

ERDEMİR 3237 MALZEMESİNİN KAYNAK YÖNTEMLERİNE VE SICAKLIĞA BAĞLI KIRILMA DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ

N. Sinan KÖKSAL*, İter KİLERCİ, Burak YAVUZ*****

* sinan.koksal@bayar.edu.tr Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 45140–Manisa

** ilter.kilerci@bayar.edu.tr Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 45140– Manisa

*** peggasuss@hotmail.com, Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 45140– Manisa

ÖZET

Kaynaklı tasarımların dayanımı, çalışma koşullarına uygunluğu ve malzeme davranışlarının tahmini oldukça önemlidir. Bu çalışmada, sıcak haddelenmiş yapı çeliği DIN EN 10025 (ERDEMİR 3237) malzemeler TIG, bazik ve selülozik+bazik elektrot kullanılarak elektrik ark yöntemi ile birleştirilmiştir. Kaynaklı malzemelerin kırılma enerjilerini belirlemek için farklı sıcaklıklarda (-50, -35, -25, 0 ve 25 °C) çentik darbe deneyi uygulanmıştır. Elde edilen kırılma enerjileri değerleri ve kaynak yapılmamış malzeme ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda uygulanan kaynak işlemleri ile kırılma enerjisi değerlerinde azalma belirlenmiştir. Özellikle düşük sıcaklıklardaki (-50 °C) değerlerde, belirgin azalmalar görülmüştür. Ayrıca malzemelerin gevrek-sünek kırılma davranışını belirlemek için kırılma yüzeyleri incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kırılma enerjisi, düşük sıcaklık, TIG, Ark kaynağı

ABSTRACT

The welded construction's strength, suitable working conditions and prediction of material behaviors after welding is quite important. In this study, hot rolling structural steel DIN EN 10025 (ERDEMİR 3237) materials were welded by TIG and electric arc welding using basic and cellulosic + basic electrodes. Charpy tests at -50, -35, -25, 0 or 25 °C temperatures were applied for determination of impact energies of welded materials. The obtained Charpy test values were compared with non welded materials. In results, impact energies were significantly decreased by welded. In specially these values at low temperatures (-50 °C) were showed at more decreasing. In addition fracture surfaces of materials were investigated for determination of brittle-ductile fracture behavior.

Keywords: Fracture energy, low temperature, TIG, arc welding.

1. GİRİŞ

Günümüzde malzeme ve üretim yöntemlerine bağlı olarak gelişen teknoloji ile birlikte, farklı malzemelerin birleştirilerek kullanılması gereksinimi ortaya çıkmıştır. Aynı malzemeden farklı yöntemlerle üretilmiş veya iki farklı bileşimdeki malzemelerin birleştirilmesinde en uygun ve kolay uygulanan yöntemin kaynaklı birleştirme olduğu bilinmektedir. Bu birleştirmede uygulanacak yöntemin, kullanılacak elektrot veya telin, soğutma durumlarının uygun seçilebilmesi birleştirme kalitesinde etkili değişkenlerden en önemlileridir. Özellikle kaynak bölgesinde, ana malzeme ile elektrot/tel karışımının oluşması ve yüksek sıcaklık sonucu ergime ve hızlı soğuma durumu kaynaklı tasarımlarda dikkat edilmesi gereken noktalar olmaktadır. Kaynak işleminin sonrasında, kaynak bölgesinin özelliklerinin, birleştirilen farklı alaşımdaki malzemelerin özelliklerinden farklı olması önemli sorunları da gündeme getirmiştir. Bu amaçla çok değişik kaynak yöntemleri geliştirilmiştir.

