

ELEKTRO VE SICAK DALDIRMA METODLARIYLA GALVANİZ KAPLANMIŞ ÇELİK SACLARIN PASLANMAZ ÇELİĞE DİRENÇ KAYNAĞI İLE KAYNAKLANABİLİRLİĞİ

Mustafa AYDIN*, Behçet GÜLENC

*Gazi üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metalurji Eğitimi Bölümü, Teknikokullar,
06500, ANKARA*

ÖZET

Bu çalışmada, beyaz eşya imalat sanayinde etkin bir kullanım alanı bulunan galvanizli sac ile paslanmaz çeliğin nokta direnç kaynağı ile kaynaklanabilirliği incelenmiştir. Kaplama kalınlığı farklı iki galvanizli sac paslanmaz çeliğe kaynaklanarak, kaplama türünün kaynak bölgesine etkileri araştırılmıştır. Kaynaklanan numunelerin mikro yapıları, mikro sertlikleri ve makaslama deneyleri yapılarak, kaplama kalınlığının kaynak kabiliyetine etkisi araştırılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, daldırma yöntemi ile elde edilen kalın kaplamalı galvanizli sac kaynağında fişkırmaya ve kaplamada katmerleşme daha fazla görülürken mekanik özellikleri elektro kaplamalı galvanizli saca göre daha düşük değerler vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Direnç kaynağı, paslanmaz çelik, galvaniz kaplanmış çelik

WELDABILITY OF GALVANIZE COATED STEEL SHEETS PRODUCED BY ELECTRO AND HOT DIPPING METHODS TO STAINLESS STEELS BY SPOT RESISTANCE WELDING

ABSTRACT

In this study, spot resistance welding of galvanized sheet and stainless steel, which is widely used in the white-goods manufacturing industry, have been investigated. Two galvanized sheets with different coating thicknesses are welded to the stainless steel, is managed and the effect of the coating types on the welding area is investigated. The micro structures, micro hardness and the shearing tests of the welded parts have been carried out in order to find the effect of coating thickness on the weldability. Experimental results have shown that on the welding of galvanized sheet, obtained by the dipping method with a thicker coating layer, the gushing out and buckling are observed. However, mechanical properties of the welding of galvanized sheets were found lower than those of the welding electro coated galvanized sheets.

Keywords: Spot resistance welding, stainless steel, galvanize coated steel

1.GİRİŞ

Günümüz endüstrisinde kullanılan paslanmaz çelik malzemeler yüksek korozyon ve oksidasyon dirençleri, yüksek mekanik ve fiziksel özellikleri, sıcak ve soğuk işlenebilirlikleri, kaynaklanabilir olması ile dikkat çekmektedirler (1). Bu malzemelerin maliyetlerinin yüksek olması kullanıcıyı aynı şartları karşılayabilecek maliyeti daha düşük malzeme kullanımına teşvik etmiştir. Bu amaçla çelik sacların yüzeylerinin korozyona dayanımları artırılarak aynı amaç için kullanımı yoluna gidilmiştir.

Özellikle buzdolabı, çamaşır makinası, bulaşık makinası gibi su ve nem ile temasta olan yüzeylerin korozyona karşı direncinin sağlanması gerekmektedir. Bu makinaların kullanım garanti süresini artırmak, üretici firmaların en önemli hedeflerinden birisidir. Otomotiv sektörü, kimya endüstrisi, mutfak eşyası, asit tankları gibi bir çok kullanım alanı olan bu malzemelerin, kullanım yerlerinde otomasyona uygun olarak elektrik direnç kaynak yöntemi ile birleştirilmesi tercih edilen bir yöntemdir.

