

OTOMOBİL SAÇLARININ MIG/MAG KAYNAĞINDA GAZ KARIŞIMLARININ DİKİŞ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Aydın ŞIK¹, Erdiñç KALUÇ²

¹ Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fak. Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Böl. Beşevler/Ankara, e-mail: aydins@gazi.edu.tr

² Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak. Makina Mühendisliği Böl. Kocaeli, e-mail: ekaluc@kou.edu.tr

Alınış : 05.01.2004

Kabul ediliş : 10.03.2004

Özet: Bu çalışmada, otomotiv endüstrisinde çok yaygın uygulama alanı bulan MIG/MAG kaynak yönteminde kullanılan karışım gazların kaynak dikişi özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, üç değişik gaz karışımı kullanılarak otomatik MAG kaynak yöntemi ile bağlantılar oluşturulmuş ve gaz karışımlarının dikiş nüfuziyeti ve dikiş boyutlarını nasıl etkilediği saptanarak uygulayıcılara öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Otomotiv karoserisi, MAG kaynağı, kaynak dikişi, koruyucu gazlar

Effect on Weld Bead Properties of Shielding Gases at MIG/MAG Welding of Automobile Steel Sheets

Abstract: The present study is focused on the effects of various shielding gas combinations on the properties of welded joints obtained with MIG/MAG welding procedures that are commonly used in automotive industry. The joints were performed using automatic MAG welding procedure and three different shielding gas combinations. Changes on seam penetration and dimensions with shielding gas combinations were experimentally defined and explained.

Key words: Automobile body, MAG welding, weld bead, shielding gases

Giriş

MIG/MAG kaynağında soy veya aktif gazlar ya da bunların çeşitli oranlarda karışımını içeren koruyucu gazlar kullanılır. Genel olarak soy gazlar, reaksiyona girmediklerinden demir dışı metallerin kaynağında, aktif gazlar ile aktif ve soy gaz karışımları da çeşitli tür çeliklerin kaynağında uygulama alanı bulur. Koruyucu gazlarla ilgili en önemli özellik gazın safiyetidir. Bütün gazlar için safiyet %99'un altında olmamalıdır (Müftüoğlu, 1997).

Çeliklerin gazaltı kaynağında saf Ar, Ar ve CO₂ karışımları, Ar ve O₂ karışımları ve sadece CO₂ gazı kullanılır. Kullanılan koruyucu gazlar metal damlalarını, kaynak banyosunu ve ısıdan etkilenmiş bölgeyi havanın etkisinden korur ve kaynak arkının davranışını iyileştirir. Ayrıca, arkın nüfuziyetini de etkiler (Pierre, 1987; Raoufi, 1994; Kuna, 1989; Svensson, 1994).

MIG/MAG kaynak yönteminde koruyucu gaz seçimi için göz önünde bulundurulması gereken faktörler aşağıda sıralanmıştır (Tülbentçi, 1990; Sacks, 1981; Althouse, 1992);

- Kaynak edilen metal veya alaşımın türü,
- Ark karakteristiği ve metalin damla geçiş biçimi,
- Kaynak hızı,
- Parça kalınlığı, gereken nüfuziyet ve kaynak dikişinin biçimi,
- Kaynak dikişinden istenen mekanik özellikler,
- Gazın maliyeti ve bulabilme imkanları.

Argon en az nüfuziyet, en düşük ergime gücü ve en dar dikiş verirken, helyum en derin nüfuziyet, daha yüksek ergime gücü, geniş ve dış bükey bir kaynak dikişi oluşturur. Her iki gazın ve bu gazların karışımlarının kaynaktaki sıçrama kayıplarının en aza indirdiği görülür (ODTÜ, 1992; Ertürk, 1994).

Kaynak bağlantısından beklenen mekanik özellikleri elde edebilmek için kaynak edilen malzeme özelliğine uygun çeşitli oranlarda gaz karışımları kullanılmaktadır.

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 bağlantısının 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 (Tülbentçi, 1988; Hilton, 1994; Tülbentçi, 1998).