Birleştirilecek malzemelerin birbirinden farklı alaşımlar olması, hatta bunların çok sayıda bileşenden oluşması sonucunda, öngörülebilmesi imkânsız unsurlarla karşılaşmaktadır. Birleşme bölgesinde, bağlantıyı oluşturan malzemelerin bileşimine ve özelliklerine bağlı olarak, çok farklı bölgeler ortaya çıkar [1]. Kaynaklı birleştirmelerde yüklenme durumuna bağlı olarak genellikle yorulma, makro ve benzeri çatlaklar gibi çeşitli hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu hasarlar birleştirme bölgesinde meydana gelen yüksek gerilmelerden dolayı kopma veya kırılma şeklinde gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, kaynak, korozyon, aşınma, artık gerilmeler, malzeme özellikleri ve çalışma koşulları gibi birçok etkene bağlıdır [2-4]. Bu özellikler dikkate alınarak kaynaklı bağlantılar farklı boyutlarda analiz edilebilir. Kaynaklı bağlantılarda meydana gelen ısıdan dolayı özellikle iç gerilmeler meydana gelmekte ve bu durum hem mikro yapıyı hem de yorulma ömrünü etkilemektedir [5]. Esasında kaynak metali içerisinde olabilecek cüruf, segregasyon ve gözenek gibi istenmeyen oluşumlar mekanik özellik ve darbe tokluğunu olumsuz etkilemektedir [6]. Literatürde [6,7], kaynak esnasındaki ısı girdisinin ve Mn miktarı artışının malzemelerin tokluk değerlerini etkilediği belirtilmektedir. Isı girdisinin yükselmesi tokluk değerlerinin düşmesine neden olmaktadır [7].

Bu çalışmada, sıcak haddelenmiş ERDEMİR 3237 malzemesine TIG ve elektrik ark kaynak yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemlere bağlı olarak kaynakla birleştirilmesi sağlanan numunelerin sıcaklığa bağlı olarak kırılma enerjilerindeki değişimi belirlemek için -50, -35, -25, 0 ve 25 °C sıcaklıklarda çentik darbe deneyi uygulanmıştır. Sıcaklığa bağlı darbe deneyinde elde edilen kırılma enerjileri malzemenin sünek gevrek kırılmasını göstermektedir. Sonuçlarda ana malzemeye göre kırılma enerjilerinde azalmalar yani yapıda kısmen gevrekleşmeler görülmüştür. Deney sonrası numunelerin kırılma yüzeylerinin görüntüleri de alınarak kırılma şekli ve durumu belirlenmeye çalışılmıştır.

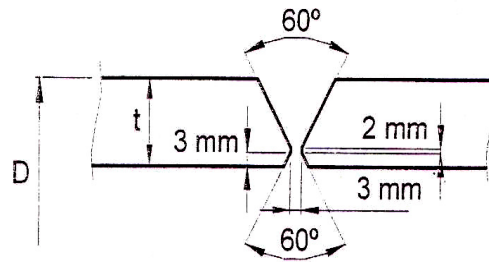
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilen ticari ürünlerden, 300 x 50 x 10 mm boyutlarında ERDEMİR 3237 sıcak haddelenmiş yapı çeliğinden sac levhalar deneylerde kullanılmıştır.

Tablo 1: Erdemir 3237 malzemesinin kimyasal bileşimi [8]

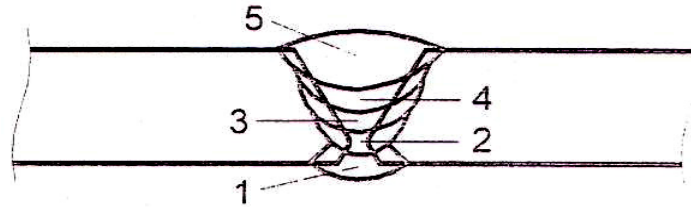
Element	C	Mn	P	S	Si	Al	N
% ağırlık	0,17	1,00	0,025	0,025	0,40	0,015	0,009

Dikdörtgen profilli levhalara uzun kenarları boyunca Şekil 1’de gösterildiği üzere standartlar doğrultusunda X kaynak ağızları açılmış ve alın altına kaynak pozisyona uygun şekle getirilmişlerdir.



Şekil 1. Numunenin X kaynak ağızı

Çalışmada TIG ve elektrik ark kaynak yöntemleriyle yapılan birleştirmelerde, her malzeme çiftlerine Şekil 2’deki belirtildiği gibi sırasıyla beş paso kaynak yapılmıştır.



Şekil 2. Malzemelere uygulanan kaynak pasoları şematik olarak.