Elektrik direnç kaynağı; iş parçalarından geçen elektrik akımına karşı, iş parçalarının gösterdiği dirençten sağlanan ısı ve aynı zamanda basıncın tatbiki ile yapılan bir kaynak yöntemidir. Kaynak işlemi için iki elektrot arasına yerleştirilen malzeme, devreden geçirilen yüksek akım şiddetine gösterdiği dirençle ısınmaktadır. İşlemden, temas noktalarındaki kontak direnci nedeni ile açığa çıkan ısıdan da yararlanılmaktadır. Yöntemde uygulanan akım şiddeti ve basma kuvveti, işlemin ana etkenleridir (2). Elektrotlar arasında kaynak işlemi esnasında meydana gelen ısı "joule" kanununa göre şu formülle ifade edilir:

$$Q=0.239. I^2 .R. t \text{ (kalori)} \quad [1]$$

Eşitlikte görüldüğü gibi oluşan ısı, akım şiddetinin (I) (ikinci dereceden), malzemelerin direncinin (R) ve zamanın (t) bir fonksiyonu olarak ortaya çıkmaktadır (3). Bu ifadeden direnç nokta kaynağında kaynak kabiliyetinin malzemenin cinsine bağlı olduğu görülür. Kaynak bölgesinde ısınmanın oluşabilmesi için R direncinin yeteri kadar büyük olması gerekir. Bir malzemenin içerisinden elektrik akımının geçişine gösterdiği direnç, o malzemenin elektriği iletme kabiliyeti ile ters orantılı olduğundan, malzemenin elektrik iletkenliği ne kadar yüksek ise, o malzemenin nokta kaynağı kabiliyetinin o kadar kötü olduğu anlaşılır (4). Ayrıca kullanılan malzemenin ısı iletkenliği ve ergime noktasının da direnç nokta kaynağında kaynaklanabilirliğe etkisi vardır. Isı iletkenliğinin yüksek olması, kaynak esnasında ısı yoğunlaşmasını zorlaştırır. Bu nedenle ısı iletme kabiliyeti yüksek olan bir malzemenin, nokta kaynağı kabiliyeti de düşüktür. Aynı şekilde ergime noktasının da yüksek olması, kaynakta gerekli ısı miktarını da yükselmesine neden olur. Bu ifadeler neticesinde aşağıdaki şu ampirik ifade çıkartılabilir:

$$S = 10^4 / \lambda. \alpha. t_c \quad [2]$$

Bu eşitlikte; α ; kaynak yapılan malzemenin elektrik iletkenliği ($m/\Omega mm^2$), λ ; kaynak yapılan malzemenin ısı iletkenliği($cal/cms^{\circ}C$), S; kaynak kabiliyeti faktörü, t_c ; kaynak yapılan malzemenin ergime noktasını ($^{\circ}C$) ifade etmektedir. Bu eşitlikten elde edilen kaynak kabiliyetleri faktörlerine göre, direnç kaynağında kaynak kabiliyeti Çizelge 1'de verildiği gibi değerlendirilir.

Çizelge 1. Kaynak kabiliyeti faktörü ve kaynak kabiliyeti durumu ilişkisi.

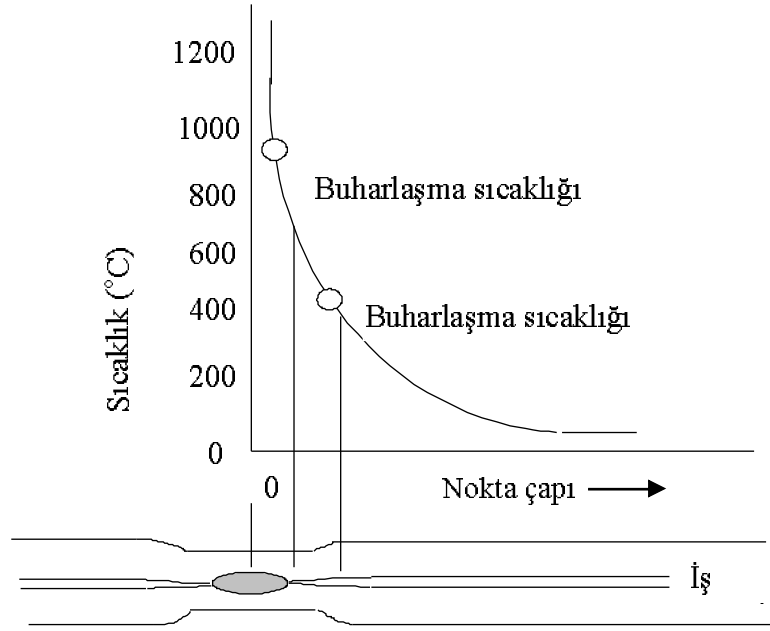
Kaynak Kabiliyeti Faktörü, (S)	Kaynak Kabiliyeti Durumu
0.25'den küçük	kötü
0.25-0.75	Yeterli
0.75-2.00	İyi
2.00'dan büyük	Çok iyi

