

Yakma Alın Kaynağında Yığıma Basıncının 16MnCr5 Zincir Çeliğinin Mekanik Özelliklerine Etkisi

Uğur ARABACI, Cemil ÇETİNKAYA
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada yakma alın kaynağı uygulanmış 16MnCr5 zincir çeliklerinin mekanik ve mikroyapı özelliklerine yığıma basıncının etkisi araştırılmıştır. Deneylerde yığıma akım süresi 2 saniye olarak sabit seçilmiş; yığıma basıncı ise 2, 2,5 ve 3 Bar olarak değiştirilmiştir. Deneyler sonunda tüm numunelerde en yüksek sertlik değerlerinin kaynak bölgesinde meydana geldiği ve değişen parametrelerle birlikte malzemelerin mekanik özelliklerinin değiştiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yakma alın kaynağı, direnç kaynağı, mekanik özellikler.

The Effect of Piling Pressure on the Mechanical Properties of Flash Butt Welded 16 MnCr 5 Chain Steel

ABSTRACT

In this study the effect of upsetting pressure on microstructure and mechanical properties of flash butt welded 16MnCr5 chain steels. In the experiments upsetting time was chosen 2 sec. And upsetting pressures applied were 2, 2,5 and 3 bar. After the experiments it was determined that maximum hardness values were recorded in the weld zone and mechanical properties of the joints changed depending on the welding parameters.

Key Words : Flash butt welding, resistance welding, mechanical properties

1. GİRİŞ

Uygulandığı malzemeye, işlemlerine ve maksadına göre çeşitleri olan yakma alın kaynağı, aslında elektrik direnç kaynağının farklı bir türü olup, ısı dövme ve yığıma işlemlerinden oluşur (1,2).

Yakma işlemi, dirençle ısıtma işleminden farklılık göstermekte olup, yüzeydeki pürüzler kaynak anında temas yüzeyinin küçük olmasına, dolayısıyla bölgedeki direncin artmasına neden olmaktadır. Direncin büyük olması, ısınma işlemini yanmaya dönüştürerek kaynak işlemi gerçekleştirmektedir (3). Parçaların toplam kesitlerinin çok az bir yüzdesini temsil eden temas yüzeyinde bulunan pürüzler, sekonder elektrik devresinin kapanmasına neden olurlar. Pürüzlerin temasında kullanılan basınç çok zayıf olduğundan, temas yüzeyindeki elektrik direnci çok yüksektir. Temas yüzeylerinden çok yoğun bir akım geçtiğinden, pürüzler üzerinde çok kuvvetli bir ısınma meydana gelir (4). Temas noktaları ani olarak ergime sıcaklığına ulaşır. Ergime halindeki bu küçük malzeme hacimleri patlar ve yanan zerrecikler dışarı doğru fırlar. Fırlatmadan sonra bu temas noktaları tekrar yeni krater ve çukurlar oluştururlar. Bu kraterlerin

uç noktaları tekrar temasa geçer ve böylece olay alın yüzeyinin kaynak sıcaklığına gelmesine kadar devam eder. Ergime ve patlamalar sebebi ile meydana gelen malzeme kaybı, hareketli tablaların yaklaşması ile karışılır (5,6). Yanmanın bütün yüzeyi kaplaması ve birleştirilecek yüzeyin tamamının ergimesinden sonra, tablanın ani hareketi ile yüksek sıcaklıktaki yüzeyler birbirine bastırılır. Böylece pürüzlerin temas dirençleri ortadan kalkar ve kıvılcımlanma da biter. Kıvılcımlanma süresi; malzemenin ısı iletkenliğine, parçaların kesitine, kıvılcımlanma çevrimine ve sekonder devre gücüne bağlıdır (7).

Bu çalışmada, zincir üretiminde kullanılan 16MnCr5 çeliğinin kaynaklanabilirliği, yığıma akım süresi sabit tutulup, yığıma basıncı artırılarak araştırılmıştır. Kaynaklanan numunelerin sertliği, mikroyapı ve çekme dayanımı incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Deneylerde Çizelge 1.'de kimyasal analizi verilen 18 mm çaplı 16MnCr5 kalite çelik çubuklar kullanılmıştır.

Çizelge 1. 16MnCr5 çeliğinin kimyasal analizi

% Cr	% C	% Mn	% Si	% Mo	% Ni	% Co	% P	% Al	% S	% Fe
1,04	0,143	1,17	0,188	0,0301	0,0619	0,0205	0,010	0,0234	0,019	97,324

2.2 Deneysel Metod

Deneyler OSTİM' deki YAPAŞ ZİNCİR FABRİKASI'NDA, SCHLATTER marka yakma alın kaynak makinesi ile yapılmıştır. Deney süresince Çizelge 2'de verilen kaynak parametreleri sabit tutulmuştur. Deneylerde çenelerin temas yüzeyleri, temas direnci oluşturmaması için temiz tutulmuştur. Numunelerin yüzeyleri ilk önce kabaca temizlenerek kaynak işlemine hazır hale getirilmiştir.