İlk önce geliştirilen karışım gazlar olarak Ar+CO₂, Ar+O₂, Ar+CO₂+O₂ karışımları kullanılmış, daha sonraları ise gelişen kaynak dikiş özelliklerine bağlı olarak Ar+He+CO₂ ve Ar+He+CO₂+O₂ türü karışımlar kullanıma girmiştir.

Materyal ve Metot

Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Esas malzeme

Bu çalışmada, deney malzemesi olarak Tablo 1’de kimyasal bileşimi, Tablo 2’de mekanik özellikleri verilen ekstra derin çekme işlemine uygun düşük karbonlu ve soğuk haddelenmiş 1,2 mm kalınlığında FePO₄ (DIN EN 10130-91) çeliği kullanılmıştır.

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

Erdemir Kalite No	Yeni Standard karşılığı	Önceki standard karşılığı	Kimyasal bileşim	Kimyasal bileşim (%)					Kullanım için garanti süresi
				C	P	S	Mn	Ti	
				Max	Max	Max	Max	Max	
7114 (1)	Fe PO4	St 14	Standard Erdemir	0,08	0,030	0,030	0,40	-	6 ay
				0,006	0,015	0,010	0,25	0,10	

(1) Kaynar ve durgun çelik olarak üretilmiştir

Tablo 2. FePO₄ (St14) çeliğinin mekanik özellikleri (Erdemir, 2000)

Mekanik özellikler		
Akma mukav. (1) N/mm ² (kg/mm ²)	Çekme mukav. N/mm ² (kg/mm ²)	Uzama % (2) L ₀ =80mm
Max		Min
210 (21.4)	270-350 (27.5-35.7)	38

(1) Akma mukavemeti değerleri, 0,5mm<t≤0,7 mm ise 20 N/mm²(2,0 kg/mm²), t≤0,5 mm ise 40 N/mm²(4,1 kg/mm²) yükseltir.
(2) Uzama değerleri, 0,5 mm<t≤0,7 mm ise 2 puan, t≤0,5 mm ise 4 puan düşürülür

İlave metal (Tel elektrod)

Deneylerde Tablo 3’te kimyasal bileşimi ile Tablo 4’te mekanik özellikleri verilen 0,8 mm çaplı G3Si1 (SG2) teli kullanılmıştır.

Tablo 3. Deneylerde kullanılan EN 440’a (DIN 8559) göre imal edilmiş tel elektrodların 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) göre imal edilmiş tel elektrodların 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°C)	28

Kullanılan koruyucu gazlar

Bu çalışmada, karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kaynağına uygun olduğu saptanan ve daha önce yapılmış olan araştırmaların sonuçları ile yapılan yayın taramasına göre Ar, CO₂ ve O₂ karışımı gazlar seçilmiş ve kullanılmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Deneylerde kullanılan gaz karışımları

Karışımın adı	Karışım oranı (%)		
	Ar	CO ₂	O ₂
1.Grup	86	12	2
2.Grup	93	5	2
3.Grup	98	-	2

Kullanılan kaynak makinası

Deneylerde 400 amperlik yatay karakteristikli, su soğutmalı 5 kaba 6 ince ayar kademeli 30 gerilim basamaklı doğru akım (DA) kaynak makinası kullanılmıştır ve transistörlü akım basamağı ayarlayıcısı ile kısa devre akımı en aza indirilmeye çalışılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan kaynak akım üreticinin teknik özellikleri Tablo 6'da özetlenmiştir.

Tablo 6. Deneylerde kullanılan akım üreticinin 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

Yardımcı donanımlar**Otomatik araba**

Alın ve bindirme kaynaklı deney parçalarında, aynı kaynak koşullarının sağlanabilmesi (kaynak hızı, dikiş biçimi, nozul mesafesi, vb) için üzerine kaynak torcunu rahatlıkla monte edebileceğimiz, özel rayı üzerinde en fazla 90 cm/dak'lık doğrusal hızla ileri veya geri hareket kabiliyeti olan otomatik araba kullanılarak, torcun esas metale olan mesafesi sabit tutulmuş ve torç hareketi denetim altına alınarak kaynak işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklı bağlantıların oluşturulması