Bazı malzemelerin kaynak kabiliyetini doğrudan etkileyen fiziksel özellikleri Tablo 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Bazı malzemelerin fiziksel özellikleri ile kaynak kabiliyeti faktörleri (6).

Malzeme türü	Elektrik iletkenliği (m/Ωmm ²)	Isı iletkenliği (cal/cm ² °C)	Ergime derecesi T _e (°C)	Kaynak kabiliyeti faktörü (S)	Kaynak kabiliyeti durumu
Karbonlu çelik	6.0	0.12	1490	9.3	Çok iyi
Ferritik paslanmaz çelik	5.7	0.07	1450	17.2	Çok iyi
Östenitik paslanmaz çelik	3.5	0.05	1420	40.2	Çok iyi
Çinko	17.0	0.25	906	2.6	Çok iyi

Çelik sacların yüzeylerinin korozyon direncini artırmak amacı ile bir çok yöntem uygulanmaktadır. Bunlar, çeliğin bileşimini değiştirmeden, malzemenin yüzeyini korozyona dayanıklı tabaka ile kaplama işlemidir (6). Bu işlemler ya çeliğin ergimiş çinko içerisine daldırılmasıyla (sıcak daldırma) ya da elektro kaplama (elektro galvanizleme) ile yapılır. Bunun dışında difüzyon ve metal püskürtme tipi kaplama yöntemleri de kullanılmaktadır. Çinko kaplanmış sacların direnç kaynağında, yumuşak ve yüksek iletkenliğe sahip çinko tabakasının varlığı, kaynak bölgesinin elektriksel ve ısı iletkenliklerini değiştirir (7,8). Galvanizli çelikler, kaplanmamış düşük karbonlu çeliklerde bulunan yüksek temas direncini göstermezler. Bu nedenle aynı kaynak şartlarında galvanizli çeliklerin ara yüzeyi daha düşük ısı iletilir. Galvaniz kaplı sacların daha dar kaynak parametreleri toleransı gerekir (9). Ayrıca kaynak bölgesinde çinkonun varlığı gerilmelerde kırılmalara neden olabilmektedir (10). Şekil 1'de kaynak bölgesinde çinko tabakasının davranışı grafik olarak verilmiştir



Şekil 1. Kaynak bölgesinde, çinko tabakasının davranışı (7,11).

Paslanmaz çelik, korozif elementler ile temas halinde korozyon bakımından pasif hale gelmesini sağlayacak kadar krom ilave edilmiş çelik malzemedir. Bu krom oranı en az %11-12 civarındır. Östenitik paslanmaz çelik, bu özellik dışında yeterli miktarda östenitleştirici Ni ve Mn elementleri içerir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada kullanmış olduğumuz paslanmaz çelik ve galvaniz kaplı sacların kimyasal bileşimleri Çizelge 3 ve 4' de verilmiştir.