Çizelge 2. Bu çalışmada sabit tutulan kaynak parametreleri.

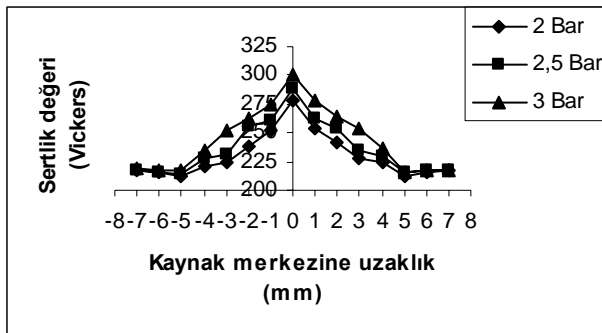
Voltaaj	3 Volt
Ampermetre	30 A
Ön ısıtma zamanı	3 Saniye
Temas zamanı	1,2 Saniye
Çene sıkma basıncı	3 Bar
Makine basıncı	6 Bar
Yığma akım Süresi	2 saniye

Deney parametreleri seçilirken makinenin teknik kapasitesi ve kaynak kalitesi göz önüne alınmıştır. Kullanılan makinede yığma basıncı 2 Bar ile 3 Bar arasında değiştirilmiştir. Kaynaklama işleminde 18 mm çaplı 16MnCr5 çubuktan 100 mm uzunluğunda kesilen parçalar kullanılmıştır. Kaynak işlemi sonrasında her bir kaynak koşulu için sertlik, mikroyapı ve çekme deneyleri için beşer adet numune ayrılmıştır. Mikroyapı fotoğrafları için % 2 Nital ile dağlanan numunelerin mikroskop görüntüleri Prior marka mikroskop ile çekilmiş, sertlik ölçümleri ise Instron Wolpert marka sertlik ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Sertlik değeri olarak, her bir bölgeden alınan 4 sertlik ölçüm değerlerinin ortalaması kullanılmıştır. Çekme deneyleri sonrasında numunelerin kopma yüzeyleri Jeol JSM 5600 marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Yine EDAX ölçümleri bu SEM'e bağlı bilgisayar yardımıyla yapılmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Sertlik Sonuçları

2, 2,5 ve 3 Bar yığma basıncında kaynak yapılan numunelerin kaynak bölgesinde yapılan sertlik ölçüm sonuçları Şekil 1'de verilmiştir.