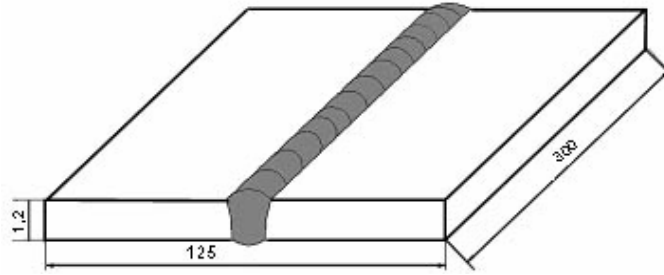
Haddeleme yönü dikkate alınarak kesilen saclar, otomatik MAG kaynak yöntemi ile belirlenen üç farklı gaz karışımında, çeşitli birleştirme türlerinde kaynak edilmişlerdir. Kaynak dikişleri tüm bağlantılarda yatay oluk (PA) pozisyonundadır. Deneylerde 1,2 mm'lik ince sac kullanıldığından kaynak ağzı hazırlanmadan aynen uygulamada olduğu gibi dört çeşit birleştirme yöntemi esas alınmıştır. Bunlar;

- Alın,
- Bindirme,
- Dış köşe,
- T-köşe birleştirmelerdir.

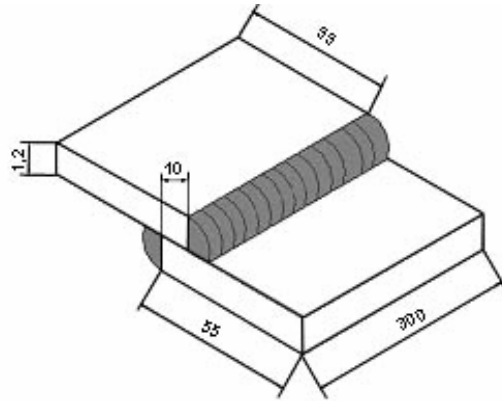
Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'de alın, bindirme, dış köşe ve T-köşe birleştirme yapılmış parçalar şematik olarak gösterilmiştir. Tablo 7, Tablo 8, Tablo 9 ve Tablo 10'da da bu tür birleştirmelerin oluşturulmasında kullanılan kaynak koşulları özetlenmiştir.

Tablo 7. Alın birleştirmelerde uygulanan MAG kaynak parametreleri

Koruyucu gazın bileşimi	1. 86Ar+12CO ₂ +2O ₂ 2. 93Ar+5CO ₂ +2O ₂ 3. 98Ar+2O ₂
Akım şiddeti (Amper)	85
Gerilim (Volt)	15
Tel çapı (Ø)	0,8
Telin simgesi	G3Si1
Tel ilerleme hızı (m/dak)	2,7
Kaynak hızı (cm/dak)	60

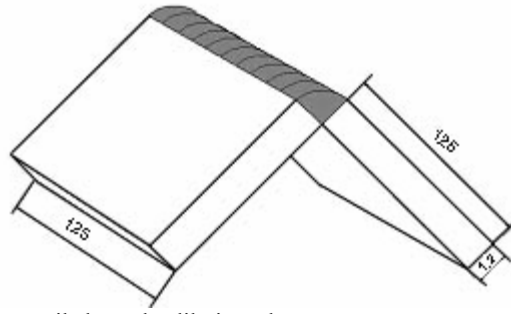
**Şekil 1.** Alın kaynak pozisyonu ile kaynak edilmiş saclar**Tablo 8.** Bindirme birleştirmelerde uygulanan MAG kaynak parametreleri

Koruyucu gazın bileşimi	1. 86Ar+12CO ₂ +2O ₂ 2. 93Ar+5CO ₂ +2O ₂ 3. 98Ar+2O ₂
Akım şiddeti (Amper)	100-110
Gerilim (Volt)	18
Tel çapı (Ø)	0,8
Telin simgesi	G3Si1
Tel ilerleme hızı (m/dak)	2,7
Kaynak hızı (cm/dak)	40

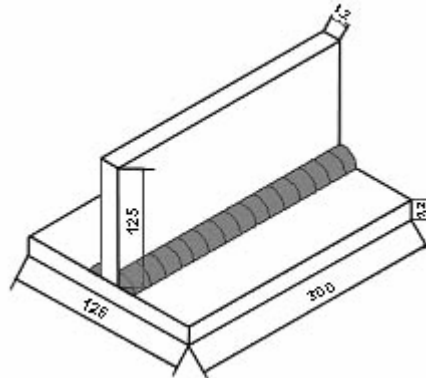
**Şekil 2.** Bindirme kaynak pozisyonu ile kaynak edilmiş saclar

