

MAG KAYNAĞINDA NÜFUZİYETİ ETKİLEYEN KAYNAK PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Ceyhan YILDIZ, Erdal KARADENİZ

Özet - Bu çalışmada, Hava tüplerinin kaynaklı imalatı için 2.5 mm kalınlıkta Erdemir 6842 çelik sac küt alm birleştirme usulde MAG kaynağında dört farklı kaynak parametresinin kaynak metali nüfuziyetine etkileri araştırılmıştır. Değişken kaynak parametreleri olarak, kaynak akımı, ark gerilimi, kaynak hızı ve gaz debisi kullanılmıştır. Her bir durum için numunelerin makroyapı fotoğraflarından nüfuziyet derinlikleri ölçülmüş ve kaynak parametrelerinin nüfuziyete etkisi tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler - Kaynak parametreleri, MAG kaynağı, nüfuziyet, hava tüpü.

Abstract - In this study, Erdemir 6842 steel sheet used for air tube manufacturing by welding process was used in butt welding by MAG process. The thickness of the sheet specimens was 2.5 mm. The aim of this work is to investigate the effects of welding parameters such as welding current, voltage, welding speed and gas flow rate in penetration of welding metals. The depth of penetration was measured from metallographic macrostructure photos of specimens in each situation and the effects of welding parameters on penetration were determined.

Keywords - Welding parameters, MAG welding, penetration, air tube.

C. Yıldız, İSE Otomotiv, Aksaray
E. Karadeniz, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü, Sakarya

I. GİRİŞ

Kaynak parametreleri, kaynak işlemi ve elde edilen kaynaklı bağlantının kalitesini, verimliliğini ve maliyetini belirleyen en önemli unsurlardır [1]. Kaynak işleminde optimum sonuçların elde edilebilmesi için ark ve kaynak banyosunu etkileyen parametrelerin iyi bilinmesi ve bunların hangi şartlarda ve nasıl değiştirileceğinin bilinmesi gerekmektedir. Mükemmel olarak tarif edilebilecek ark, bütün parametreler birbiriyle denge halinde olduğu zaman meydana gelir [2]. Kaynak parametreleri ; kaynak öncesi belirlenen, birinci dereceden ayarlanabilir ve ikinci dereceden ayarlanabilir parametreler olmak üzere üç grupta toplanabilir. Kaynak öncesi belirlenen ve kaynak süresince değiştirilmesi mümkün olmayan parametreler ; tel elektrod çapı ve bileşimi, koruyucu gaz tipi gibi parametrelerdir. Birinci dereceden ayarlanabilir parametreler ; kaynak akımı, ark gerilimi ve kaynak hızı gibi parametrelerdir. İkinci dereceden ayarlanabilir parametreler ise torç açısı, serbest tel uzunluğu, nozul mesafesi, kaynak yönü, pozisyon etkisi ve koruyucu gaz debisi gibi parametrelerdir [3].

Kaynak dikişinin kalitesi ; yeterli nüfuziyet, yüksek ısıtma oranı ve düzgün kaynak profili ile belirlenir. Bu değişkenler büyük ölçüde kaynak akımı, ark gerilimi, kaynak hızı, koruyucu gaz v.b. gibi parametrelerden etkilenir [1,4].

Kaynak akımı şiddetinin, ergime gücüne, kaynak dikişi biçim ve boyutlarına, nüfuziyet derinliğine etkisi diğer parametrelerin etkisinden daha çoktur. Aşırı yüksek kaynak akımı çok geniş bir kaynak banyosu ve derin bir nüfuziyete sebep olduğundan ince parçaların kaynağında delinmelere yol açar. Çok düşük bir kaynak akımı ise yetersiz nüfuziyete ve kaynak metalinin esas metal üzerine yığılmasına neden olur [3].

Sabit gerilim karakteristikli akım üreteçlerinde ark gerilimi, tel elektrod ucu ile iş parçası arasındaki uzaklık tarafından belirlenir. Diğer bütün parametreler sabit tutulmak kaydıyla ark geriliminin artması halinde kaynak dikişi yaygın ve geniş bir biçim alır. Düşük ark gerilimi

dar ve yüksek bir kaynak dikişi oluşmasına sebep olur [3].

Kaynak hızı yavaş olduğu zaman birim boya yığılan kaynak metali miktarı artar, kaynak banyosunun büyümesi ve nüfuziyetin azalmasına sebep olur. Sonuçta geniş bir kaynak dikişi elde edilir. Hızın artması birim boya verilen ısınn azalmasına sebep olur ve nüfuziyeti azaltır. En derin nüfuziyet, kaynak hızının optimum değerlerinde elde edilir [3].

Koruyucu gaz tipi olarak saf Ar kaynak dikişinin şarap kadehi ya da parmak tipi olmasını, CO₂ ise şişkin tepeli bir dikişe sebep olur [3,4]. Ar gazına % 15-25 CO₂ ilavesi nüfuziyeti ve kaynak dikişi biçim ve boyutlarını istenilen seviyeye ulaştırmaktadır [3]. Bundan dolayı endüstride koruyucu gaz olarak Ar-CO₂ karışımı gazlar yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, MAG kaynağında nüfuziyet derinliğine kaynak akımı, ark gerilimi, kaynak hızı ve gaz debisinin etkisi araştırılmış ve elde edilen veriler ile 2.5 mm kalınlıkta Erdemir 6842 sacından inmal edilecek hava tüpü kaynak dikişleri için en uygun kaynak parametreleri tespit edilmiştir.

II. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

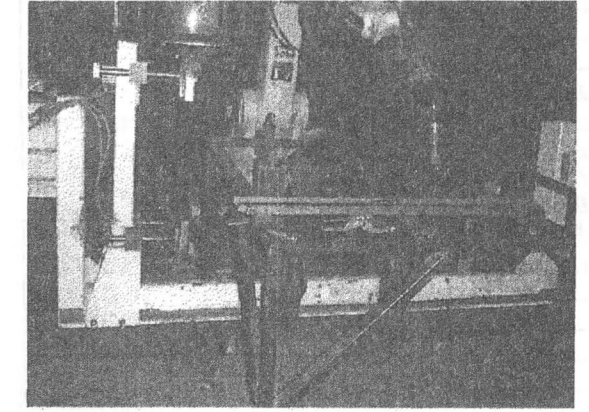
Hava tüplerinin kaynaklı bir ştirmesinde küt alm birleştirme yöntemi kullanılarak MAG kaynağı parametrelerinden kaynak akımı, ark gerilimi, kaynak (torç) hızı ve gaz debisinin kaynak nüfuziyetine etkisini incelemek için yapılan bu çalışmada esas metal olarak DIN EN 10120'ye göre 2.5 mm kalınlığa sahip Erdemir 6842 çeliği kullanılmıştır. Bu malzemenin spektral analizi yapılarak standartlara uygunluğu araştırılmıştır. Erdemir 6842 çeliği basınçlı kapların imalatında kullanılan alaşımsız bir çeliktir. Bu nedenle, hava tüplerinin imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır.

İlave metal olarak, ϕ 1 mm SG2 (G3Si1) tel elektrod kullanılmıştır. Tel elektrodun spektral analizi yapılarak standartlara uygunluğu araştırılmıştır. EN-440'a göre SG2 masif tel elektrod sınıfı bir elektrottur. SG serisi SG1, SG2 ve SG3'ten oluşmaktadır. SG1 kalın alaşımsız çeliklerin, SG2 orta kalınlıkta alaşımsız çeliklerin, SG3 ise ince alaşımsız çeliklerin MAG kaynağında kullanılmaktadır.

MAG kaynağı çalışmaları DAIHEN Model DR serisi ARK ROBO 1100 kaynak robotu ile gerçekleştirilmiştir. Robot 0-500 A ve 0-50 V değerleri arası çalışma kapasitelidir.

Kaynakla birleştirilecek numunelerin 0.8 mm sabit aralıkta olması ve torç'un tam merkezlenmesi için

mengeneli ve dayamalı tertibat kullanılmıştır. Kaynak robotu ve kaynak tertibatı şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Kaynak robotu ve kaynak tertibatı

Kaynak işlemi sırasında kullanılan sabit parametreler ; esas metal et kalınlığı 2.5 mm, tel elektrod çapı 1 mm, koruyucu gaz % 82 Ar + % 18 CO₂ karışımı, nozul mesafesi 10 mm, serbest tel uzunluğu 15 mm, tel besleme hızı 12 m / dak., ark mesafesi 3 mm ve torç açısı 5° şeklindedir. Değişken parametreler ise; kaynak akımı (I) 65 A - 115 A arası, ark gerilimi (V) 19 V - 24.9 V arası, kaynak hızı (S) 40 cm / dak. - 140 cm / dak. arası ve gaz debisi (Q) 6 lt / dak. - 12 lt / dak. arası değerler olarak değişmektedir.

II.1 Nüfuziyet İncelenmesi

Nüfuziyet incelemeleri için 6 farklı kaynak akımı, 6 farklı ark gerilimi, 3 farklı kaynak hızı ve 4 farklı gaz debisi çalışılmıştır. Her bir durum için 3'er adet numune kullanılmıştır. Numuneler 2.5 x 20 x 60 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Kaynak işlemleri her bir durum için 10 mm içeriden başlanmış ve 40 mm uzunluğundaki işlenmiştir. Nüfuziyet incelemelerinde kullanılan 4 farklı kaynak parametresi değerleri tablo 1-4'de verilmiştir.

Tablo 1. Kaynak akımı parametreleri

Kaynak akımı (I)	Ark gerilimi (V)	Kaynak hızı (S)	Gaz debisi (Q)
65	24,9	60	10
75			
85			
95			
105			
115			

Tablo 2. Ark gerilimi parametreleri

Ark gerilimi (V)	Kaynak akımı (I)	Kaynak hızı (S)	Gaz debisi (Q)
19	115	60	10
20			
21			
22			
23			
24			

Tablo 3. Kaynak hızı parametreleri

Kaynak hızı (S)	Kaynak akımı (I)	Ark gerilimi (V)	Gaz debisi (Q)
40	115	24,9	10
60			
140			

Tablo 4. Gaz debisi parametreleri

Gaz debisi (Q)	Kaynak akımı (I)	Ark gerilimi (V)	Kaynak hızı (S)
6	115	24,9	60
8			
10			
12			

Nüfuziyet ölçümleri için numuneler bor yağı soğutmalı kapalı ünite testere ile kaynak yönüne dik olarak tam ortadan kesilmiştir. Kesilen yüzeyler 600-800-1200 numara zımpara ile parlatılmış ve parlatılan yüzeyler % 5 nital ile dağlanmıştır. Dağlanmış yüzeylerden Nikon Stereo Zoom optik mikroskop ile X 10 büyütmede makroyapı fotoğrafları çekilmiş şekil 6-24'de sunulmuştur. Makroyapı fotoğraflarından nüfuziyet ölçümleri newvision programı kullanılarak yapılmıştır.