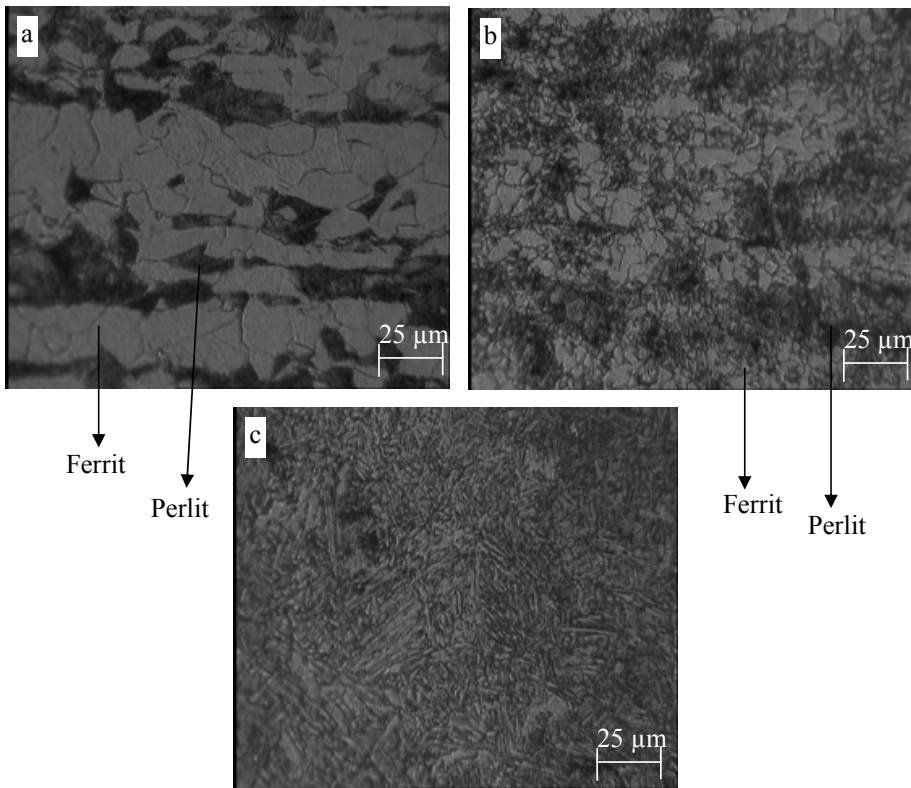
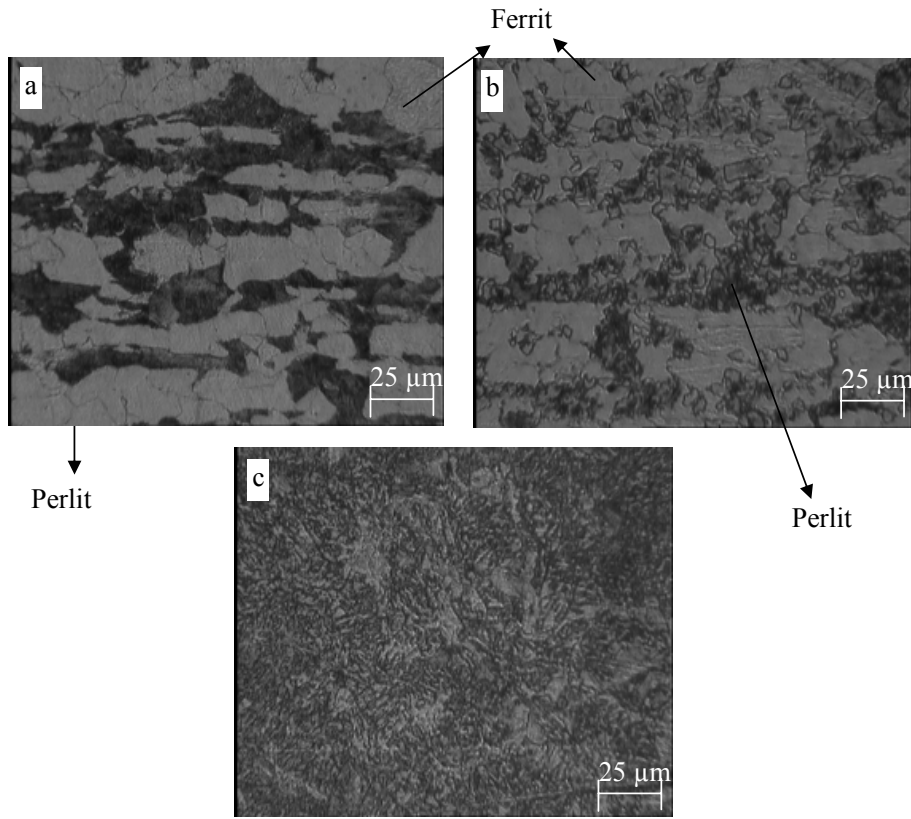
Şekil 1. Yığma basıncı 2, 2,5 ve 3 Bar olan numunelerin kaynak bölgelerine ait sertlik değerleri.

Şekil 1'deki sertlik grafiklerinde, en yüksek sertliğe birleşme yerinde ulaşıldığı görülmektedir. Birleşme yeri sertlik değerleri yığma basıncı 2 bar için 278 Vickers, yığma basıncı 2,5 bar için 288 Vickers ve yığma basıncı 3 bar için de 301 Vickers bulunmuştur. Yığma basıncının artmasıyla birlikte kaynak bölgesi sertlik değerlerinde artışın olduğu gözlenmiştir. Uygulanan yığma basıncındaki artışla paralel deformasyon miktarında bir artış meydana gelmiştir. Buna bağlı olarak sertliğin ve mukavemetin arttığı düşünülmektedir. Yılmaz'ın (8) farklı metal çiftlerine uygulanmış katı hal kaynak teknikleri ile ilgili çalışmasında kaynak çizgisi boyunca HSS tarafında maksimum sertliğin olduğu, deformasyondan dolayı kaynak çizgisinde ve hemen yanındaki bölgedeki sertliğin yükseldiği ifade edilmiştir. Ayrıca Civelekoğlu (9) farklı metal çiftlerinin yakma alın kaynağı uygulamasında da en sert bölgenin kaynak bölgesi olduğunu belirtmektedir. En düşük sertlik değeri bütün numunelerde kaynak bölgesi ile esas metal arasında bulunmuştur. Bulunan değerler sırasıyla 213 , 215 ve 216 Vickerstir. Bu noktadan ana metale doğru gidildikçe sertlik tekrar yaklaşık 2-3 Vickers kadar artmaktadır.