Çizelge 3. Paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi (%)

AISI No	C	Cr	Ni	Si	Mn	Fe
304	0.03	18-20	8-12	0.309	1.459	Kalan

Çizelge 4. Galvaniz kaplı sacların özellikleri

Elektro Kaplamalı Galvanizli Sac			Sıcak Daldırma Kaplamalı Galvanizli Sac		
Kaplama türü	Kaplama kalınlığı (µm)	Direnci (Ω)	Kaplama türü	Kaplama kalınlığı (µm)	Direnci (Ω)
Elektro kaplama	5	0.012*	Sıcak daldırma	9	0.005*

* bu değerler Weston köprüsü oluşturularak ölçülmüştür.

Kullanılan direnç kaynak cihazı, sekonder gerilimi maksimum 7.3 volt olup, kaynak kontrol ünitesi scofimo tepys IP35/1300VR tristor SCR 800 amper, hava soğutmalı tam otomatik, bilgisayar kontrollü ve robotik mekanizmaya sahip bir kaynak ünitesidir.

Çalışmada yukarıda Çizelge 3'de özellikleri verilen paslanmaz çelik malzeme ile Çizelge 4'de özellikleri verilen elektro kaplama galvanizli çelik sac ve sıcak daldırma kaplamalı çelik sac kaynaklanmıştır. *Scofimo* tepys kaynak makinası kullanılarak, Çizelge 5'de belirtilen şartlarda kaynak yapılmıştır.

Çizelge 5. Kaynak işlemi esnasında kullanılan makinenin kaynak parametreleri

Program	Sıkıştırma Süresi	Yükleme Süresi	Kaynak Süresi	Kaynak Akımı	Tutma Süresi	Basınç (Bar)
12 •	10*	8*	22*	48#	0	10
13 •	10*	8*	22*	48#	0	10

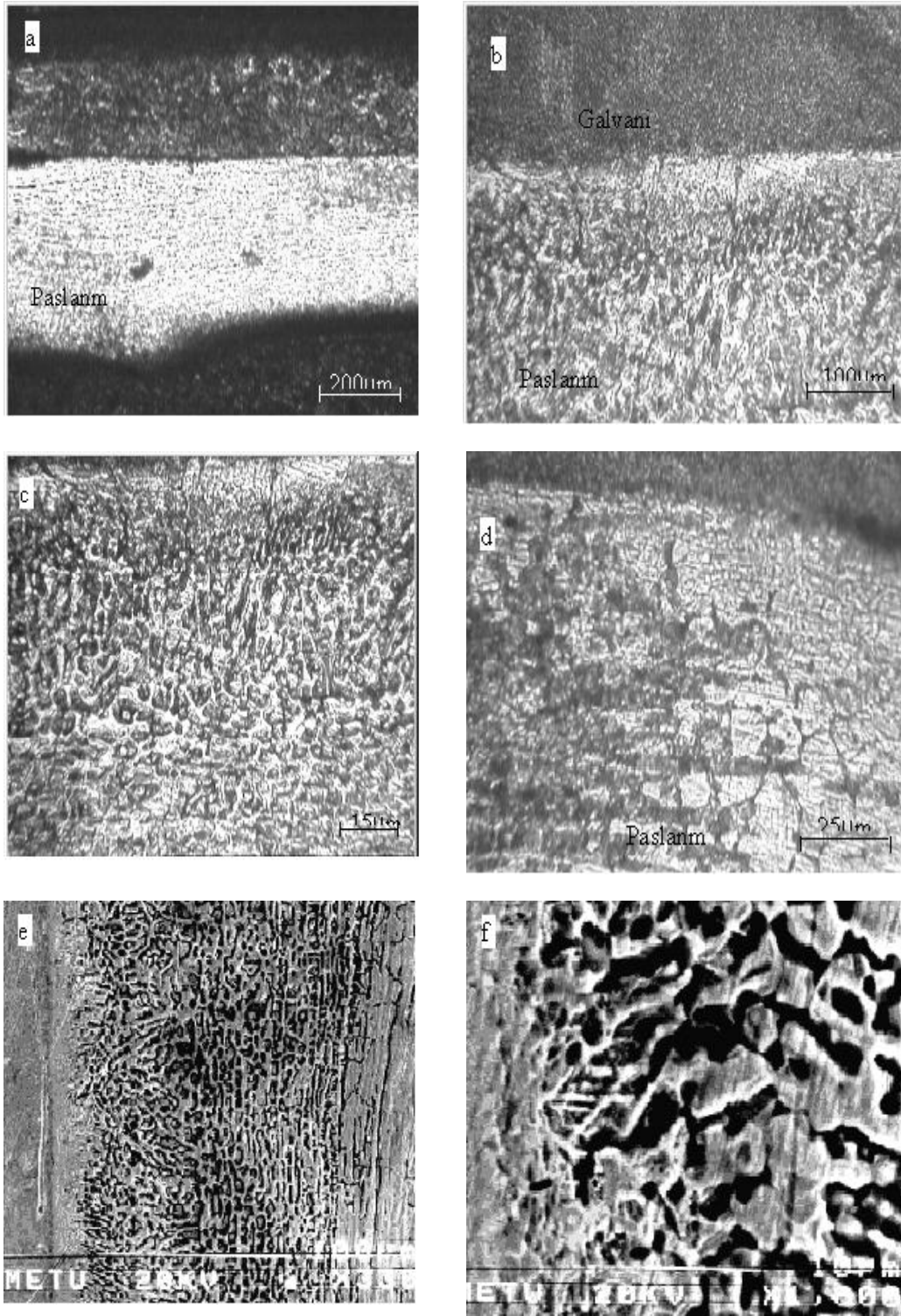
*Periyod olup, 1 periyod=1/50 sn'dir. #Tristör tetikleme göstergesi değeridir.