III. DENEYSEL SONUÇLAR

III.1 Esas Metal ve Tel Elektrod Analiz Sonuçları

Deneysel çalışmalarında kullanılan esas metal Erdemir 6842 için standart değerleri ve spektral analiz değerleri tablo 5'de, tel elektrod SG2 (G3Si1) için standart değerleri ve spektral analiz değerleri tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 5. Erdemir 6842 DIN EN 10120 standardı ve spektral analiz değerleri

	C	Mn	Si	S	P	Al
Standart değerler	Max 0,16	0,50 1,50	Max 0,40	Max 0,025	Max 0,030	Min 0,020
Analiz değerleri	0,16	0,72	0,07	0,004	0,013	0,026

Tablo 6. SG2 (G3Si1) DIN EN 440 standardı ve spektral analiz değerleri

	C	Mn	Si	S	P	Ni
Standart değerler	0,06 0,14	1,3 1,60	0,70 1,00	Max 0,025	Max 0,025	Max 0,15
Analiz değerleri	0,077	1,41	0,86	0,012	0,014	0,12

III.2 Kaynak Akımı Parametresi Deney Sonuçları

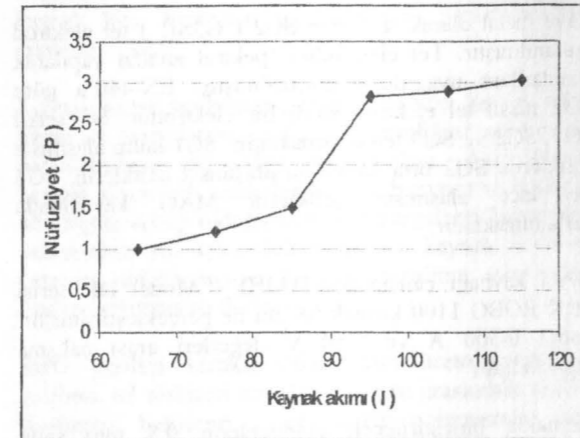
Hava tüpü MAG kaynağında, 24,9 volt gerilim, 60 cm / dak. kaynak hızı ve 10 lt / dak. gaz debisinde 6 farklı kaynak akımı için yapılan deneylerden elde edilen kaynak akımı - nüfuziyet ilişkisi şekil 2'de ve tablo 7'de, nüfuziyet ölçümlerinin yapıldığı yüzeylerin makroyapı fotoğrafları ise şekil 6 - 11'de sunulmuştur.

Tablo 7 ve şekil 2 incelendiğinde, 65 Amperden 85 Ampere kadar akım değerlerindeki artış ile nüfuziyetin doğrusal olarak küçük değerlerde arttığı, 85 Amper ile 95 Amper arasında büyük bir nüfuziyet artışı olduğu ve 95 Amperden 115 Ampere kadar akım değerlerindeki artış ile nüfuziyetin doğrusal olarak küçük değerlerde arttığı görülmüştür.

Makroyapı fotoğrafları 85 Ampere kadar ki akım değerlerinde uygulanan kaynak işlemlerinin kök paso oluşturmadığını, kök pasonun 95 Amperden sonraki değerlerde oluştuğunu gösterir.

Tablo 7 Kaynak akımı - nüfuziyet değişimi değerleri

Kaynak akımı I (Amper)	65	75	85	95	105	115
Nüfuziyet P (mm)	0,99	1,22	1,50	2,82	2,90	3,02



Şekil 2. Kaynak akımı - nüfuziyet değişimi

III.3 Ark Gerilimi Parametresi Deney Sonuçları

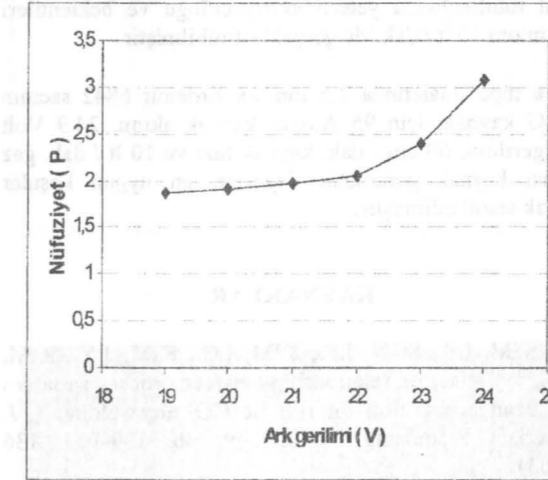
Hava tüpü MAG kaynağında, 115 Amper kaynak akımı, 60 cm / dak. kaynak hızı ve 10 lt / dak. gaz debisinde 6 farklı ark gerilimi için yapılan deneylerden elde edilen ark gerilimi - nüfuziyet ilişkisi şekil 3'te ve tablo 8'de, nüfuziyet ölçümlerinin yapıldığı yüzeylerin makroyapı fotoğrafları ise şekil 12 - 17'de sunulmuştur.

Tablo 8 ve şekil 3 incelendiğinde, 22 Volt ark gerilimine kadar küçük artışlar gösteren nüfuziyetin 23 Volt ark geriliminde daha büyük artış gösterdiği ve 24 Volt ark geriliminde ise nüfuziyet artışının daha da büyüdüğü görülmüştür.

Makroyapı fotoğrafları 23 Volta kadar ki ark gerilimi değerlerinde uygulanan kaynak işlemlerinin kök paso oluşturmadığını, kök pasonun 23 Volttan sonraki değerlerde oluştuğunu gösterir.