3.2. Mikroyapı Sonuçları

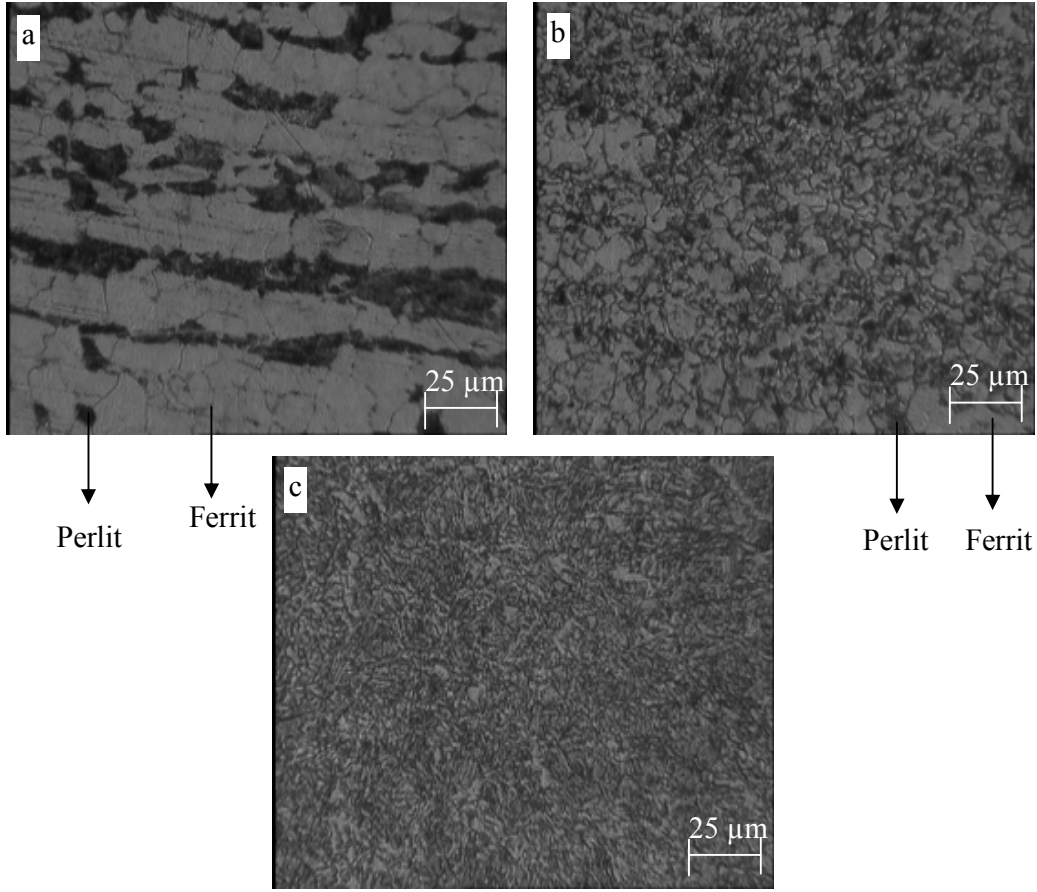
Şekil 2, 3 ve 4'te yığma basıncına bağlı olarak numunelerin mikroyapılarındaki değişimler incelenmiştir.

Şekil 2'deki mikroyapı fotoğraflarının tümü incelendiğinde, mikroyapıda ferrit ve perlit kolonilerinin bulunduğu görülmektedir. Ana malzemedeki ferrit yüzdesi daha fazladır (Şekil 2-a). Bu bölgede iri ferrit taneleri arasında perlit bulunduğu görülmektedir. Aynı numunenin ITAB mikroyapı fotoğrafında (Şekil 2-b), kaynak sırasındaki sıcaklık ve uygulanan basıncın etkisiyle ana malzemeye göre perlit tanelerinin küçüldüğü, oran olarak arttığı ve daha homojen bir dağılım sergilediği görülmektedir. Kaynak bölgesi mikroyapısı (Şekil 2-c) ise, diğer bölgelere göre daha ince ve uzun şekilli asiküler ferrit olduğu düşünülen tanelerden oluşmaktadır (10).



Yığılma basıncının artmasıyla beraber malzemeye uygulanan kuvvet ve deformasyon miktarı artmıştır. Yığılma basıncı 2,5 bar olan numunenin ana malzeme tane yapısının (Şekil 3-a), Şekil 2-a'da ana malzeme

söylenbilir. Aynı zamanda perlit kolonilerinin ferrit tanelerinin arasında daha düzenli yer aldığı görülmüştür. Aynı şekilde kaynak bölgesi fotoğrafı incelendiğinde (Şekil 4-c) tane yapısının büyük oranda ince ve iğnems



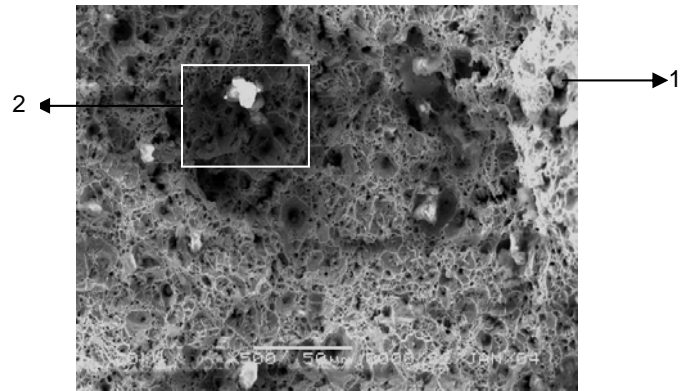
Şekil 4. Yığılma basıncı 3 bar olan numunenin mikroyapı fotoğrafları (a) Ana malzeme, (b) ITAB, (c) Kaynak birleşme bölgesi.