Erdemir 3237 malzemelere uygulanan kaynak yöntemleri ve bu yöntemlerde kullanılan elektrotlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Kaynak yöntemleri ve kullanılan elektrotlar

Numune	Kaynak Türü
A	TIG Kaynağı
B	TIG Kaynağı + Elektrot Kaynağı (Bazik Elektrotlu)
C	Elektrot Kaynağı (Selülozik + Bazik Elektrot)
D	Kaynaksız Esas Malzeme

A) TIG Kaynağı ve Parametreleri

Kaynak Makinesi: OTTO WELDERS- OTTO 200

Kullanılan Elektrot: Magmaweld TG2 Ø 2.40x1000 mm (Oerlikon) (Magmaweld TG2 teli; genel yapı çeliklerinin ve boru çeliklerinin TIG kaynağında kullanılan masif teldir. TG 2 teli Argon (Ar) koruyucu gazı kullanarak kaynak yapılır. İnce ve homojen bakır kaplaması telin paslanmaya karşı direncini arttırır).

Magmaweld TG2 Uygulama Alanları ve Özellikleri: Genel yapı çeliklerinin ve boru çeliklerinin TIG kaynağında kullanılan masif teldir. TG 2 teli Argon (Ar) koruyucu gazı kullanarak kaynak yapılır. İnce ve homojen bakır kaplaması telin paslanmaya karşı direncini arttırır.

Kaynak Şekli: Düz

Penste Kullanılan İğne: Ø 2,4 mm Tungsten

Kaynağın Yapılışı: Kaynak makinesi 90 A ayarlanarak kök paso yapılmıştır. Daha sonra 2., 3. ve 4. pasolar 120 A ve 5. paso ise 130 A de aynı elektrot ile yapılmıştır. X kaynak ağzının diğer tarafına da 130 A bir sıra paso yapılmıştır. Atılan pasolar arasında kaynak banyosunun soğuması beklenip diğer paso uygulanmıştır.

B) TIG Kaynağı ve Elektrot Kaynağı ile Levhaların Birleştirilmesi

Kaynak Makinesi: MMA ARC 160 (Hytronic Invertor) OERLIKON TD 355

Kullanılan Elektrot: Magmaweld TG2 Ø 2.40x1000 mm

Oerlikon Supercito Ø 2.50x350 mm (Bazik Elektrot)

Oerlikon Supercito Uygulama Alanları ve Özellikleri: Alaşimsız çeliklerin ve ince taneli yüksek mukavemetli çeliklerin kaynağında kullanılan kalın örtülü, demir tozlu ve yüksek verimli bazik tip bir elektrodur. %120 kaynak metali verimine sahiptir. Kök paso ve pozisyon kaynaklarına uygundur. Kaynak metali -60°C'ye kadar yüksek çentik darbe dayanımına sahiptir. Dinamik zorlamaya maruz, yüksek mukavemet istenen, makina, çelik konstrüksiyon, köprü cebri boru yapımında, gemi inşaatında, otomotiv endüstrisinde, basınçlı kap, tank imalatında kullanılır. %0.40'a kadar karbon içeren çeliklerin kaynaklarında kullanılabilir. Ayrıca yüksek karbonlu çeliklerde tampon paso uygulamalarında kullanılabilir. Kaynakların röntgen kalitesi çok iyidir.

Kaynak Şekli: Yan kaynak ve dik kaynak

Kaynağın Yapılışı: MMA ARC 160; 145 A ayarlanarak Magmaweld TG2 teli ile kök paso yatay pozisyonda yapılmıştır. OERLIKON TD 355; 108 A de Oerlikon Supercito elektrotu ile dik pozisyonda ikinci paso yapılmıştır. Üç, dört ve beşinci pasolar da aynı amperde ve aynı elektrotla yapılmıştır.