Tablo 8. Ark gerilimi - nüfuziyet değişimi değerleri

Ark gerilimi V (Volt)	19	20	21	22	23	24
Nüfuziyet P (mm)	1,88	1,92	1,98	2,05	2,40	3,07



Şekil 3. Ark gerilimi - nüfuziyet değişimi

III.4 Kaynak Hızı Parametresi Deney Sonuçları

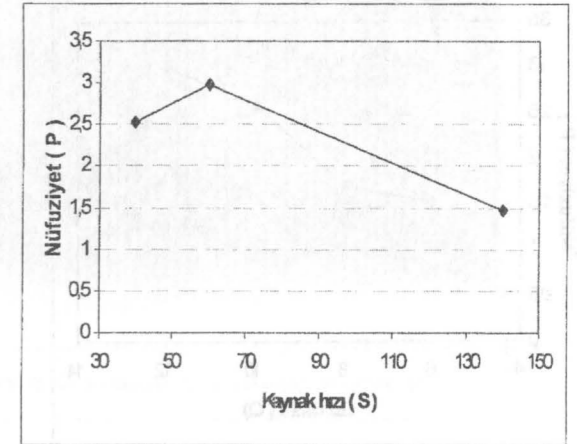
Hava tüpü MAG kaynağında, 115 Amper kaynak akımı, 24,9 Volt ark gerilimi ve 10 lt / dak. gaz debisinde 3 farklı kaynak hızı için yapılan deneylerden elde edilen kaynak hızı - nüfuziyet ilişkisi şekil 4'de ve tablo 9'da, nüfuziyet ölçümlerinin yapıldığı yüzeylerin makroyapı fotoğrafları ise şekil 18 - 20'de sunulmuştur.

Tablo 9 ve şekil 3 incelendiğinde, 140 cm / dak. kaynak hızında nüfuziyetin yetersiz olduğu, 60 cm / dak. kaynak hızında nüfuziyette çok büyük bir artış olduğu ve 40 cm / dak. kaynak hızında nüfuziyetin tekrar azaldığı görülmüştür.

Makroyapı fotoğrafları 140 cm / dak kaynak hızında kök paso oluşmadığını ve kaynak dikişi genişliği ile kaynak dikişi yüksekliğinin çok az olduğunu, 60 cm / dak. kaynak hızında kök paso oluştuğunu ve kaynak dikişi genişliği ile kaynak dikişi yüksekliğinin makul seviyelerde olduğunu, 40 cm / dak. kaynak hızında çok küçük kök paso oluştuğu ve kaynak dikişi yüksekliğinde aşırı artış olduğunu gösterir (Şekil 18-20).

Tablo 9. Kaynak hızı - nüfuziyet değişimi değerleri

Kaynak hızı S (cm/dak.)	40	60	140
Nüfuziyet P (mm)	2,52	2,98	1,46



Şekil 4. Kaynak hızı - nüfuziyet değişimi

III.5 Gaz Debisi Parametresi Deney Sonuçları

Hava tüpü MAG kaynağında, 115 Amper kaynak akımı, 24,9 Volt ark gerilimi ve 60 cm / dak. kaynak hızında 4 farklı gaz debisi için yapılan deneylerden elde edilen kaynak hızı - nüfuziyet ilişkisi şekil 5'de ve tablo 10'da, nüfuziyet ölçümlerinin yapıldığı yüzeylerin makroyapı fotoğrafları ise şekil 21 - 24'de sunulmuştur.

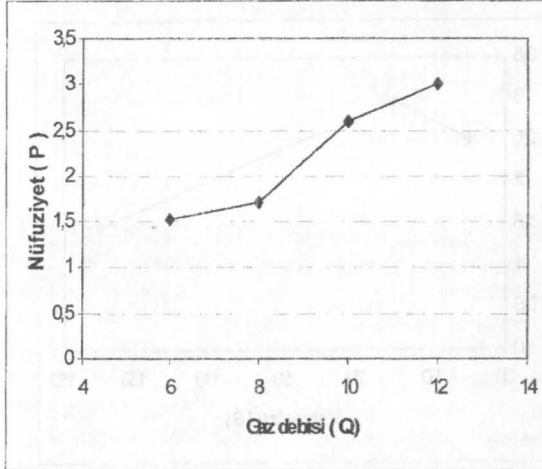
Tablo 10 ve şekil 5 incelendiğinde, gaz debisi artışı ile nüfuziyetin arttığı, bu artışın 8 lt / dak. ile 10 lt / dak. arasında çok belirgin olduğu görülmüştür.

Makroyapı fotoğrafları 6 lt / dak. gaz debisinde yetersiz nüfuziyeti, büyük kaynak dikişi yüksekliği, küçük kaynak dikişi genişliği ve kaynak sıçramasını gösterir. 8 lt / dak.

gaz debisinde nüfuziyet artışı görülmekte, fakat kök paso oluşmaya yakın değerlerde değildir. Bununla beraber, 8 lt / dak. gaz debisinde kaynak dikişi yüksekliğinin büyük değerde olduğu, kaynak dikişi genişliğinin normal şartlara ulaştığı ve kaynak sıçraması meydana geldiği görülür. 10 lt / dak. gaz debisi için makroyapı fotoğrafı nüfuziyetin kök paso oluşacak kadar arttığını, kaynak sıçraması oluşmadığını ve kaynak dikişi yüksekliğinin azalarak istenen koşullarda oluştuğunu gösterir. 12 lt / dak. gaz debisi makroyapı fotoğrafı kaynak dikişi değerlerinin nüfuziyet için uygun olduğunu göstermektedir.

