two shielding gases arc not enough**, Welding Design&Fabrication, USA.
- HILTON, D. (1990). **Shielding Gases for metal arc welding**, Welding&Metal Fabrication, USA.
- KUNA, J. (1989). **Effect of shielding gas mixture on the impact toughness of pulsed arc welded joints**, Tecnical University of Wroclaw, Poland.
- NIL, R. (1987). **Materialen Voor Dunwandige Constructies/Vvoorlichtingsblad, Dunne Plaat Booglassen**, Nederland Instuut Voor Lastechniek, Nederland.
- ODTÜ, (1992). **Kaynak Yöntemlerine Genel Bir Bakış**, ODTÜ Kaynak Teknolojisi Birimi, S.5-9, Ankara.
- PILARCZYK, J., SZCZOK, E. (1994). **Properties Of Gas Mixtures Used In MAG Welding**, Welding International
- RAOUFI, F. (1994). **Parameter optimization in MIG/MAG welding processes**, ODTÜ Metalurji Müh., Yük. Lis. Tezi, Ankara.
- SACKS, J. R. (1981). **Welding principles and practices**, Macmillan/McGraw-Hill.
- SVENSSON, L. E., (1994). **Control of microstructures and properties in steel arc welds**, CRC Pres, USA .
- ŞIK, A. (2002). **Otomobil Saclarının MIG/MAG Kaynağında Gaz Karışımlarının Bağlantının Mekanik Özelliklerine Etkisi**, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- TÜLBENTÇİ, K. (1990). **MIG/MAG eriyen elektrod ile gaz altı kaynağı**, Gedik Holding Yayını, İstanbul.
- TÜLBENTÇİ, K. (1988). **Eriyen Elektrod İle Gazaltı Kaynağında (MIG/MAG) Kaynak Parametrelerinin Seçimi**, Kaynak Dünyası Gedik Holding A.Ş., İstanbul.
- TÜLBENTÇİ, K. (1998). **MIG/MAG gazaltı kaynak yöntemi**, Arctech Kaynak Elektroları ve Telleri A.Ş., İstanbul
- TS 287. (1965). **Çeliklerde Eritme Kaynak Metodu İle Yapılan Alın Birleştirme Kaynaklarının Çekme Numunesi**, TSE Standardı, Ankara.