

YAPI ÇELİĞİNİN (St52-3) MIG/MAG KAYNAĞINDA GAZ KARIŞIMLARININ ÇEKME DAYANIMI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Aydın ŞIK

Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi, Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümü,
Beşevler/ANKARA, TÜRKİYE
e-mail: aydins@gazi.edu.tr

Alınış: 24 Mayıs 2005

Kabul Ediliş: 22 Kasım 2005

Özet: Bu çalışmada 4 mm kalınlığındaki St52-3 yapı çeliği endüstride yaygın olarak kullanılan MIG/MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. MIG/MAG kaynak yönteminde koruyucu gazlar büyük bir öneme sahiptir. 80Ar+18CO₂+2O₂, 88Ar+10CO₂+2O₂ ve 93Ar+5CO₂+2O₂ olmak üzere üç farklı gaz karışımları kullanılmıştır. Seçilen bu gazlarla MIG/MAG kaynağı yapıldıktan sonra çekme deney numuneleri hazırlanmış ve bunların çekme dayanımı özellikleri incelenmiştir. Çekme deney sonuçlarına göre, 88Ar+10CO₂+2O₂ karışım gazı ile en yüksek 93Ar+5CO₂+2O₂ karışım gazı ile de en düşük çekme dayanımı değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı çeliği (St52-3), MIG/MAG kaynağı, Koruyucu gazlar

The Effect of Shielding Gas Mixture on Tensile Strength of MIG/MAG Welded Construction Steel (St52-3)

Abstract: In this study, St52-3 construction steel has been welded with MIG/MAG welding method that has a wide range of application in industry. The mixture of the shielded gasses in MIG/MAG welding process is very important for the quality of the weld. In the study, three different mixture of gases were used. These mixture of these gas were 80Ar+18CO₂+2O₂, 88Ar+10CO₂+2O₂ and 93Ar+5CO₂+2O₂. After welding procedure the effect of the mixture on the tensile strength was investigated. The results of the tests showed that the mixture of 88Ar+10CO₂+2O₂ shielding gas gives highest tensile strength while 93Ar+5CO₂+2O₂ shielding gas mixture results in lowest tensile strength.

Key Words: Construction Steel (St52-3), MIG/MAG welding, Shielding gases

Giriş

Yapı çeliği 1980 ve 1990'lı yıllarda kompozit kiriş ve döşemenin etkili bir şekilde kullanımı ile birlikte Avrupa'da ve özellikle İngiltere'de daha çok kullanılan bir malzeme haline gelmiştir. Ülkemizde henüz yeterli derecede kullanılmayan çelik özellikle 1999 Marmara depremi sonrasında inşaat sektöründe adında sıkça söz edilen bir yapı malzemesi olmuştur (Çelikağ, 2002).

Yapı çeliğinin kullanıldığı alanlar, endüstriyel binalarda, köprü ve demiryollarında, geçici ve kalıcı zemin altyapı projelerinde, denizde yapılan dalgakıranlarda, gemi yapımı, şehirlerarası elektrik kabloları taşıyan direklerde, petrol ve gaz offshore platformlarda, çok amaçlı sosyal tesisler, ticari yapılar, binaya yük bindirmeyen çatı katlarında kullanılmaktadır.

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.

MIG/MAG kaynağında kullanılan gaz karışımlarında Argon asal gaz olduğu için herhangi bir reaksiyona girmeyeceği böylece ark oluşumu ve kararlılığının kolay olacağı, CO₂'nin ise ergimiş banyoyu oksitleyeceği ve tüm pozisyonlarda kısa devre kaynağını kolaylaştıracağı ve iyi bir geçiş sağlayacağı görülmüştür. Fakat CO₂'nin sıçrama dezavantajının yüksek olacağını, buna karşılık CO₂'e O₂ katılmasıyla kaynak formun ark akışının düzeleceği, sıçramanın azalacağı, kaynak veriminin artacağını göstermektedir (Pilarczyk, 1994).

Bu çalışmada da gaz karışımları seçilirken gazların kaynak dikişine verdikleri etkileri göz önünde bulularak seçilmiştir.

Deneyel Çalışmalar

Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Esas Malzeme

Tablo 1'de kimyasal özellikleri ve **Tablo 2**'de fiziksel özellikleri verilen 4 mm kalınlığında St 52-3 yapı çeliği kullanılmıştır.