Tablo 10 Gaz debisi- nüfuziyet değişimi değerleri

Gaz debisi Q (lt / dak.)	6	8	10	12
Nüfuziyet P (mm)	1,53	1,70	2,60	3,01



Şekil 5. Gaz debisi- nüfuziyet değişimi

IV. İRDELEME

Kaynak akımı artışı ile ergiyen ilave metal miktarı artmıştır. Aynı zamanda, kaynak dikişi biçiminde genişlik artışı, yükseklik azalışı ve nüfuziyet derinliği artışı olmuştur. Belirli bir değerden sonra ilave metal artışı kaynak dikişi yüksekliğinde artışa sebep olmuştur ve literatürle benzer sonuçlardır [1,3]. Bu durum tel elektrod sarfiyatı artışı ve bunun sonucu maliyet artışıdır.

Ark gerilimi artışı ile kaynak dikişinde genişleme görülmüştür. Fakat 24 Volt ark geriliminde nüfuziyet derinliği artışı ile birlikte genişlik azalması meydana gelmiştir. Sıçramaların olmaması ve kaynak dikişi

genişlemesi için ark geriliminin artırılması gerektiği düşünülmektedir.

Kaynak hızı sonuçları literatürdeki gibi yüksek hızda yetersiz nüfuziyet, kaynak dikişi genişliği şeklindedir [3]. Benzer durum düşük kaynak hızında nüfuziyet değeri azalması kaynak dikişi yüksekliği artışı şeklinde sonuçlanmıştır. En derin nüfuziyet kaynak hızının optimum değerinde elde edilebilir.

Gaz debisinin nüfuziyete etkisi üzerine yapılan çalışmalar ise yetersiz gaz debisinin kaynak dikişi için gerekli korumayı gösteremediği, bunun sonucu yeterince geniş olmayan, sıçramalar meydana gelen ve nüfuziyet derinliğinin az olduğu bir sonucu vermiştir.

V. SONUÇ

MAG (karışım gaz) kaynağında diğer parametreler sabit tutulduğunda kaynak akımının ve ark geriliminin artmasıyla nüfuziyet derinliğinde artma olmaktadır.

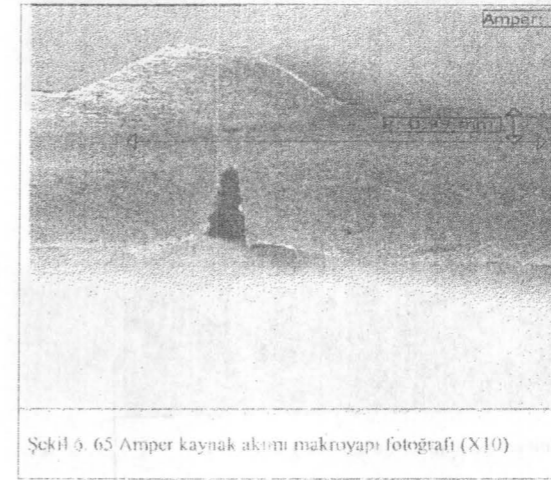
Kaynak hızı bir optimum tepe değerinde maksimum nüfuziyet derinliği oluşturmaktadır.

Deney koşulları için gaz debisi değeri diğer parametreler sabit tutulduğunda yeterli koruyuculuğu ve beklentileri minimum 10 lt / dak.'da gerçekleştirebilmiştir.

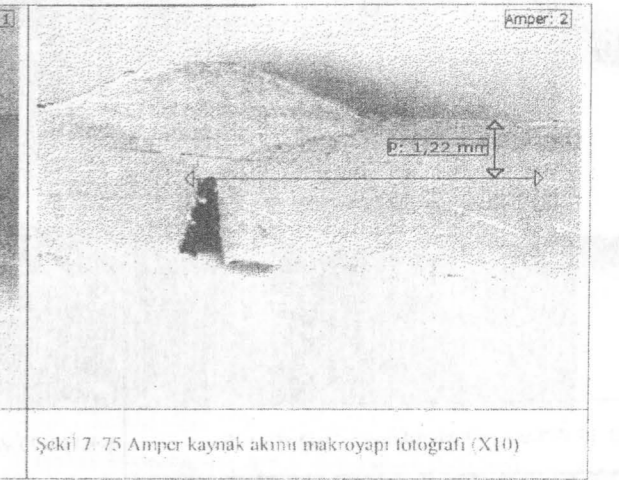
Hava tüpü imalatında 2.5 mm'lik Erdemir 6842 sacının MAG kaynağı için 95 Amper kaynak akımı, 24.9 Volt ark gerilimi, 60 cm / dak. kaynak hızı ve 10 lt / dak. gaz debisi kaynak parametre değerleri en uygun koşullar olarak tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

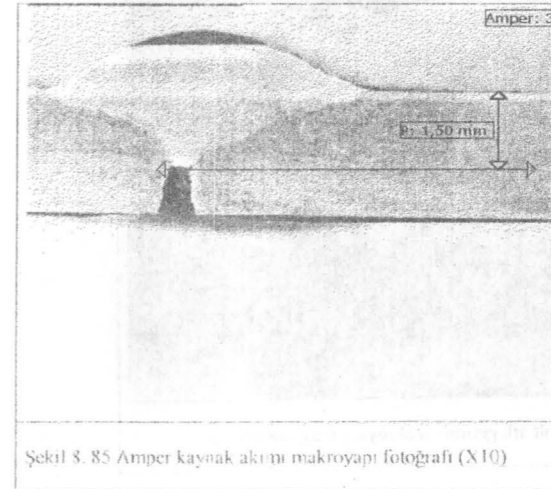
- [1]. KIM, I.S., SON, J.S., KIM, I.G., KIM, J.Y., KIM, O.S., " A study on relationship between process variables and bead penetration for robotic CO₂ arc welding ", J. Materials Processing Technology, pp. 139-145, 136 (2003)
- [2]. ANKARA, A., ÖZTÜRK, O., " Gazaltı Kaynağında Metal Geçişinin Optik Olarak Gözlenmesi ve Sınırlarının Belirlenmesi ", 1. Ulusal Kaynak Teknolojisi Kongresi, ODTÜ, Ankara, (13-15 Kasım 1997)
- [3]. ATEŞ, H., TÜRKER, M., " Elektrik Ark ve MIG / MAG Kaynaklarında Değişik Kaynak Parametreleri Altında Nüfuziyetlerin Belirlenmesi ", Gazi Üniv. FBE Dergisi, Cilt 12, No.: 3, Temmuz 1999
- [4]. ANIK, S., DİKİCİOĞLU, A., VURAL, M., " Koruyucu Gaz Altında Kaynak ve Alüminyum MIG Kaynağı ", Kaynak Tekniği Derneği Yayın No.: 1, (1994)