C) Elektrot Kaynağı ile Levhaların Bileştirilmesi

Kaynak Makinesi: OERLIKON TD 355

Kullanılan Elektrot: Oerlikon Cellocord P4L (Selülozik)

Oerlikon Supercito Ø 2.50x350 mm (Bazık)

Oerlikon Cellocord P4L (Selülozik) Uygulama Alanları ve Özellikleri: Yukarıdan aşağıya kaynağa uygun, orta-kalın örtülü selülozik tip bir birleştirme elektrodudur. Yüksek nüfuziyetli kaynak dikişleri verdiği için gemi inşaatı, kapalı kap, kazan, boru hattı imalatı, çelik konstrüksiyon ve montaj işlerindeki kök paso, dolgu ve kapak pasolarının, yukarıdan aşağıya kaynakları için idealdir. Kök pasoda doğru akım, elektrod negatif (DC-) kutupta kullanılır.

Kaynak Şekli: Yan kaynak

Kaynağın Yapılışı: Birinci ve ikinci pasolar selülozik elektrotlu Oerlikon Cellocord P4L ile 85 A de yapılmıştır. Üçüncü paso 2 sıra halinde 120 A de Oerlikon Supercito Ø 2.50 x 350 mm ile, dördüncü ve beşinci pasolar ise Oerlikon Supercito Ø 2.50 x 350 mm ile 120 A de 3 sıra halinde yapılmıştır.

Çentik darbe (charpy) deneyi:

Kaynaklı birleştirme işlemlerinden sonra kaynaklı parçalar ve kaynak edilmemiş parçalara standartlara uygun olarak 55 x 10 x 10 mm'lik çentik darbe deney numuneleri plazma ile kesilmiştir. Kesim işlemi sonrasında kesilmiş malzemelerin üzerinde kalan talaşlar alınmış ve taşlama tezgahında parlatılmıştır. Her bir malzeme grubundan farklı sıcaklıklarda kırılma deneyi için üçer numune hazırlanmıştır.

Standartlara uygun olarak 55 x 10 x 10 mm boyutlarında hazırlanmış numunelerde oda sıcaklığından daha düşük sıcaklıklara inmek için, etil alkol ve karbondioksit karışımı içerisinde bekletilerek istenilen sıcaklıklar elde edilmiştir. İstenen sıcaklığa getirilen numunelere sıcaklık değişimine yol açmayacak şekilde hemen çentik darbe deneyi uygulanmıştır.

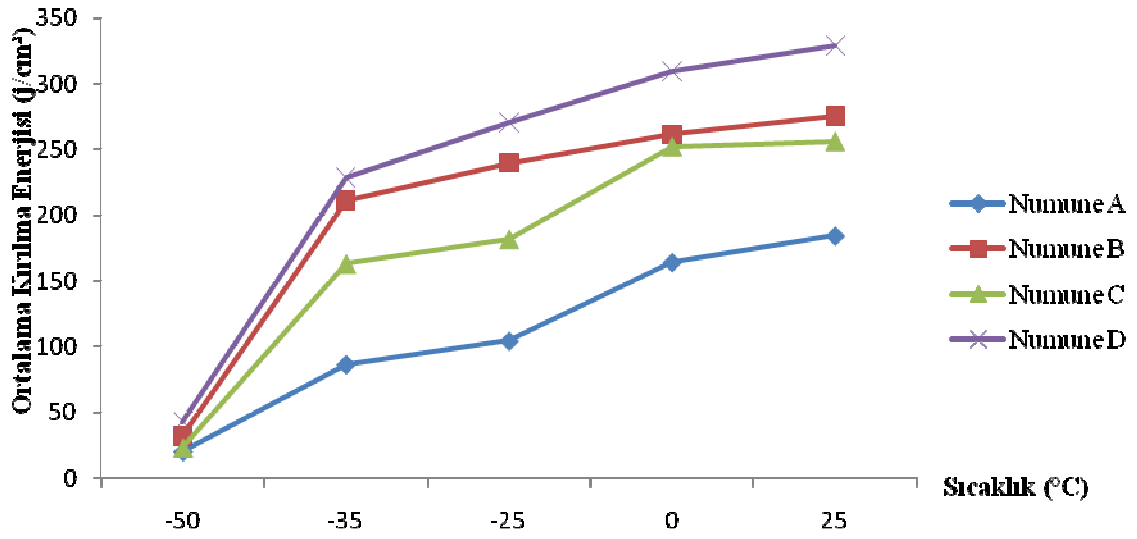
3. DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Erdemir 3237 malzemesine Tablo 3'de belirtilen kaynak yöntemleriyle yapılan kaynak işlemleri sonrası değişik sıcaklıklarda, çentik darbe deneyi uygulanarak sıcaklığa bağlı olarak kırılma enerjileri elde edilmiş olup değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 4: Numunelerin kırılma enerjileri