Tablo 1. Kullanılan malzemenin kimyasal özellikleri (Erdemir, 2000)

Yeni Standard karşılığı	Standard	Önceki Standart karşılığı	Kimyasal bileşim (%)						
			C	P	S	Mn	Si	Cu	Al
DIN EN 10025-94		DIN 17 100-80	Max	Max	Max	Max	Max		Min.
S355J2G3		St 52-3	0,20	1,035	0,035	1,60	0,55	0,25-0,40	0,020

Tablo 2. S355J2G3 (St 52-3) çeliğinin fiziksel özellikleri (Erdemir, 2000)

Fiziksel özellikler		
Akma mukavemeti (Min) N/mm ² (kg/mm ²)	Çekme mukavemeti N/mm ² (kg/mm ²)	Uzama (% Min) L ₀ =80mm
Kalınlık (mm) = <16	Kalınlık (mm) >=3 =<50	>=3 =<40
355 (36,2)	490-630 (50.0-64.3)	20

İlave Metal (tel elektrod)

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

Tablo 3. Deneylerde kullanılan EN 440'a (DIN 8559) (EN 440, 2002) göre imal edilmiş tel elektrotların kimyasal bileşimi

Simge	Kimyasal Bileşim (%)										
	C	Mn	P	S	Si	Al	N ₂	Ni	Cr	Cu	Mo
G3Si1(SG2)	0,068	1,410	0,020	0,014	0,763	0,002	0,003	0,041	0,031	0,026	0,002

Tablo 4. Deneylerde kullanılan EN 440'a (DIN 8559) (EN 440, 2002) göre imal edilmiş tel elektrotların mekanik özellikleri

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

Kullanılan Koruyucu Gazlar

Bu çalışmada, karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kaynağına uygun olabileceği saptanan ve daha önce yapılmış olan araştırmaların sonuçları ve literatüre göre Ar, CO₂ ve O₂ karışımı gazlar kullanılmıştır (EN 439, 1995).

Tablo 5. Deneylerde kullanılan karışım gazların (%) oranları

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

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 transistör akım basamağı ayarlayıcısı ile kısa devre akımı en aza indirilmeye çalışılmıştır. Makinanın teknik özellikleri Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 6. Deneylerde kullanılan kaynak makinesinin teknik özellikleri

Devreler	Veriler
Şebeke gerilimi (3 faz, 50 Hz)	380 V
Akım ayar aralığı	40-400A
Gerilim ayar aralığı	16-43V
Nominal kaynak akımı (%60D.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 ²

Kaynaklı Bağlantı ve Uygulamaları

Kesilen parçalar otomatik MAG kaynak yöntemi ile belirlenen üç farklı gaz karışımında kaynak edilmişlerdir. Kaynak dikişleri tüm bağlantılarda yatay oluk (PA) pozisyonundadır. Deneylerde 4 mm’lik malzeme kullanıldığından V kaynak ağı açılarak aynen standartlarda olduğu gibi birleştirilmiştir. Bütün deneylerin aynı koşulları sağlaması üzerine kaynak torcunu rahatlıkla monte edebildiğimiz, ileri geri doğrusal hareket edebilen otomatik araba kullanılmıştır. Tablo 7’de de birleştirmelerin oluşturulmasında kullanılan kaynak koşulları verilmiştir.

Tablo 7. Alın birleştirmelerde uygulanan MAG kaynak parametreleri

Koruyucu gazın bileşimi	1. 80Ar+18CO ₂ +2O ₂ 2. 88Ar+10CO ₂ +2O ₂ 3. 93Ar+5CO ₂ +2O ₂
Akım şiddeti (Amper)	280
Gerilim (Volt)	16
Tel çapı (Ø)	1
Telin simgesi	G3Si1
Tel ilerleme hızı (m/dak)	4,2
Kaynak hızı (cm/dak)	36