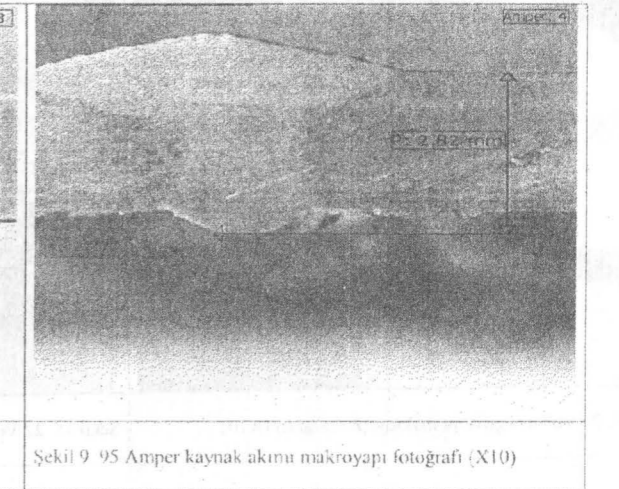
Şekil 6. 65 Amper kaynak akımı makroyapı fotoğrafı (X10)



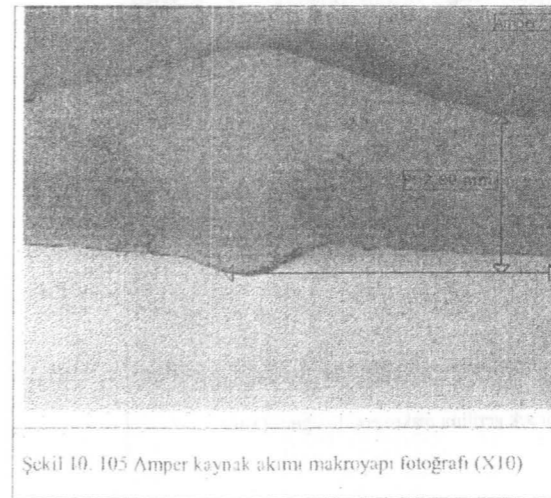
Şekil 7. 75 Amper kaynak akımı makroyapı fotoğrafı (X10)



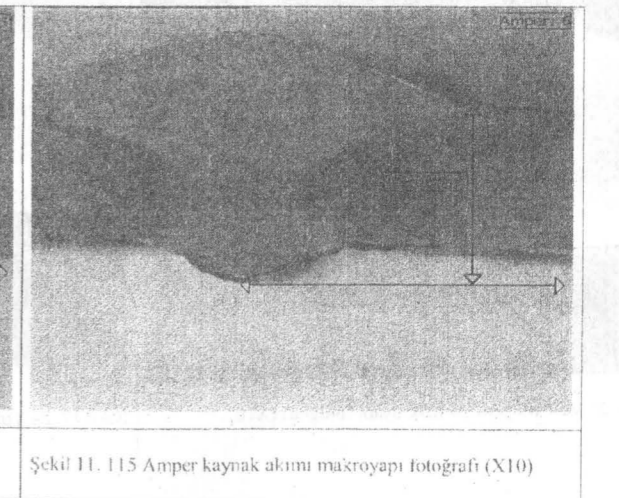
Şekil 8. 85 Amper kaynak akımı makroyapı fotoğrafı (X10)



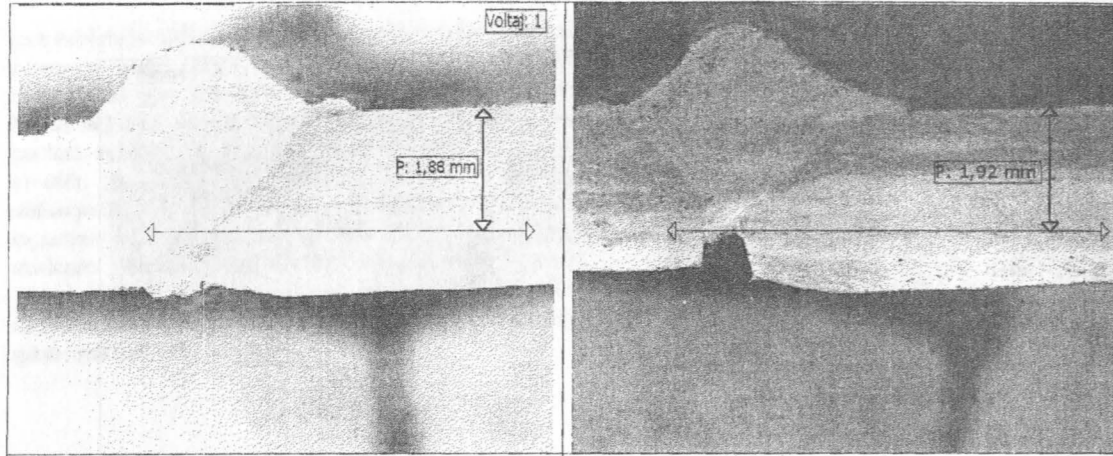
Şekil 9. 95 Amper kaynak akımı makroyapı fotoğrafı (X10)