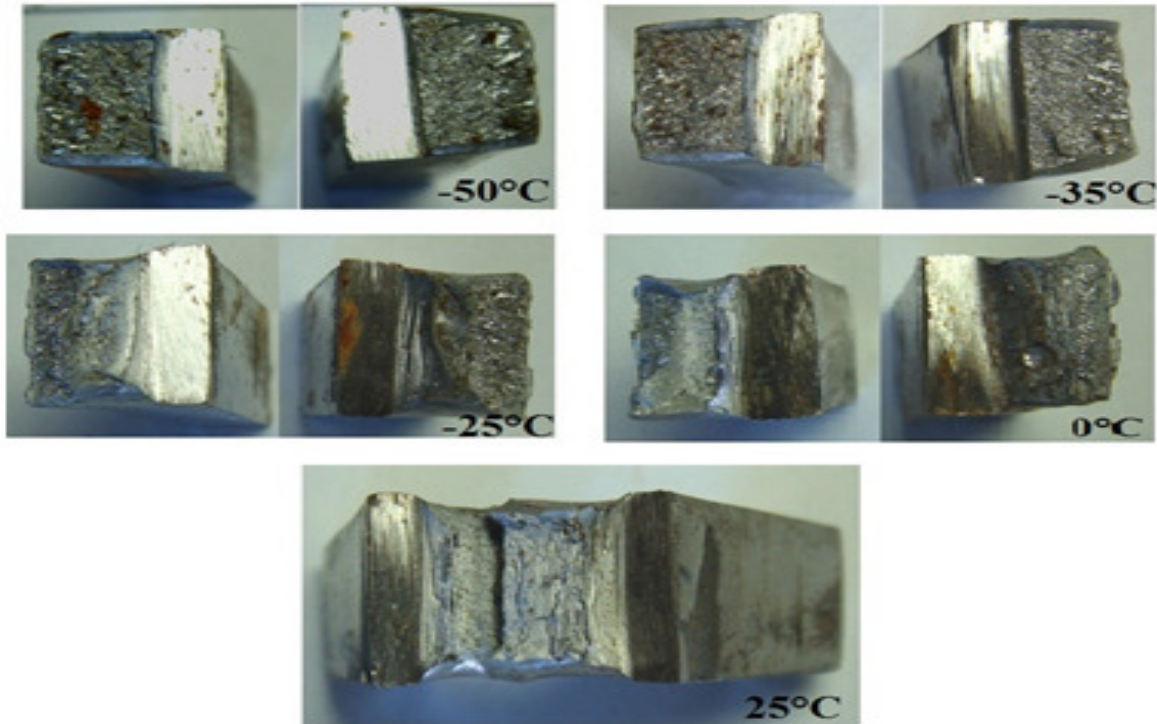
Test Sıcaklığı (°C)	Ortalama Kırılma Enerjisi (j/ cm ²)			
	A	B	C	D
25	184,26	275,41	256,02	328,88
0	164,04	261,20	251,99	309,51
-25	104,28	239,68	181,65	270,34
-35	86,42	210,80	162,84	228,55
-50	20,19	31,40	23,05	42,72

Sıcaklığa bağlı olarak değişimi daha iyi görebilmek için, numunelere ait ortalama kırılma enerjilerinin grafiği Şekil 4’de verilmiştir.