Kaynaklı Levhaların Görsel İncelenmesi

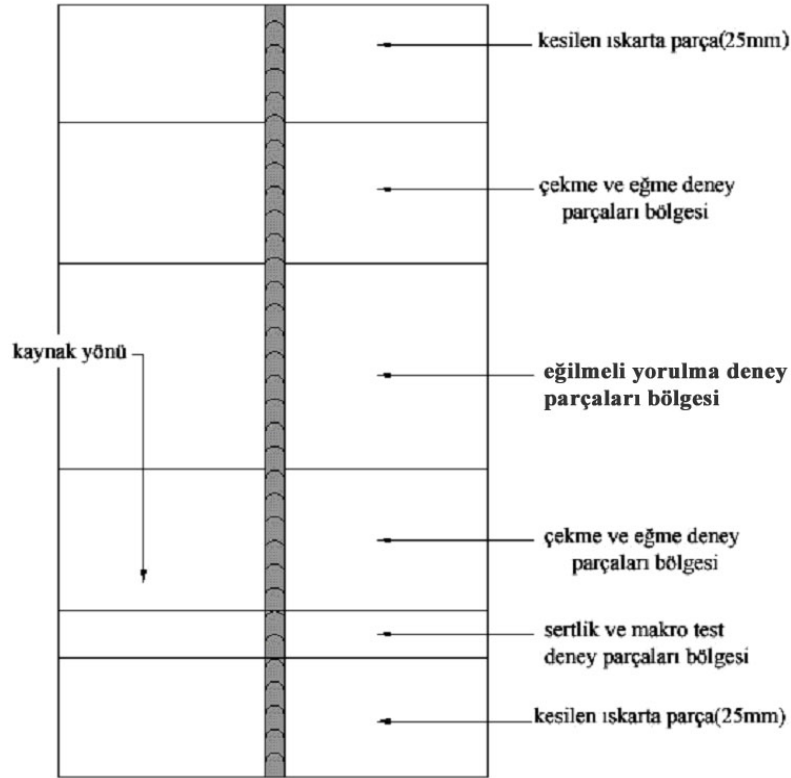
Deney numunelerinin hazırlanacağı bağlantılarda uygulanan kaynak işlemi sonrası görülebilecek yüzeysel hataları saptamak amacı ile görsel muayene yapılmıştır. Bu muayenede “ANSI/AWS D9.1-90 Sheet Metal Welding Code” esas alınmıştır (AWS, 1990; EN 25817, 1992).

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, sıçramaların ve diğer hususların kabul sınırları içinde olduğu görülmüştür. Ancak, hataların kriterleri aştığı kısımlar ıskartaya ayrılacak biçimde deney numunesi plana göre çıkarılmıştır.

Deney Numunesi Çıkartma Esasları

Kaynak işlemlerinden sonra numuneler ilgili standartlarda olduğu 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. Kaynaklı levhaların başlangıç ve bitiminden 25 mm’lik kısımları kesilerek atılmıştır. Zira kaynağın başlangıç ve bitiminde oluşabilecek hataların önüne bu şekilde geçilmiş olmaktadır. Parça boylarının kısa tutulmasındaki amaç kaynak ısı girdisi nedeni ile parçalarda oluşabilecek çekme çarpılmalarını azaltmaktır.

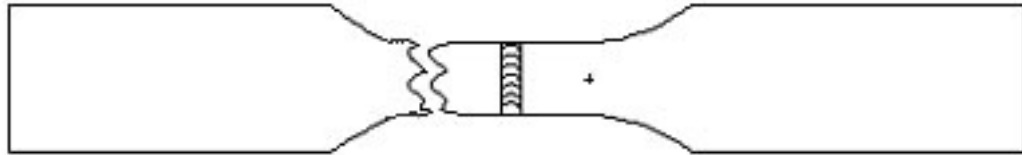
Bu çalışmada, 3 farklı gaz kullanılarak yapılan kaynaklı parçadan ve esas metalden çıkarılan numunelere çekme deneyi uygulanmıştır.



Şekil 1. EN 288-3' e göre numunelerin levhadaki dağılım planı

Çekme Deneyleri

Üç değişik gaz karışımı kullanılarak oluşturulan kaynaklı parçalardan çıkartılan çekme numunelerin çekme deneyi sonrası oluşan kopma biçimi Şekil 2'de verilmiştir. Bu çekme numunelerin tümünde kopmalar esas metalden olmuştur. Buna kaynak sırasındaki ısının malzeme özeliği üzerindeki etkisi neden olmaktadır. Sonuçlar gayet normal olup kaynak ilave metalinin akma ve çekme dayanımı değerleri esas metalden akma değeri yüksek, çekme değerleri sınırlar arasında olduğu için çekme deney sonuçları TSE 287'ye (TSE 287, 1965) uygun olarak koptuğu görülmüştür. Kaynaklı bağlantılarda kaynak dikişi tarafı her zaman esas metal kadar yada yakın sağlam olması istenir. Aksi takdirde kaynak metalinden kopma oluşması halinde bunun anlamı kaynak metalinde büyük hata oluştuğu yada ilave metalin uygun seçilmediğidir. Tel seçiminde üretici firma ve teli seçen mühendisler kaynak metali mukavemetinin her zaman esas metalden daha yüksek olması gerektiğini bilerek üretimi ve seçimi yapar.