Tablo 9. Dış köşe birleştirmelerde uygulanan MAG kaynak parametreleri

Koruyucu gazın bileşimi	1. 86Ar+12CO ₂ +2O ₂ 2. 93Ar+5CO ₂ +2O ₂ 3. 98Ar+2O ₂
Akım şiddeti (Amper)	85
Gerilim (Volt)	15
Tel çapı (Ø)	0,8
Telin simgesi	G3Si1
Tel ilerleme hızı (m/dak)	2,7
Kaynak hızı (cm/dak)	60

**Şekil 3.** Dış köşe kaynak pozisyonu ile kaynak edilmiş saclar**Tablo 10.** T-köşe birleştirmelerde uygulanan MAG kaynak parametreleri

Koruyucu gazın bileşimi	1. 86Ar+12CO ₂ +2O ₂ 2. 93Ar+5CO ₂ +2O ₂ 3. 98Ar+2O ₂
Akım şiddeti (Amper)	85
Gerilim (Volt)	15
Tel çapı (Ø)	0,8
Telin simgesi	G3Si1
Tel ilerleme hızı (m/dak)	2,7
Kaynak hızı (cm/dak)	60

**Şekil 4.** T-köşe kaynak pozisyonu ile kaynak yapılmış saclar

Sonuçlar

Her üç gazın kullanıldığı alın, bindirme, dış köşe ve T-köşe birleştirme bağlantılarından alınan numuneler üzerine gazların etkisini incelemek amacıyla kaynak dikiş genişliği, kaynak dikiş yüksekliği, kök sarkması ve nüfuziyet; dijital kumpas kullanılarak ölçülmüş ve bulgular Tablo 11’de rapor edilmiştir.

Buradaki amaç kullanılan gazın içeriğindeki bileşenlerin kaynak ark sıcaklığı üzerindeki etkisi ile kaynak dikiş ve nüfuziyeti profilini nasıl değiştirdiği ve de telin ergimesini etkileyerek kaynak dikiş boyutlarını nasıl etkileyeceğini gözlemlemek olmuştur.



Şekil 5. (86Ar+12CO₂+2O₂), (93Ar+5CO₂+2O₂) ve (98Ar+2O₂) karışım gazı ile yapılan alın kaynaklı sactan çıkartılan numunelerin makro görüntüleri



Şekil 6. (86Ar+12CO₂+2O₂), (93Ar+5CO₂+2O₂) ve (98Ar+2O₂) karışım gazı ile yapılan dış köşe kaynaklı sactan çıkartılan numunelerin makro görüntüleri



Şekil 7. (86Ar+12CO₂+2O₂), (93Ar+5CO₂+2O₂) ve (98Ar+2O₂) karışım gazı ile yapılan T-köşe kaynaklı sactan çıkartılan numunelerin makro görüntüleri



Şekil 8. (86Ar+12CO₂+2O₂), (93Ar+5CO₂+2O₂) ve (98Ar+2O₂) karışım gazı ile yapılan bindirme kaynaklı sactan çıkartılan numunelerin makro görüntüleri