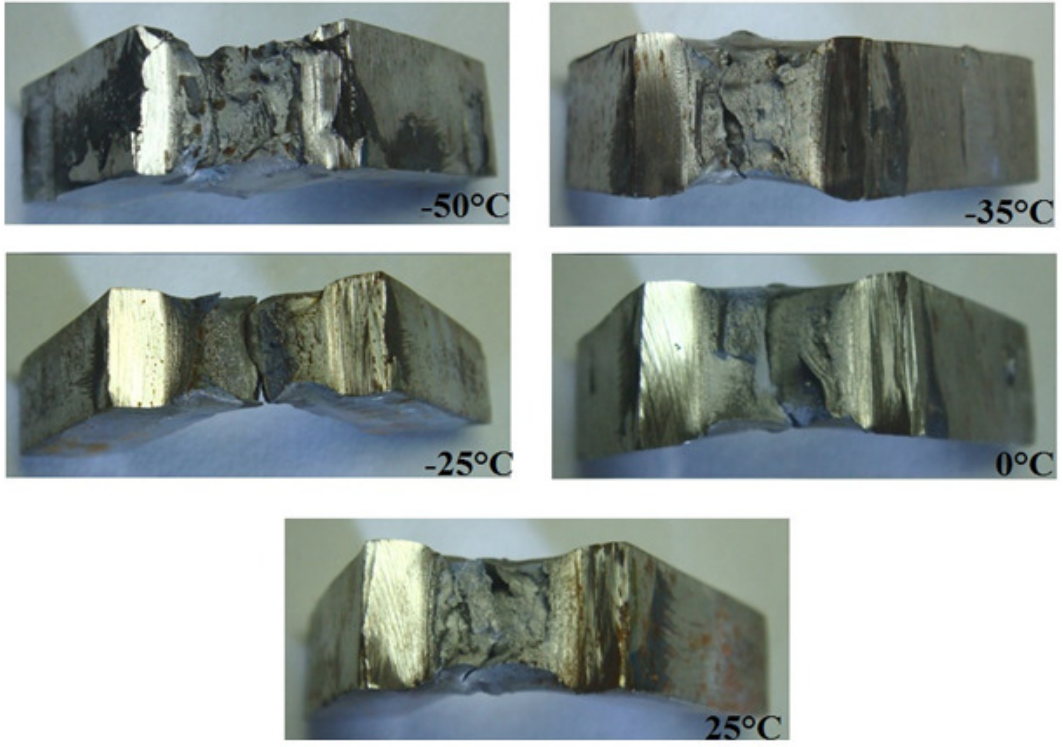


Şekil 4. Numunelerin ortalama kırılma enerjilerinin değişimi

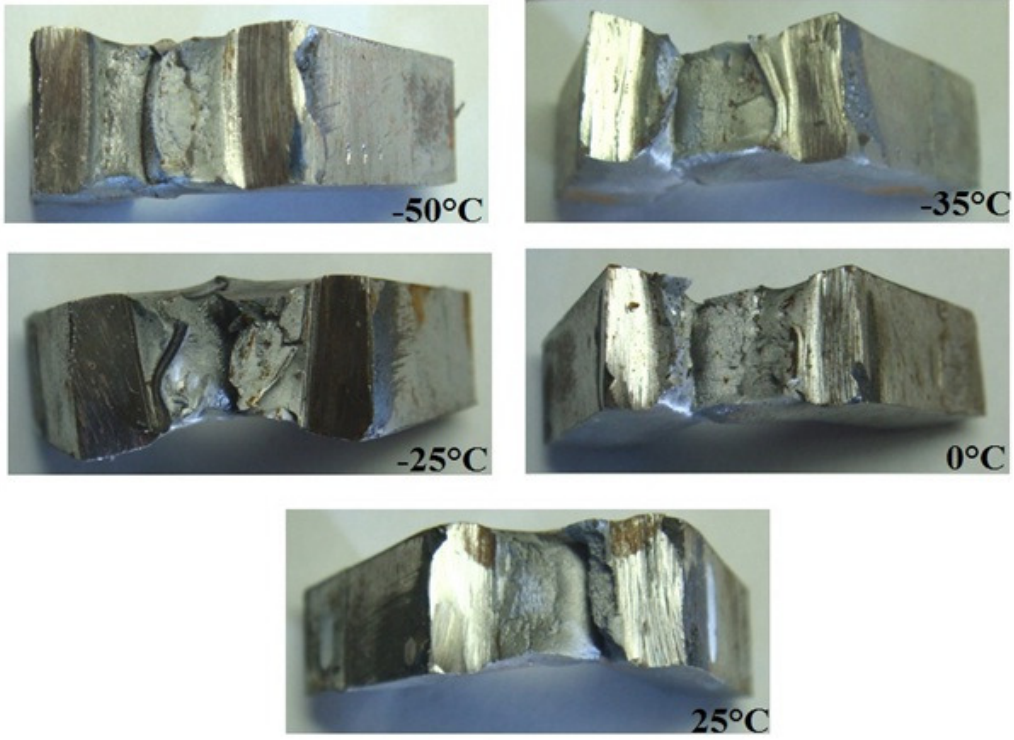
Charpy Deneyi sonucunda elde edilen numunelerin kırılma yüzeyleri Şekil 5-Şekil 8’de gösterilmektedir.