mikroyapı fotoğrafı görülen yığılma basıncı 2 bar olan numuneye benzer olduğu görülmektedir. Burada ferrit taneleri bir arada bulunurken yine perlit kolonilerinin aralarda dağıldığı görülmektedir. Şekil 3-b'deki ITAB mikroyapı fotoğrafına göre yığılma basıncının 2 bardan (Şekil 2-b) 2.5 bara artması ile mikroyapının incelmesi ve perlit miktarının arttığı görülmektedir. Birleşme bölgesi mikroyapı fotoğrafında (Şekil 3-c) ise yığılma basıncı 2 bar olan numunenin kaynak bölgesi mikroyapı görüntüsüne (Şekil 2-c) göre tanelerin basınç artışının etkisiyle bir miktar küçüldüğü görülmektedir. Kaynak bölgesinde bulunan ferritlerin Şekil 2-c'ye göre daha iğnems olduğu ve yüzde oranlarının arttığı görülmektedir.

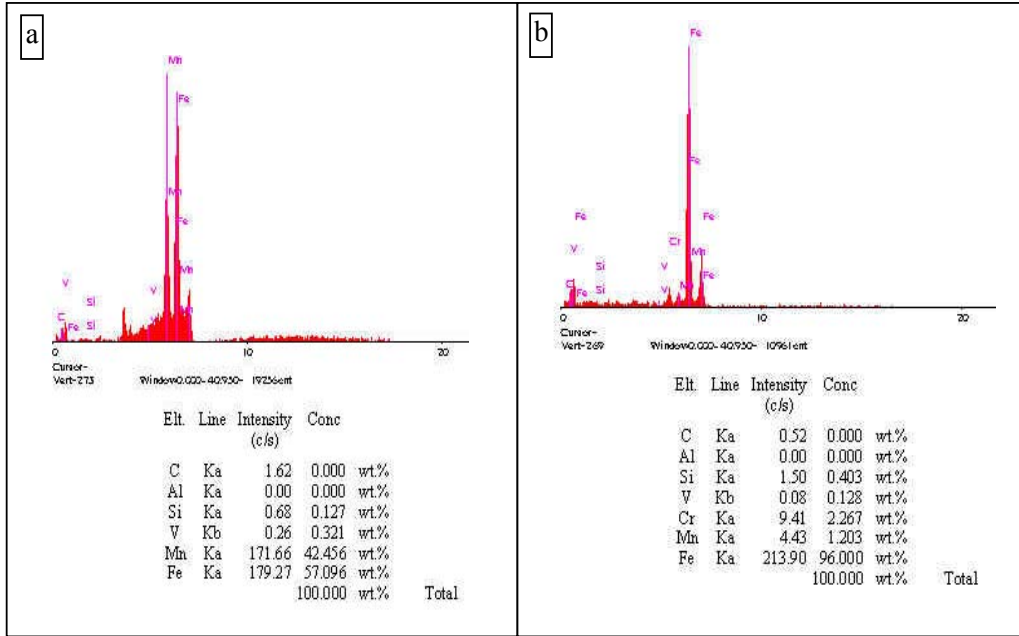
Kaynak işlemi yığılma basıncı 2,5 bar'dan 3 bara yükseltılarak yapıldığında, Şekil 2-a ve Şekil 3-a'da görülen ana malzeme mikroyapı görüntülerine benzer bir yapının oluştuğu Şekil 4-a'da görülmektedir. Mikroyapının ferrit ağırlıklı olduğu ve aralarda dağılmış ve ferrite göre daha az miktarda perlitin varlığından söz edilebilir. ITAB bölgesi mikroyapısının (Şekil 4-b), daha da incelmesi ve daha homojen bir hale geldiği

bir yapıda olduğu, yer yer ferritlerin bulunduğu görülmektedir

3.3. SEM ve EDAX Sonuçları

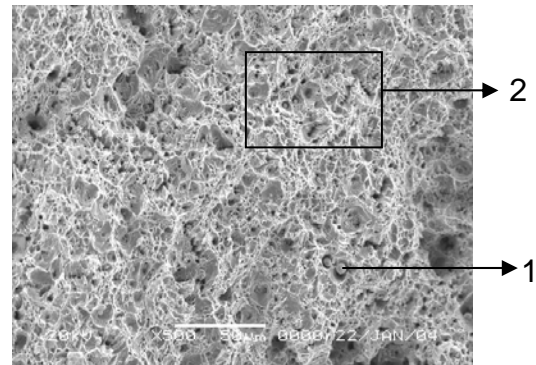


Şekil 5. Yığılma basıncı 2 bar olan numunenin kopma yüzeyi SEM fotoğrafı.