Tablo 11. Birleştirme türlerine ve gaz karışımlarına göre kaynak dikiş boyutları

Kaynak Ölçüleri												
86Ar + 12CO₂ + 2O₂												
Numune No	Kaynak ölçüleri (mm), (Numune kalınlığı: 1,2mm)											
	A	B	H	h	Nüfuziyet*	A1	B1	H1	h1	Nüfuziyet**	P	a
1.1.A	3,65	3,89	1,36	0,51	3,07	-	-	-	-	-	-	-
1.2.A	3,19	4,08	1,13	0,83	3,16	-	-	-	-	-	-	-
1.1.B	4,40	1,61	0,65	0,26	3,31	4,06	1,60	0,87	0,16	3,43	-	-
1.2.B	4,50	0,96	0,71	0,23	3,34	4,08	1,24	0,92	0,15	3,47	-	-
1.1.K	3,15	1,72	3,20	-	3,20	-	-	-	-	-	-	-
1.2.K	3,15	1,59	3,00	-	3,00	-	-	-	-	-	-	-
1.1.T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,31	1,98
1.2.T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,32	1,98
93Ar + 5CO₂ + 2O₂												
	A	B	H	h	Nüfuziyet*	A1	B1	H1	h1	Nüfuziyet**	P	a
2.1.A	3,66	3,13	1,29	1,03	3,52	-	-	-	-	-	-	-
2.2.A	3,53	3,32	1,44	0,80	3,44	-	-	-	-	-	-	-
2.1.B	5,14	-0-	1,03	-0-	3,43	4,88	2,30	1,02	0,55	3,97	-	-
2.2.B	5,49	-0-	1,32	-0-	3,72	4,93	-0-	1,02	0,40	3,82	-	-
2.1.K	3,25	2,56	3,38	-	3,38	-	-	-	-	-	-	-
2.2.K	3,31	2,69	3,37	-	3,37	-	-	-	-	-	-	-
2.1.T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,75	1,74
2.2.T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,85	1,74
98Ar + 2O₂												
	A	B	H	h	Nüfuziyet*	A1	B1	H1	h1	Nüfuziyet**	P	a
3.1.A	3,18	3,08	1,26	1,04	3,50	-	-	-	-	-	-	-
3.2.A	3,04	2,92	1,18	1,16	3,54	-	-	-	-	-	-	-
3.1.B	4,47	-0-	1,50	-0-	3,90	4,67	-0-	1,77	-0-	4,17	-	-
3.2.B	4,45	-0-	0,93	-0-	4,02	4,08	-0-	1,58	-0-	3,98	-	-
3.1.K	3,52	2,40	3,52	-	3,52	-	-	-	-	-	-	-
3.2.K	3,39	3,10	3,50	-	3,50	-	-	-	-	-	-	-
3.1.T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,55	1,99
3.2.T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,51	1,98
*Nüfuziyet(alın kaynaklar için)=H+h+t												
**Nüfuziyet(bindirme kaynaklar için)=H+h+2t												
A: Alın birleştirme												
B: Bindirme birleştirme												
K: Dış köşe birleştirme												
T: T-köşe birleştirme												

Tartışma

Kullanılan tüm gaz karışımlarında oluşan dikişin nüfuziyetinin iyi olduğu görülmüştür. Tüm birleştirmelerin Şekil 5, 6, 7 ve 8'de tüm birleştirmelere ait makro görüntüler verilmiştir.

Burada özellikle dış köşe birleştirmelerde 98Ar+2O₂ içeren gazın kök kısmının çok sarktığı buna karşılık 86Ar+12CO₂+2O₂ gazı kullanılması halinde dikişin dairesel bir biçim alarak dışa doğru yüksekliğin arttığı gözlenmektedir. Köşe birleştirmelerdeki gazlara bağlı bu oluşumları inceleyen bir çalışmanın varlığı henüz saptanmamıştır. T-köşe birleştirmelerde ise 93Ar+5CO₂+2O₂ gazının kullanıldığı durumlarda kaynak dikişinin dışbükeyinin 86Ar+12CO₂+2O₂ karışım gazından elde edilene nazaran daha düz olduğu görülmektedir. Buna karşın 98Ar+2O₂ karışım gazı kullanılması halinde bu dikiş daha kalınlaşırken dış bükeylik azalma eğilimine girmekte, ancak; kaynak metalinde arzu edilmeyen yanma oluk riskini artırdığı görülmüştür. Bu ilginç bir durumdur, zira; gazlar konusundaki yayımlar incelendiğinde "Çeliklerin kaynağında saf argon kullanıldığı zaman

yanma oluğu oluşabilir, argona 1-5O₂ veya 3-25 CO₂ eklenerek yanma oluğu önlenebilir. Aynı zamanda da arkın kararlılığı sağlanmış olacaktır” biçiminde öneriler yer almaktadır (Müftüoğlu,1997; Tülbentçi,1998; Ateş,1996; Gülenç,1995). Ancak bu çalışmaların baz alındığı araştırmalarda alın kaynağı mı köşe kaynağı mı yapıldığı belirtilmemekte gösterilen resimlerde de bir levha üzerinde ağız açılmadan bir sıra dikiş atılarak dikiş profilinin incelendiğı görülmektedir. Dolayısı ile, köşe kaynaklarında bu gazın dikiş kaynak metalinde yanma oluğu oluşturma riski ortaya çıkmakta bu da daha önce (Gülenç, 1995) tarafından hazırlanan doktora tezinde belirtilmektedir.