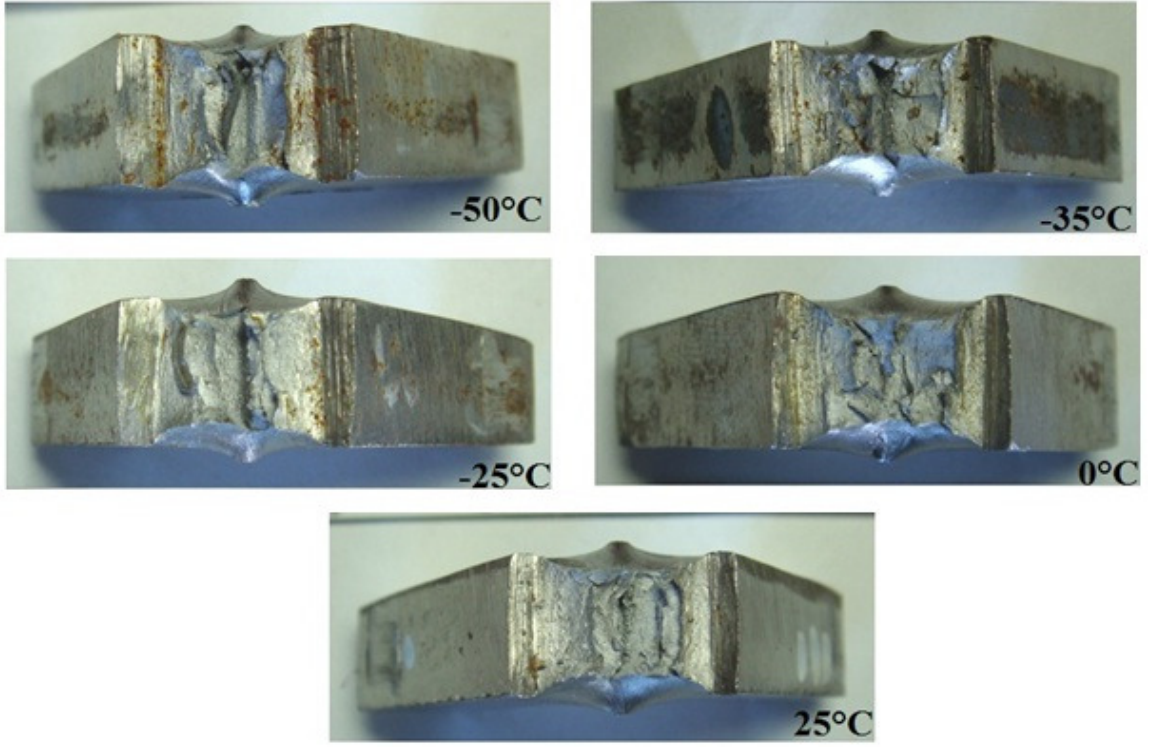
Şekil 5. A Numunelerinin Charpy Deneyi sonrası kırılma yüzeyleri