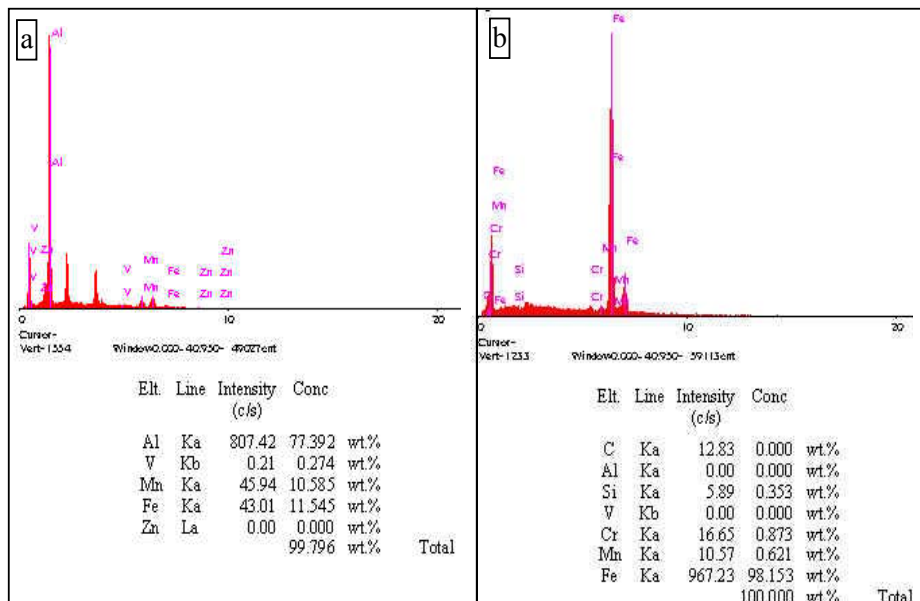


Şekil 6. Yığma basıncı 2 bar olan numunenin spektral analiz sonuçları. (a) 1 No'lu noktaya ait, (b) 2 No'lu alana ait.

Şekil.5'deki ITAB bölgesi kopma yüzeyi SEM görüntüsü incelendiğinde kopma yüzeyinin çok düzgün olmadığı, hatta büyük bir parça şeklinde bir kopmanın olduğu görülmektedir. Bu iri kopma muhtemelen Fe-Mn_S 'den kaynaklanmaktadır. Bu tip kopmalar genellikle süreksizliklere nede olmaktadır. Şekil 5'deki fotoğrafta görülen 1 No'lu noktanın EDAX analizinde (Şekil 6-a) %57,1 oranında Fe ve %42,5 oranında ise Mn tespit edilmiştir. Aynı şeklin 2 No'lu alanına ait Şekil 6-b'deki spektral analiz sonucunda ise % 96 oranında Fe, %2,2 oranında Cr ve %1,2 oranında da Mn tespit edilmiştir. SEM görüntülerinde gözenekler bulunmaktadır.

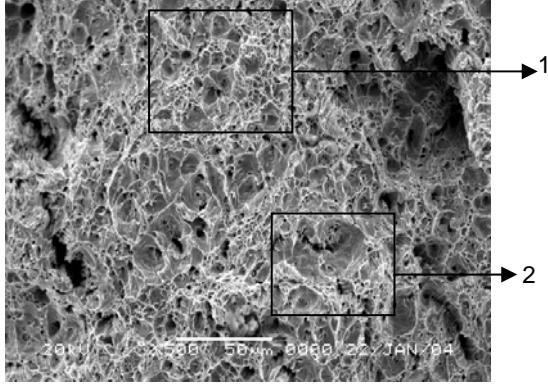


Şekil 7. Yığma basıncı 2,5 bar olan numunenin kopma yüzeyi SEM fotoğraf



Şekil 8. Yığma basıncı 2,5 bar olan numunenin spektral analiz sonuçları. (a) 1 No'lu noktaya ait, (b) 2 No'lu alana ait .

Yığılma basıncı 2,5 bar olan numuneye ait Şekil 7'deki ITAB bölgesi kopma yüzeyi SEM mikroyapı fotoğrafında görülen 1 No'lu noktanın EDAX analizinde (Şekil 8-a) %77,4 oranında Al, %11,54 oranında Fe ve %10,6 oranında da Mn içerdiği tespit edilmiştir. 2 No'lu alanın EDAX analizi incelendiğinde (Şekil 8-b) ise Fe (%98,1) ağırlıklı bir yapı gözle çarpmaktadır. Daha sonra sırasıyla Cr (%0,9), Mn (%0,6) ve Si (%0,3) ağırlıkları oranı gelmektedir.