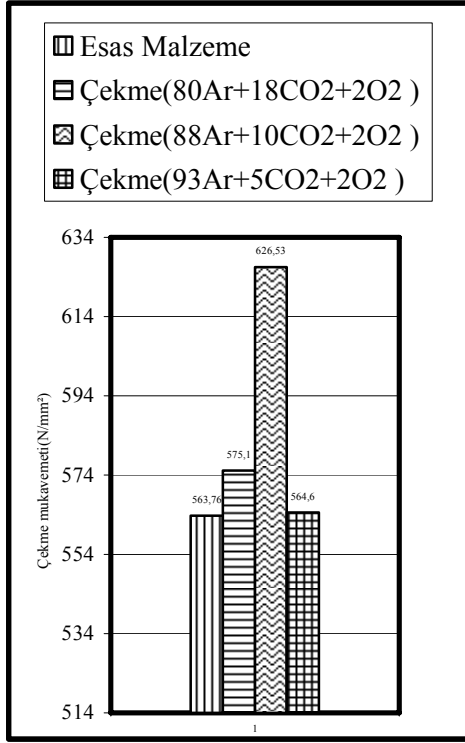
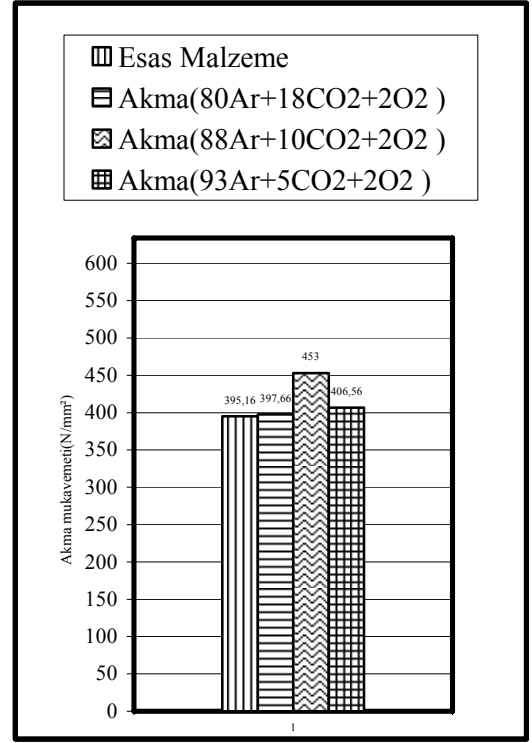
Şekil 2. Kaynaklı parçalardan çıkartılan numunelerin kaynak sağlamlığının deneyi yapıldıktan sonra kopma şekli