Şekil 6. B Numunelerinin Charpy Deneyi Sonrası Kırılma Yüzeyleri



Şekil 7. C Numunelerinin Charpy Deneyi Sonrası Kırılma Yüzeyleri



Şekil 8. D Numunelerinin Charpy Deneyi Sonrası Kırılma Yüzeyleri

4. SONUÇLAR

1. Erdemir 3237 malzemesinin değişik kaynak yöntemi ile birleştirilmesi sonrası sıcaklığa bağlı olarak çentik darbe deneyi uygulanarak kırılma enerjileri elde edilmiştir. Kaynak yapılmamış parçaların kırılma enerjileri, -50, -35, -25, 0 ve 25 °C sıcaklık ortamında kaynaklı numunelere göre daha yüksek olduğu elde edilmiştir. Kaynak işlemi sırasında sıcaklık değişimi ve ani soğuma gibi etkenler malzemenin sünekliğini etkilemektedir. TIG kaynağı ve bazik elektrotlu elektrot kaynağı numuneleri diğer kaynak yöntemlerine göre daha sünek olduğu ve kaynaklı numunelere yakın değerler olduğu görülmektedir.
2. Uygulama sıcaklığı azaldıkça numunelerin kırılması için gereken enerjinin azaldığı yani gevrekleşmenin olduğu gözlemlenmiştir. Uygulanan kaynak yönteminden bağımsız olarak, en düşük sıcaklık -50 °C de malzemelerin kırılma enerjileri önemli oranlarda azalmıştır. Bu durum malzemelerin düşük çalışma sıcaklığında dayanım değerlerinde önemli oranda azalma oluşacağından çalışma sıcaklığının seçiminin önemini göstermektedir.
3. Tasarımların çalışma sıcaklığına uygun olarak kullanımında malzemelerin geçiş sıcaklıkları sıcaklığa bağlı kırılma enerjisi grafiklerinden yaklaşık olarak elde edilmiştir. Çentik darbe deney sonuçlarına göre yapılan tokluk ve geçiş sıcaklığı kıyaslamalarında sırasıyla; D, B, C ve A numuneleri olduğu görülmüştür.
4. TIG kaynağı ve Bazik elektrotlu elektrot kaynağı numuneleri diğer kaynak yöntemlerine göre daha sünek olduğu ve kaynaklı numunelere yakın değerler olduğu

görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda yapılacak ERDEMİR 3237' nin kaynağında bazik elektrotlu TIG kaynağının diğer kaynak yöntemlerine göre daha güvenilir olduğu görülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] UZKUT, M., ÜNLÜ, B. S., AKDAĞ, M., Sürtünme Kaynağı İle Birleştirilmiş İki Farklı Süpap Çeliğinin Kaynak Parametrelerinin İncelenmesi, **Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 27-31, (2006).
- [2] UCUN, İ., TALAS, Ş., TAŞGETİREN, S., Farklı Kalınlıktaki Parçaların Alın Kaynağında Geçiş Bölgesinin Gerilme Yığılmalarına Etkisi, **Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 51- 61, (2005).
- [3] MEO, M., VIGNJEVIC, R., Finite Element Analysis of Residual Stress Induced by Shot Peening Process, **Advanced in Engineering Software** 34, 569-575, (2003).
- [4] DOERK, O., FRICKE W., Weissenborn C., Comparison of Different Calculation Methods for Structural Stresses at Welded Joints, **Int. Journal of Fatigue**, 25: 359-369, (2003).
- [5] GÖK, A., GÖK, K., ÜNAL, H. G., ALKAN, M. A., Aynı Kalınlığa Sahip Levhaların Alın Kaynağı İle Birleştirme Durumlarının Gerilme Yığılmasına Etkisi, **Teknoloji Dergisi** Karabük, Cilt 10, Sayı 2, 81-89, (2007).
- [6] YILMAZ, R., TÜMER, M., Gemi Saclarının Tozaltı ve Özlü Tel Kullanarak MAG Kaynağı ile Birleştirilmesi ve Mekanik Özellikleri, **Tübav Bilim Dergisi**, Cilt:2, Sayı: 1, Sayfa: 88-98, (2009).
- [7] EROĞLU, M., ASLAN, S., “Düşük Karbonlu Bir Çelikte Molibdenin ITAB’ın Mikroyapısı ve Mekanik Özelliklere Etkisi”, **Kaynak Teknolojisi III Ulusal Kongresi**, Sayfa: 127–135, İstanbul, (19–20 Ekim 2001).
- [8] Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş, Erdemir Ürün Katalogu, Sayfa:40- 41, (2007).