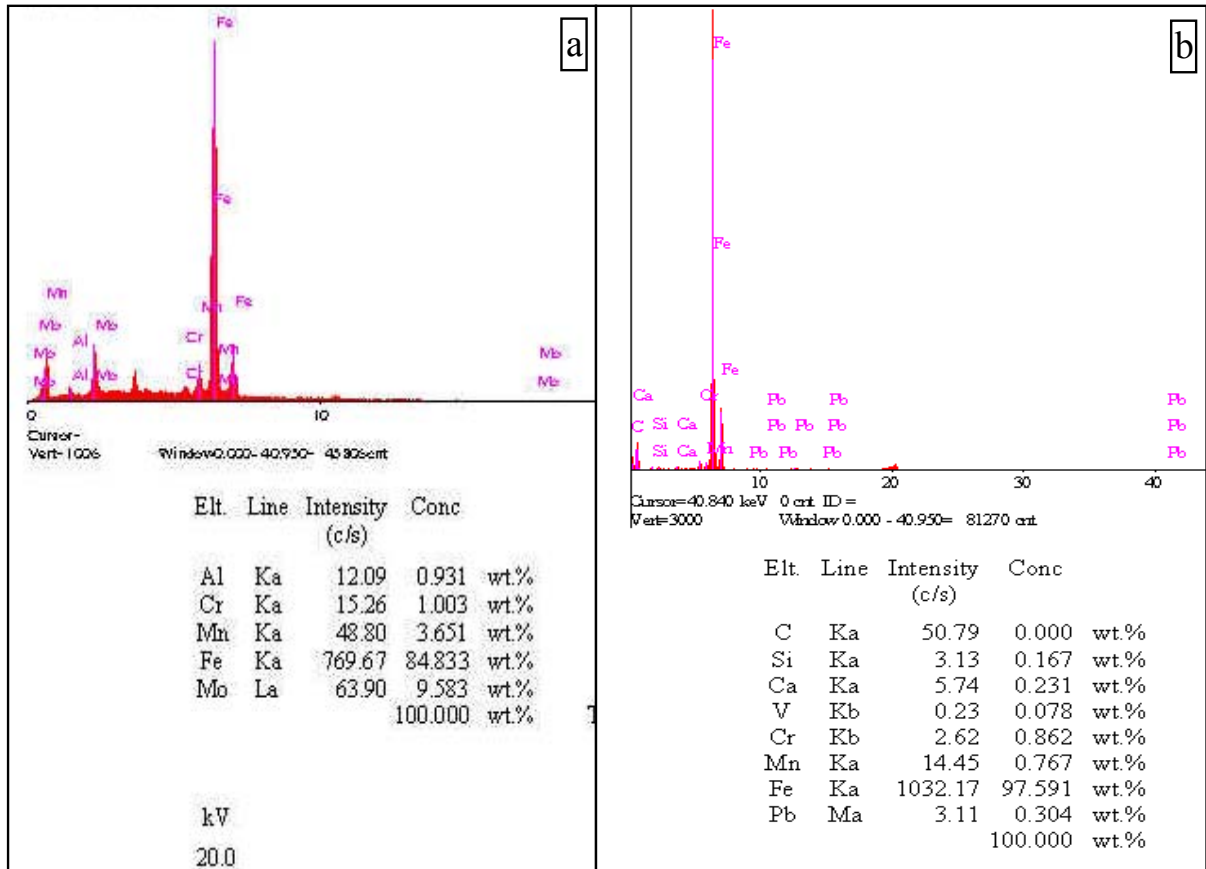


Şekil 9. Yığılma basıncı 3 bar olan numunenin kopma yüzeyi SEM fotoğrafı

Şekil 10'daki yığılma basıncı 3 bar olan numunenin kopma yüzeyi SEM fotoğrafı incelendiğinde diğer numunelere göre hem pürüzlülük oranının azaldığı hem de kopmanın daha gevrek olduğu görülmektedir. Bu numunenin çekme dayanımının diğer numunelere göre daha yüksek olduğu çekme testi sonuçlarında verilmektedir. SEM fotoğrafında görülen siyah bölgelerin kopma bölgeleri veya süreksizlikler olduğu düşünülmektedir. Bu numuneye ait 1 No'lu alanın EDAX analizinde (Şekil 10-a) %84,8 oranında Fe, %9,6 oranında Mo, %3,7 oranında Mn ve bir miktarda da Cr (%1,0) tespit edilmiştir. Bu SEM fotoğrafı üzerinden alınan 2 No'lu alanın spektral analizi (Şekil 10-b) incelendiğinde ise %97,6 Fe, diğer elementlerin ise birbirine yakın oranlarda ve çok düşük miktarlarda olduğu gözle çarpmaktadır.