Şekil 10. 105 Amper kaynak akımı makroyapı fotoğrafı (X10)

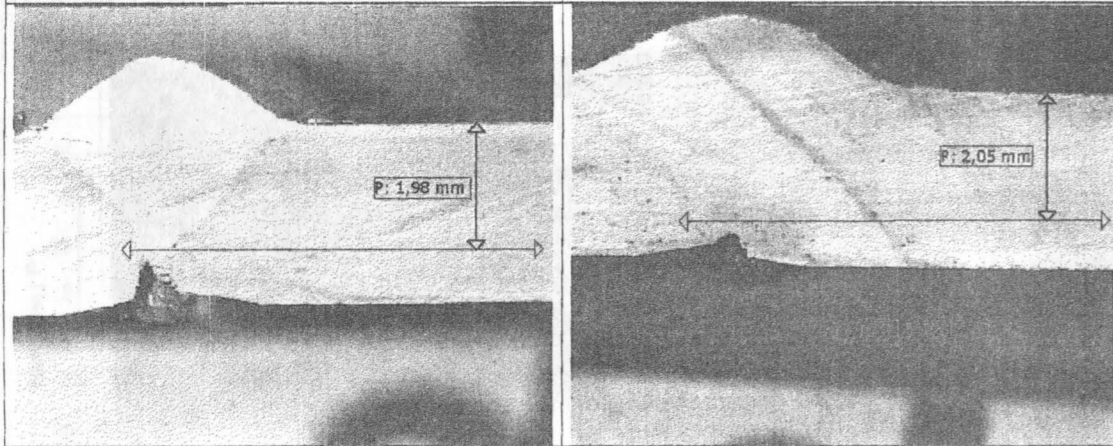


Şekil 11. 115 Amper kaynak akımı makroyapı fotoğrafı (X10)



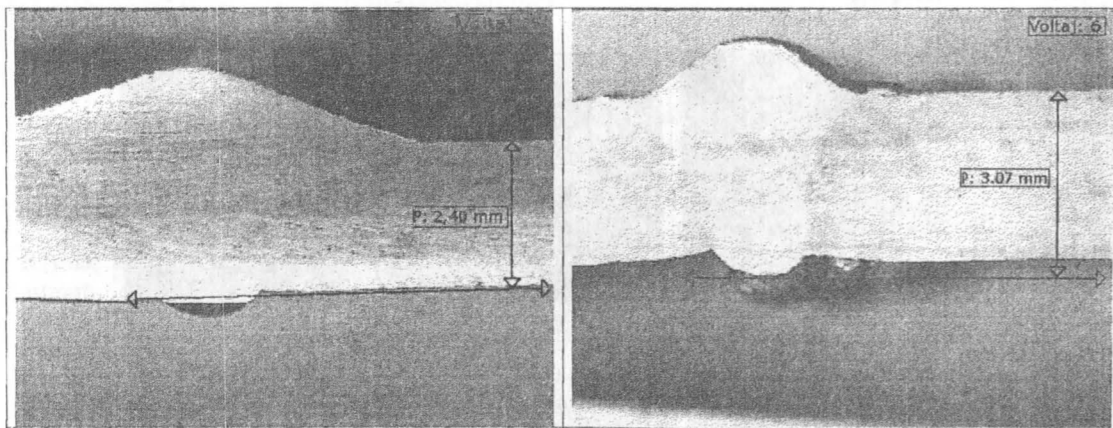
Şekil 12. 19 Volt ark gerilimi makroyapı fotoğrafı (X10)

Şekil 13. 20 Volt ark gerilimi makroyapı fotoğrafı (X10)



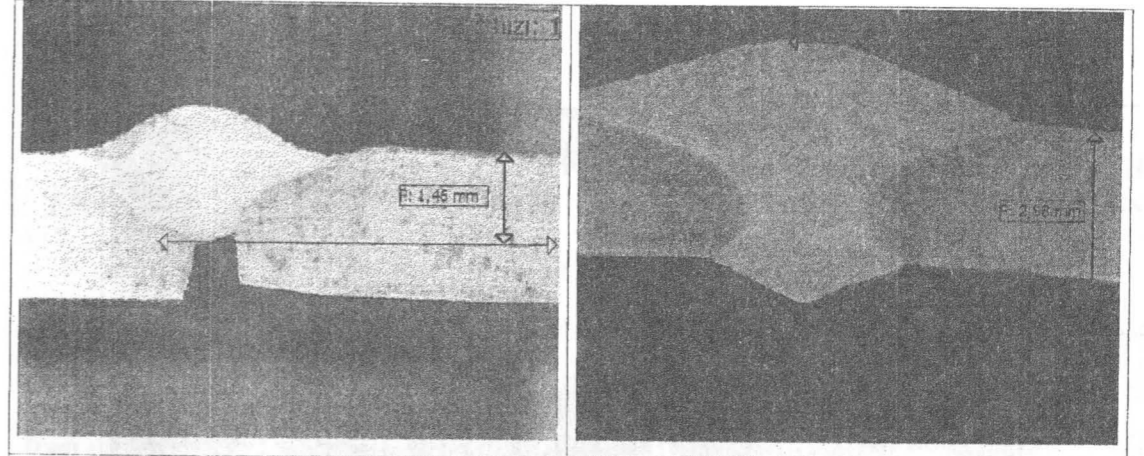
Şekil 14. 21 Volt ark gerilimi makroyapı fotoğrafı (X10)