"Cihaza ait kaynak yapma programıdır.

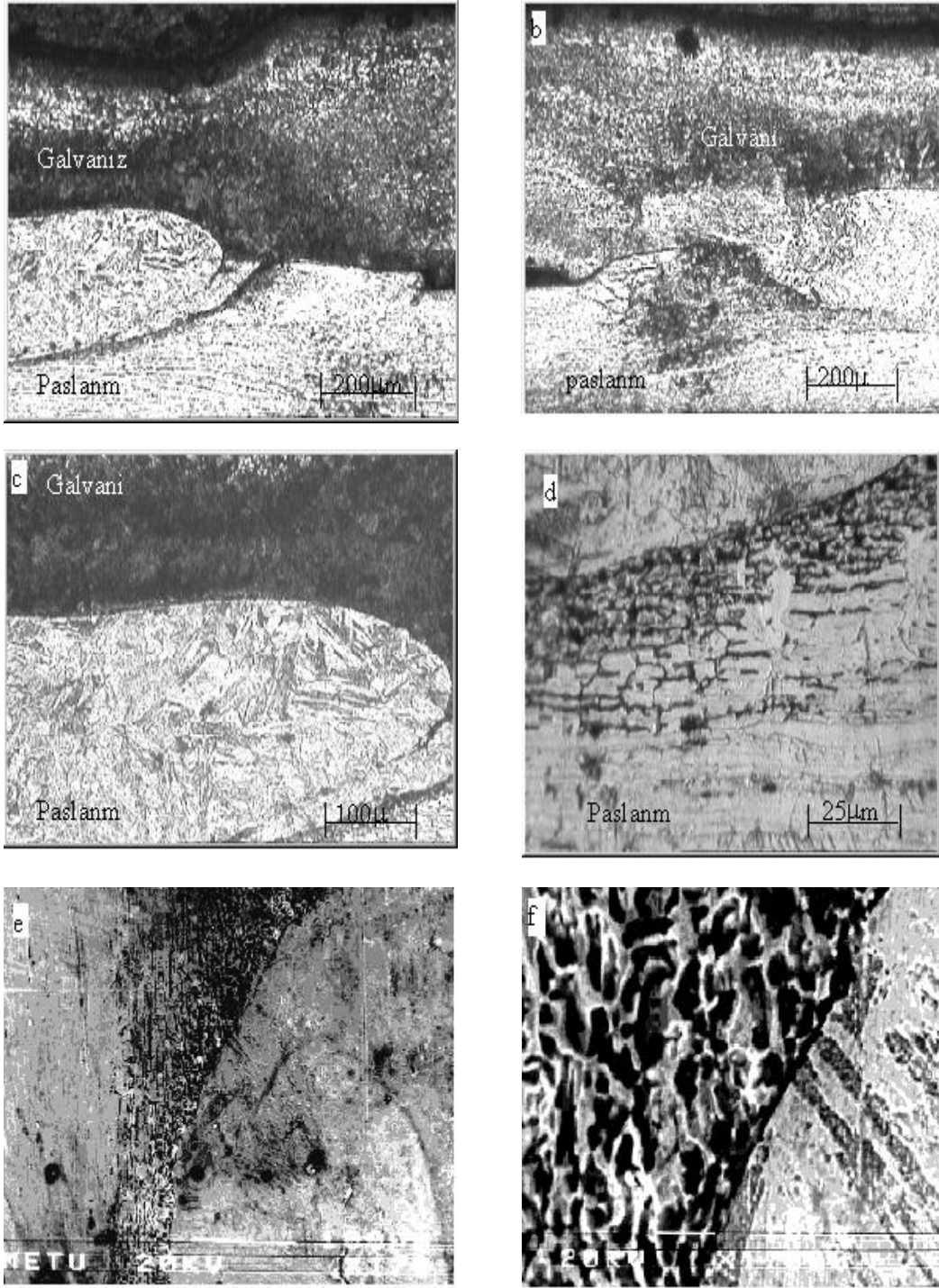
Yapılan bu kaynak işlemlerinden sonra bu iki farklı kaynak numuneleri, bakalite alınarak 600, 800, 1200 numara zımpara ile zımparalanıp, elmas pasta ile polisaj işlemleri yapıp bakır sülfat eriyiği ile dağlama işlemi yapılarak, optik mikroskop görüntüleri çekilmiştir. Çekilen bu mikro yapı fotoğrafları Şekil 2 ve 3'de verilmiştir. Şekil 2 ve 3'teki mikro yapı fotoğrafları incelendiğinde, elektro kaplama yöntemi ile üretilmiş malzemenin paslanmaz çelik ile kaynağının daha düzgün ve homojen dağılım gösteren bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Elektro kaplama yönteminde çinko kaplamanın ince olması ve çelik sac yüzeyi ile daha iyi ara yüzey oluşturmuş olması ITAB'da düzgün, çatlaksız, kaynak hataları olmayan bir görünüm sağlamıştır. Şekil 3 (a, c)'de kaynak çekirdeğine bitişik ITAB'da aşırı bir tane irileşmesi görülmektedir.

Kaynak çekirdeğine bitişik ITAB'da aşırı bir tane irileşmesinin oluşmuş olması kaynaklı birleştirmenin tokluk ve şekil değiştirme kabiliyetlerini olumsuz etkileyecektir (1). Şekil 3 (a)'da sıcak daldırma yöntemi ile üretilmiş malzemenin paslanmaz çeliğe kaynağında, kaynak bölgesinde ısı ve basınç etkisi ile çökmüş ve homojen olmayan bir yapı elde edilmiştir. Kaplama kalınlığının artışı ile birlikte ITAB ara yüzeyinde çatlak ve kaplamanın seviyesinin bozuk olduğu görülmüştür. Mekanik testlerdeki değerler ile mikro yapı birbirini doğrulayan sonuçlar vermiştir.