3.4. Çekme Deneyi Sonuçları

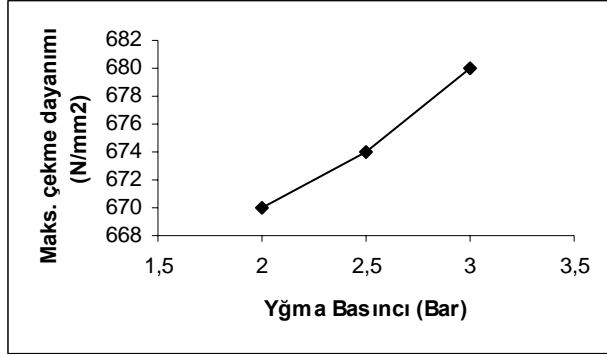
Numunelere Çizelge 3'de gösterilen parametrelerde çekme deneyi uygulanmıştır. Çekme deneyi uygulanırken çekme hızı 2 mm/sn olarak sabit tutulmuştur



Şekil 10. Yığılma basıncı 3 bar olan numunenin spektral analiz sonuçları. (a) 1 No'lu alana ait, (b) 2 No'lu alana ait .

Çizelge 3. Numunelerin çekme deneyi sonuçları

YIĞMA BASINCI (BAR)	MAKS. ÇEKME DAYANIMI (N/MM ²)	KOPMA BÖLGESİ
2	670	ITAB
2,5	674	ITAB
3	680	ITAB



Şekil 11. Numunelerin çekme dayanımı ve yığma basıncı arasındaki ilişki.

Çekme deney sonuçları incelendiğinde kopmaların bütün numunelerde kaynak metali dışında, ITAB bölgesinde meydana geldiği görülmüştür. Bu durum kaynak metalinin dayanımının yüksek olduğunu göstermektedir. Numunelerin yığma basınçlarına göre çekme sonuçları incelendiğinde en yüksek çekme dayanımlarına en yüksek basınç uygulamasında rastlanmıştır. Yığma basıncı miktarının artmasıyla deformasyon miktarı artmış, buna bağlı olarak sertlik ve mukavemet değerlerinde de bir artış görülmüştür. Bulunan değerler ise yığma basıncı 2 bar olan numune için 670 N/mm², yığma basıncı 2,5 bar olan numune için 674 N/mm² ve yığma basıncı 3 bar olan numune için de 680 N/mm²'dir.

4. SONUÇLAR

18 mm çaplı 16MnCr5 kalite çelik çubuğa verilen parametreler doğrultusunda yakma alın kaynak uygulaması sonunda elde edilen genel sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır;

- 1- İncelenen numunelerde en yüksek sertlik değeri kaynak birleşme bölgesinde elde edilmiştir.

- 2- Yığma basıncı miktarı arttıkça kaynak birleşme bölgesinin sertlik değerlerinde bir artış tespit edilmiştir. Yığma basıncının 2 bardan 3 bara çıkarılması ile kaynak merkez sertliği 278 Hv'den 301 Hv'ye artmıştır.

- 3- Uygulanan yığma basıncı arttıkça numunelerin çekme dayanımları artmıştır. Yığma basıncının 2 bardan 3 bara çıkarılması ile çekme dayanımı 670 N/mm²'den 680 N/mm²'ye artmıştır.

5. KAYNAKLAR

- 1- Tülbentçi, K., Yılmaz, M. "Yakma Alın Kaynağı. Kaynak Dünyası". Birsen Basımevi, İstanbul, 14-25 (1990).
- 2- Anık, S., Kaynak Tekniği El Kitabı, "Yöntemler ve Donanımlar", Cilt 1, Birsen Basımevi, İstanbul, 40-50 (1983).
- 3- Savage, P., "Flash welding (process variable and weld properties)", Welding Journall, 3-6 (1962).
- 4- Yılmaz, M., Kaluç, E., Tülbentçi, K., "C45 karbonlu çelik ile HSS 6-5-2 yüksek hız çeliğinin yakma alın kaynağında kaynak bölgesinin incelenmesi". Science Technology weld join, 286-288 (1993).
- 5- Kuchuk, S., "Experince of flash- butt welding application in pipeline construction in the USSR", Proceeding of pipeline technology Conference, Östend, Belgium, 37-39 (1990).
- 6- Trompler, R. JR., "Flash butt welding of crane rail" ,Iron And Steel Engineer. Oct., (73):10 pp 42-44 (1996).
- 7- Thomas, K, Michailov, V., Wohlfahrt, H., "Toughness Investigations On Narrow Process- Affected Zones Of Resistance-Butt", Welding And Cutting, 254-262 (2000).
- 8- Yılmaz M., Karagöz Ş., "Katı hal kaynağında mikro analiz uygulaması", XI.Ulusal Elektron Mikroskopisi Sempozyumu, Edirne, 163-165 (1993).
- 9- Civelekoğlu, F., "Yükek hız çeliği (S-6-5-2) ile alaşımsız karbon çeliği (Ck60) çubuklarının yakma alın kaynağı ile birleştirilmesinde bazı kaynak parametrelerinin ve kaynak bölgesinin etüdü", Doçentlik Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 7-59 (1971).
- 10- Yükl, A. İ., "Kaynak Metali Kitabı" , Erdini Basımevi, İstanbul, 17-60 (1979)