Şekil 15. 22 Volt ark gerilimi makroyapı fotoğrafı (X10)



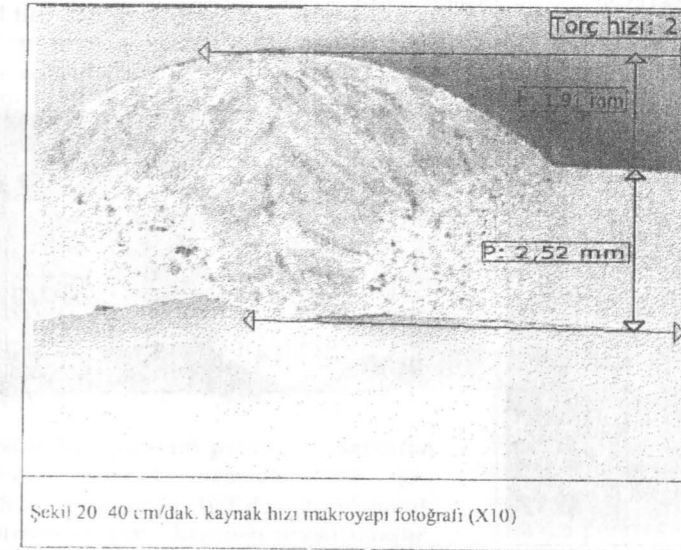
Şekil 16. 23 Volt ark gerilimi makroyapı fotoğrafı (X10)

Şekil 17. 24 Volt ark gerilimi makroyapı fotoğrafı (X10)

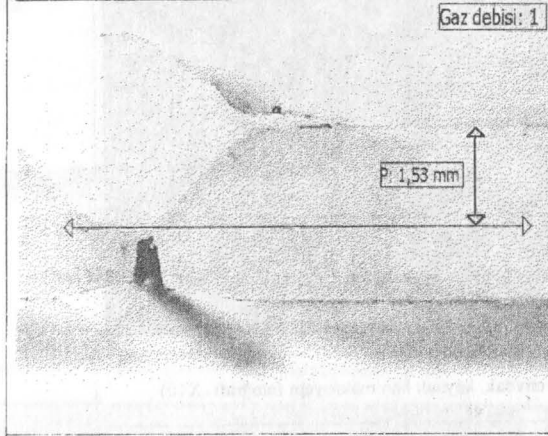


Şekil 18. 140 cm/dak. kaynak hızı makroyapı fotoğrafı (X10)

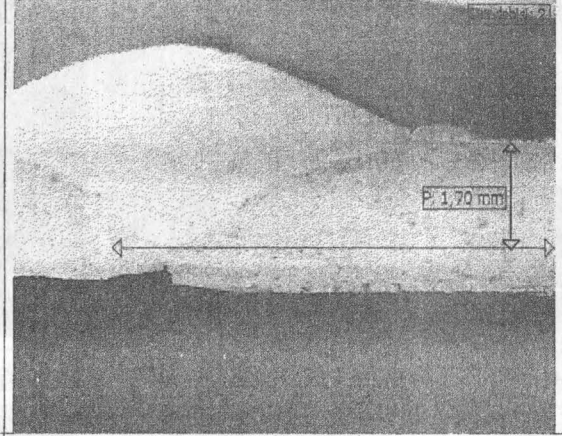
Şekil 19. 60 cm/dak. kaynak hızı makroyapı fotoğrafı (X10)



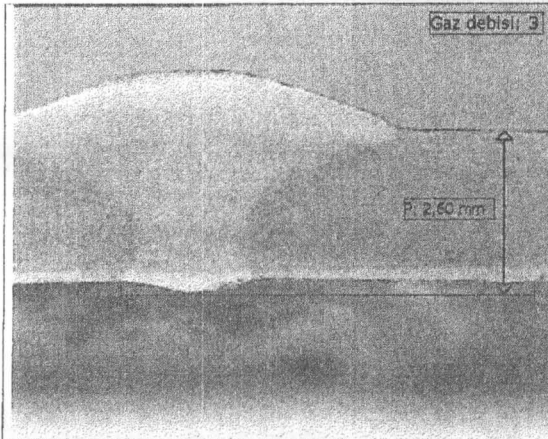
Şekil 20. 40 cm/dak. kaynak hızı makroyapı fotoğrafı (X10)



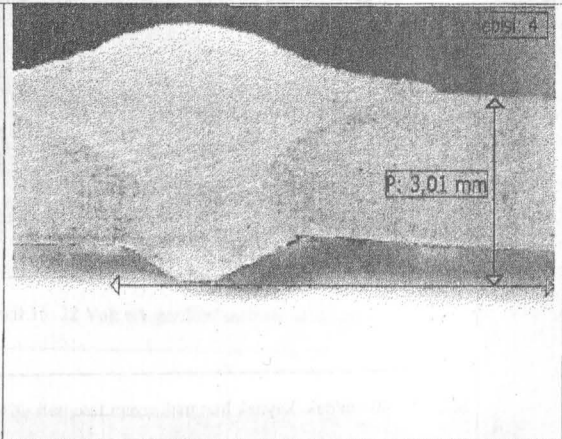
Şekil 21. 6 lt/dak. gaz debisi makroyapı fotoğrafı (X10)



Şekil 22. 8 lt/dak. gaz debisi makroyapı fotoğrafı (X10)



Şekil 23. 10 lt/dak. gaz debisi makroyapı fotoğrafı (X10)



Şekil 24. 12 lt/dak. gaz debisi makroyapı fotoğrafı (X10)