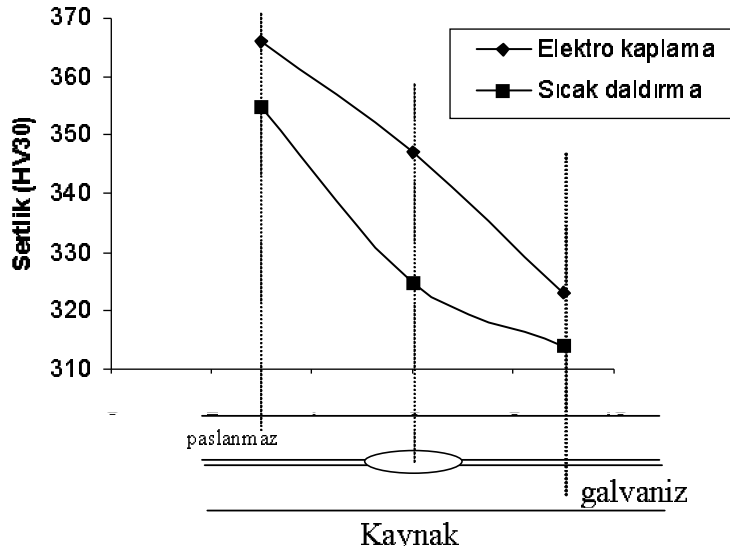
Bu numunelere ayrıca Shimadzu HVM 2000 mikrosertlik cihazı ile mikrosertlik ölçümleri 30 gram uygulanarak yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerler Şekil 4'de görülmektedir. Ayrıca mevcut numunelere Tensile Testing Machine Testometric 500-3000 kgf, dijital göstergeli cihaz ile çekme-sıyırma deneyi yapılmıştır. Yapılan çekme- sıyırma deneyinde; elektro kaplamalı galvaniz sac-paslanmaz çelik kaynağı, çekme- sıyırma dayanımı 3750 N, daldırma kaplamalı galvaniz sac-paslanmaz çelik kaynağı, çekme sıyırma dayanımı 3150 N olarak elde edilmiştir.



Şekil 2. Elektro kaplama yöntemiyle kaplanmış galvanizli sac ile paslanmaz çeliğin kaynak bölgesinin optik fotoğrafları, a, b, c, d, ve SEM fotoğrafları e (x330), f (x1800).



Şekil 3. Sıcak daldırma yöntemi ile kaplanmış galvanizli sac ile paslanmaz çelik malzemenin kaynak bölgesi optik fotoğrafları a, b, c, d ve SEM fotoğrafları e (x170), f (x1000).



Şekil 4. Kaynaklı numunelerin mikro sertlik ölçüm değerleri.

Çizelge 3'te verilen değerlere bağlı olarak, iki tip galvaniz kaplamalı sacın elektrik iletkenlikleri arasında 0.007 ohm gibi bir direnç farkı ortaya çıkmaktadır. Direnci düşük olan malzemeler akımı iyi iletir. Akımı iyi iletiyor olması ısı yoğunlaşmasını zorlaştıracığından, kaynaklanabilirliği de düşük olacaktır. Bu da doğrudan birleşme kabiliyetini ve malzeme mukavemetini etkileyecektir. Dolayısıyla direnci yüksek olan (0.012 ohm) malzeme ısı yoğunlaşmasını iyi sağlayacak ve daha iyi bir birleşme sağlanacaktır. Yapılan mikro sertlik değerlerine bakıldığında, daldırma kaplama yapılmış numunenin kaynak bölgesi mikro sertliğinin (325 HV), elektro kaplamalı numunenin kaynak bölgesi mikro sertliğinden (347 HV) daha düşük olduğu görülmektedir.