Bindirme birleştirmelerde (Şekil 8) 98Ar+2O₂ karışım gazı ile yapılan bağlantılarda kaynak dikişin diğerlerine nazaran daha büyük oluğu görülmektedir. Bunun sonucunda da otomobil saclarının kaynağında daha çok kullanılan bu tür birleştirmelerde mekanik değerlerin güvenilir olduğu görülmektedir (Şık, 2002).

Kaynaklar

- 1 Müftüoğlu, F.E. Alaşımsız çeliklerin özlü elektrodla kaynağında ar-co2 koruyucu gaz karışımlarının kaynak dikişine etkisi ve optimum gaz karışımının tayini, Yıldız Teknik Ün. Fen Bil. Ens., Makina ABD, Yük. Lis. Tezi, İstanbul, 1997.
- 2 Pierre, E.R. Shielding gases for welding, Welding Design & Fabrication, USA, 1987
- 3 Raoufi, F. Parameter optimization in MIG/MAG welding processes, ODTÜ Metalurji Müh., Yük. Lis. Tezi, Ankara, 1994.
- 4 Kuna, J. Effect of shielding gas mixture on the impact toughness of pulsed arc welded joints, Tecnic University of Wroclaw, Poland, 1989.
- 5 Svensson, L.E. Control of microstructures and properties in steel arc welds, CRC Pres, USA, 1994.
- 6 Tülbentçi, K. MIG/MAG eriyen elektrod ile gaz altı kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul, 1990.
- 7 Sacks, J.R. Welding principles and practices, Macmillan/McGraw-Hill, 1981.
- 8 Althouse, A.D., Turnquist, C.H., Bowdich, W.A., Bowdich, K.E. Modern Welding, South Holland Illinois, 1992.
- 9 Tülbentçi, K., Kaluç, E. Karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin MIG/MAG kaynağında tel elektrod seçimi ve standartları, Arctech Kaynak Teknolojisi, Sayı: 1., İstanbul, 1998.
- 10 Hilton, D., Stares, I.J. and Donaghy, J. Two shielding gases arc not enough, Welding Design & Fabrication, USA, 1994.
- 11 Erdemir, Ürün Katalođu. Eređli Demir ve Çelik Fab., T.A.Ş., İstanbul, 2000.
- 12 EN 440. Kaynak sarf malzemeleri- alaşımsız ve ince taneli çeliklerin koruyucu gaz metal ark kaynağı için tel elektrotlar ve yığılmış kaynaklar- sınıflandırma, Ankara, 2002
- 13 ANSI/AWS D9.1-90 Sheet Metal Welding Code
- 14 Ateş, H. MIG-MAG kaynağında kullanılan argon gazına O₂ ve CO₂ ilavesinin kaynak metali tokluğu ve mikroyapısına etkisi, Gazi Ün. Fen Bil. Enst., Yük. Lis. Tezi, Ankara, 1996.
- 15 Gülenç, B. MIG/MAG kaynağında koruyucu gaz karışımının kaynak metalinin mekanik özelliklerine etkisi, Gazi Ün. Fen Bil. Enst., Dok. Tezi, Ankara, 1995.
- 16 Ertürk, İ. MIIG/MAG kaynak yönteminde kaynak parametrelerinin sıçrama kayıplarına etkilerinin incelenmesi, Gazi. Üni. Fen Bil. Enst., Dok. Tezi, Ankara, 1994.
- 17 ŞİK, A. Otomobil saclarının MIG/MAG kaynağında gaz karışımlarının bağlantının mekanik özelliklere etkisi, Gazi. Üni. Fen Bil. Enst., Dok. Tezi, Ankara, 2001.