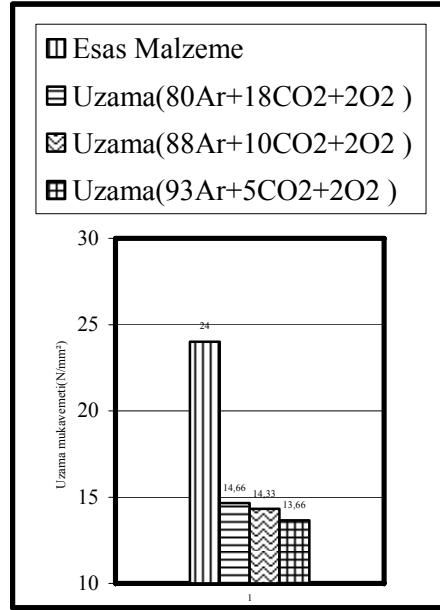
Sonuçlar

Üç değişik gaz kullanılarak yapılan kaynaklı parçadan çıkarılmış çekme numunelerinin kaynak sağlamlığının çekme deney sonuçlarının mukayesesi Tablo 8'de ve Şekil 3'te verilmiştir. Burada en iyi çekme dayanımı değerleri görüleceği üzere 88Ar+10CO₂+2O₂ gaz karışımı ile elde edilmişlerdir. En düşük çekme dayanımları ise 80Ar+18CO₂+2O₂ gaz karışımı ile elde edilmiştir. Burada esas metalden daha yüksek mukavemet oluşmaktadır. Şekil 4'te akma mukavemetleri değerleri en yüksek 88Ar+10CO₂+2O₂ karışım gazında en düşük akma mukavemeti ise 80Ar+18CO₂+2O₂ karışım gazında görülmüştür. Şekil 5'te % uzama miktarlarında en yüksek 80Ar+18CO₂+2O₂ gazında en düşük değer ise 93Ar+5CO₂+2O₂ karışım gazında elde edilmiştir.

Tablo 8. Karışım gazlardan elde edilen deney sonuçları

Numune	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	% uzama
80Ar+18CO₂+2O₂			
1.1	394,7	581,1	15
1.2	396,7	561,8	14
1.3	401,6	582,4	15
88Ar+10CO₂+2O₂			
2.1	458,2	633,7	15
2.2	452,5	625,5	14
2.3	448,3	620,4	14
93Ar+5CO₂+2O₂			
3.1	411,8	524,6	13
3.2	405,3	583,8	14
3.3	402,6	585,4	14
Esas Malzeme			
0.1	396,5	564,9	25
0.2	396,6	565,3	23
0.3	392,4	561,1	24

**Şekil 3.** Esas malzemeden ve kaynaklı numunelerden elde edilen numunelerin çekme dayanımı deney sonuçları**Şekil 4.** Esas malzemeden ve kaynaklı numunelerden elde edilen numunelerin akma dayanımı deney sonuçları



Şekil 5. Esas malzemeden ve kaynaklı numunelerden elde edilen numunelerin % uzama deney sonuçları

Tartışma

Ar+O₂ koruyucu gaz karışımları ile yapılan numunelerin akma mukavemetleri O₂ yüzdesinin artması ile artmaktadır. Aynı şekilde O₂ yüzdesinin artmasıyla çekme mukavemeti düşmekte buna karşılık % uzama miktarı artmaktadır. Ar+CO₂ koruyucu gaz ortamında kaynak yapılan numunelerde CO₂ oranının artmasıyla akma ve çekme dayanımlarının düştüğü ve % uzama miktarının arttığı görülür. Ar+CO₂+O₂'nin üçlü karışım gazı ile kaynak edilen numunelerde Argona ilave edilen O₂+CO₂ gazları belirli bir orandan sonra artması ile akma ve çekme mukavemetlerinde düşme % uzama miktarlarında artma görülür. Argona CO₂ eklenmesi ark sıcaklığını artırıcı etki yapmakta O₂ kaynak banyosu yüzey gerilimine etki ederek daha üniform olmasını sağlamakta ve bu durumlar daha önce yapılan araştırmaların ışığında bağlantının mukavemetini artırıcı etkiler ortaya koymaktadır (Ertürk, 1994; Gülenç, 1995; Nil, 1987; Hilton, 1990; Şık, 2002; Tülbentçi, 1988).

Yapılan kaynaklı bağlantılarda kaynak sağlamlığı çekme deney sonuçlarına göre en iyi çekme dayanımları 88Ar+10CO₂+2O₂ gaz karışımı ile elde edilmiştir. En düşük çekme dayanımları ise 93Ar+5CO₂+2O₂ karışım gazından elde edilmiştir. En yüksek akma dayanımı 88Ar+10CO₂+2O₂ en düşük akma dayanımı ise 80Ar+18CO₂+2O₂ karışım gazından elde edilmiştir. % uzama miktarlarında ise en yüksek değer 80Ar+18CO₂+2O₂ en düşük değer 93Ar+5CO₂+2O₂ karışım gazında görülmüştür.

Koruyucu gaz içindeki aktif bileşenler (O₂ ve CO₂ miktarları) fazla olduğunda kaynak metali içerisindeki O₂ oranı artmakta, yüksek oranda O₂'in elektrodaki Mn ve Si oranını azaltmaktadır. Çünkü Ar+CO₂ gaz karışımı içindeki CO₂ 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 CO₂ oranlarının artması arkın kararlılığını azaltmakta ve sıçrama seviyesinin artmasına yol açmaktadır. 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 O₂ ve CO₂ ilavesi ile kaynak banyosunun yüzey gerilimini azaltmakta mümkündür. Bu özelliklerin tümünde yapılan deney sonuçlarını doğrulamaktadır. Bu çalışmada da CO₂ oranı yüksek olan gaz karışımının (80Ar+18CO₂+2O₂) çekme dayanımları 88Ar+10CO₂+2O₂ gaz karışımına göre düşük çıkmıştır.