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kaplama türünün ve kaplama kalınlığının farklı olması dolayısıyla elektrik iletkenliklerinde fark ortaya çıkmaktadır. Bunun neticesinde ısı yoğunlaşması da farklı olmuştur. Yumuşak ve yüksek iletkenliğe sahip çinko tabakasının varlığı, kaynak bölgesinin elektriksel ve ısıl iletkenliklerini değiştirmiştir (7,8). Kaplama kalınlığı (9 m) fazla, elektrik direnci düşük olan (0.005 ohm) sıcak daldırma kaplamalı paslanmaz çelik ile kaynaklanan bağlantının mukavemetinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Mikro yapıdan da görüldüğü gibi elektro kaplamalı galvaniz-paslanmaz çelik kaynaklı bağlantısının birleşme ara yüzeyinde birleşme farkı görülmemektedir. Daldırma kaplamalı 9 mikron kaplama kalınlığına sahip olan galvanizli sac-paslanmaz çelik sacın kaynağındaki mikro yapı ve SEM fotoğraflarına bakıldığında, birleşme bölgesinde kaynakta fişkırmalar ve birleşme çatlağı olduğu görülmektedir. Kaynak bölgesinde çinkonun varlığı, gerilmelerde kırılmalara neden olabilmektedir (10). Mikro yapının homojen olmaması mukavemeti de etkilemiştir. Sıcak daldırma kaplamalı kaynak birleştirmesinin makro görünümünde çökme ve bozulmalar olmuştur. Yapılan testometri ölçümlerinde elektro kaplamalı, yüksek dirençli galvanizli sac-paslanmaz çeliğin kaynak çekme-sıyırma değerinin (3750 N), daldırma kaplamalı galvanizli sac-paslanmaz çelik kaynağı birleşiminin değerinden (3150 N) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Mikrosertlik sonuçları incelediğinde iki farklı malzeme arasında belirgin bir fark ortaya çıkmamıştır.

Farklı özellikteki malzemelerin direnç kaynağında, kaynağı etkileyen elektrik iletkenliği farkı, ergime sıcaklığı farkı, elektrik direnci ve basınç büyüklüklerin, optimum değerlerinin tespit edilmesi önemlidir. Galvaniz kaplama kalınlığının mümkün olduğu kadar ince seçilmesi, galvaniz kaplama türünün de elektro kaplamalı olması tercih edilmelidir. Ayrıca paslanmaz çelikler yüksek elektriksel direnç, zayıf ısıl iletkenliğe ve kuvvetli bir temas direncine sahiptirler. Bu nedenle temas dirençlerini azaltmak ve yüksek ısının elektrotlardan tahliyesini kolaylaştırmak için elektrot basınçları artırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Vural. M, “Galvanizli çelik sacların karbonlu ve çelik saclar ile nokta kaynağında kaynak parametrelerinin kaynak davranışına ve bağlantının dayanımına etkisi”, Doktora Tezi, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü** (1992).
2. Anık. S, “Kaynak tekniği el kitabı”, **Yöntemler ve Donanımlar**, Gedik Holding, İstanbul, 124-133 (1991).
3. Gültekin. N, “Kaynak tekniği”, **Yıldız Üniversitesi Yayınları**, 12-25, İstanbul (1985).
4. Eryürek. B, “Elektrik direnç nokta kaynağı”, **Mühendis ve Makine**, (279): 22-31 (1983).
5. Eryürek. B, “Elektrik direnç nokta kaynağında temas direncinin etüdü”, Doktora Tezi, **İ.T.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi** (1976).
6. Anık. S, Oğur. A, Aslanlar. S, “Galvaniz kaplanmış kromatlı mikro alaşımlı çelik sacların elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddetinin çekme- makaslama dayanımına etkisi”, **Kaynak Teknolojisi II. Ulusal Kongresi**.
7. Karabaş. V, “Otomotiv sektöründe kullanılan sacların elektrik direnç nokta kaynağında mekanik özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (1999).
8. “Properties and selection”, **Metals Handbook**, AWS Ohio (1) (1982).
9. Weimueller. C.R, “How top fabricators resistance weld galvanized steel”, **Welding Des.**, A. Fabr. 51(9): 84-89 (1978).
10. Howard B. C, “Welding galvanized steel”, **Modern Welding Technology 4 th edition**, Troy, Oh (1998).
11. Aslanlar. S, “Galvaniz kromatlı mikro alaşımlı çeliklerin elektrik direnç nokta kaynağında, uygun hasar modunun tespiti”, Doktora Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** (1999).

Geliş Tarihi:28.05.2002

Kabul Tarihi:20.01.2003