Karışımındaki CO₂ oranının azalması ile iyi bir nüfuziyet elde edilemez. Düşük CO₂ 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)

Koruyucu gaz atmosferi altında yapılan kaynaklar neticesinde, çekme dayanımı, akma dayanımı ve % uzama miktarlarının değişmesi kaynak atmosferinin gaz karışımlarının bir sonucu olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlar incelendiğinde O₂ gazı sabit tutulup CO₂ gazı artırıldığında çekme dayanımı değerlerinin değiştiği görülmüştür. Diğer taraftan CO₂ azaltılıp O₂ sabit tutulduğunda akma mukavemetlerinde artış olduğu gözlenmiştir. CO₂ gazı artırıldığında akma ve çekme dayanımlarının düştüğü ve % uzama miktarlarının arttığı görülmüştür. Dolayısı ile uygulamacı bu üç gaz arasında en iyi sonucu 88Ar+10CO₂+2O₂ gazını tercih etmelidir.

KAYNAKLAR

1. Çelikağ, M., “Yapısal Çelik nedir?” Doğu Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, 2002
2. Pilarczyk, J. And Szczok, E., “Properties Of Gas Mixtures Used In MAG Welding”, Welding International, 1994
3. Erdemir Ürün Kataloğu, Ereğli Demir ve Çelik Fab., T.A.Ş., İstanbul, 2000
4. EN 440, “Kaynak Sarf Malzemeleri- Alaşimsız Ve İnce Taneli Çeliklerin Koruyucu Gaz Metal Ark Kaynağı İçin Tel Elektrotlar ve Yığılmış Kaynaklar- Sınıflandırma”, Ankara, 2002
5. EN 439, “Kaynak Sarf Malzemeleri- Ark Kaynağı ve Kesme İçin Koruyucu Gazlar”, Ankara, 1995
6. AWS, “Sheet Metal Welding Code, American Welding Society, American National Standart, ANSI/AWS”, Miami, 1990
7. EN 25817 “Çeliklerde Ark Kaynaklı Birleştirmeler-Kusurlar İçin Kalite Seviyeleri Kılavuzu” EQV, 1992
8. EN 288-3, “Specification and Approval of Welding Procedures For Metallic Materials”, European Standard, 1997
9. TS 287, “Çeliklerde Eritme Kaynak Metodu İle Yapılan Alın Birleştirme Kaynaklarının Çekme Numunesi”, TSE Standardı, Ankara, 1965
10. Ertürk, İ., MIG/MAG Kaynak Yönteminde Kaynak Parametrelerinin Sıçrama Kayıplarına Etkilerinin İncelenmesi”, Gazi. Üni. Fen Bil. Enst., Dok. Tezi, Ankara, 1994
11. Gülenç, B., “MIG/MAG Kaynağında Koruyucu Gaz Karışımının Kaynak Metalinin Mekanik Özelliklerine Etkisi”, Gazi Üniv. Fen Bil. Enst., Dok. Tezi, Ankara, 1995
12. Nil, R., “Materialen Voor Dunwandige Constructies/Vvoorlichtingsblad, Dunne Plaat Booglassen”, Nederland Instuut Voor Lastechniek, Nederland, 1987
13. Hilton, D., “Shielding Gases for metal arc welding”, Welding&Metal Fabrication, USA, 1990
14. ŞIK, A., “Otomobil Saclarının MIG/MAG Kaynağında Gaz Karışımlarının Bağlantının Mekanik Özelliklerine Etkisi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2002
15. Tülbentçi, K., “Eriyen Elektrod İle Gazaltı Kaynağında (MIG/MAG) Kaynak Parametrelerinin Seçimi”, Kaynak Dünyası Gedik Holding A.Ş., İstanbul, 1988
16. Balraj, V., Rohira, K.L., Srinivasamurty and Awamy, Evaluation of Shielding Gas and Flux Composition Effects on Weld Bead Properties, Int. J. For The Joining of Materials, Vol. 4 (2), 1992