



**RUTİL ÖRTÜLÜ ELEKTOTLARLA BİRLEŞTİRİLMİŞ
C22'NİN KAYNAK BÖLGESİNİN KIRILMA TOKLUĞUNUN
İNCELENMESİ VE UYUMSUZLUK (MISMATCH) FAKTÖRÜNÜN
BELİRLENMESİ**

***(AN INVESTIGATION OF THE FRACTURE TOUGHNESS OF C22
WELDED WITH RUTIL COVERED ELECTRODES AND
DETERMINATION OF THE MISMATCH FACTOR)***

Cevdet MERİÇ*, Ahmet OKUR**

ÖZET/ABSTRACT

Endüstride kullanım sahası oldukça geniş olan C22 çelik sacdan alınan numuneler, farklı çekme dayanımına sahip üç ayrı rutil elektrotlarla kaynak edilmiştir. Yorulma sonucu oluşturulan çatlaklardan hareket edilerek kaynaklı bölgelerin direngenliği araştırılmıştır. Kaynak metali ve Isı Tesiri Altındaki Bölgenin (ITAB) mekanik özellikleri incelenerek kırılma mekaniği parametrelerinden biri olan $J(N/mm)$ kaynak malzemesi tokluk değeri ve $\Delta a(mm)$ çatlak ilerleme değerlerinin kıyaslanması için grafikler elde edilmiştir. Deney parçası üzerinde boydan boya 4 ayrı bölgeden seçilen çizgilerde kaynak metali, esas metal ve ITAB geçişlerinde mikrosertlik taraması yapılmıştır. Bu çalışmaların amacı esas metal ile kaynak metali arasındaki uyumsuzluğun (mismatch) incelenmesidir.

The process of joining of the low carbon steel (C22) which is used in various metal structural industry has been done with the arc welding method by using rutil covered electrodes as filling metal. After the welding process, by examining the mechanical properties and the fracture toughness and crack growth properties of the weld metal, base metal and around of HAZ (Heat-Affected-Zone) of welded specimens, the values of J-Integral and which is one of the fracture mechanics parameters, has been identified. Then the hardness tests on weld metal, base metal and HAZ were obtained at four different location along the longitudinal direction of the specimens. The fundamental aim of this study is to examine the difference of mechanical properties between the weld metal and the base metal (strength mismatched) which affect the deformation and fracture behavior of the welded joints.

ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS

Kaynak, Uyumsuzluk, Düşük karbonlu çelik, Kırılma tokluğu, Rutil örtülü elektrot
Welding, Mismatch, Low carbon steel, Fracture Toughness, Rutil covered electrodes

*Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, MANİSA

**Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, Buca/İZMİR

1. GİRİŞ

Son yıllarda farklı özelliklerdeki metalik malzemelerin kaynakla birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan gerilmelerin meydana getirdiği deformasyonlarının karmaşıklığı, stratejik önem taşıyan yüksek mukavemetli yapı malzemelerinin artması, bu konuda yapılan çalışmaların hızlanmasına neden olmuştur. Bu faaliyetlerinin odağını oluşturan birleştirme yöntemlerinden biri de eritme kaynağı olup yapısındaki mukavemet uyumsuzluğu ve buna bağlı olarak ortaya çıkan sorunlar söz konusudur. Eritme kaynağı yöntemi ile yapılan kaynaklı birleştirmelerden oluşan konstrüksiyon sistemlerinde dinamik ve/veya statik yük etkileri bu bölgede kalıcı iç gerilmelerle beraber bazı zorlamalar meydana getirir. Bu gerilmelerin etkisindeki kaynaklı bölgelerde zamanla çatlamlar, deformasyonlar hatta hasarlar meydana gelebilir (Tülbentçi, 1998; Güleç, 1985).

Kaynaklı birleştirme bölgesinde olası hatalardan dolayı meydana gelebilecek olumsuzlukları telafi edebilecek mekanik özelliklerin ve kırılma tokluğunun araştırılması, esas metal ve kaynaklı birleşme bölgelerinin yük altındaki davranışlarının incelenmesi bu faaliyetler içinde yer almaktadır. Bilindiği gibi kaynak bölgesindeki herhangi bir çatlağın aniden yön değiştirmesi, bir başka bölgeye yönelmesi bölgeler arası içyapı ve tokluk farklılığından meydana gelmektedir. Ayrıca ani sertlik değişimleri iç gerilmelerin nedeni olup kırılma tokluğu değerinin düşmesine neden olmaktadır. Diğer bir husus; kaynağa mukavemet kazandıran mangan ve silisyum elementlerinin kaynak ortasındaki bölgede yanması ve yine bu bölgede geç soğuma dolayısıyla segregasyon ihtimalinin olmasıdır (Anık, 1991). Bu olumsuzluklardan dolayı, farklı malzemelerin birleşme bölgelerindeki mekanik özelliklerinin ve kırılma tokluğunun araştırılması gerekmektedir.

2. UYUMSUZLUK FAKTÖRÜ

Bugüne kadar yapılan çalışmalar, kaynaklı birleştirmelerde, kaynak bölgesindeki esas metal ile kaynak metali arasındaki uyumsuzluğun neden olduğu kırılma davranışlarını ortaya koymaktadır (Koçak, 1994a; Bauschke, 1995; Dhooge, 1992). Elde edilen sonuçlar mukavemet uyumsuzluğunun çekme ve eğme yükleri altındaki kaynağın kırılma davranışını etkilediğini göstermektedir.

Uyumsuzluk faktörü mismatch (M), kaynak metalinin akma sınırının esas metalin akma sınırına oranı olarak tanımlanır. Bu oranın 1'den büyük olması durumu (M>1) overmatching, 1'den küçük olması durumu (M<1) ise undermatching diye adlandırılır (Koçak, 1994a; Koçak, 1994b).

$$M = (R_{p0,2})_{KM} / (R_{p0,2})_{EM}$$

$(R_{p0,2})_{KM}$: Kaynak metalinin akma sınırı

$(R_{p0,2})_{EM}$: Esas metalin akma sınırı

Esas metal ile kaynak metali akma sınırlarının uyumsuzluğu malzemelerin elastik-plastik davranışı esnasında kaynak bölgelerinin kırılma eğiliminde ve akma davranışları üzerinde önemli bir etkiye neden olur. Uyumsuzluk faktörü (M), 1'den daha büyük seçilir (vermatching). Bunun nedeni kaynak metali bölgesindeki kaynak hatası veya çatlakların varlığının esas metalinkinden daha fazla olmasıdır. Genellikle kaynak metali overmatching 'nin gerilme uygulamasından oluşacak hatalara karşı koruma sağladığı varsayılır. Düşük ve orta mukavemetli çeliklerin kaynaklı birleştirmelerinin yeterli kırılma tokluğuna sahip olması ve M değerinin 1.2 ile 1.3 arasında (overmatching) olması tercih edilir (Koçak, 1994a; Eripret, 1994).

ITAB kaba taneli iç yapıya sahip olup gevrek kırılma eğilimi göstermektedir. Undermatching kaynak metali overmatching kaynak metali ile kıyaslandığında, undermatching durumunda ITAB daki çatlak (kritik çatlak ucu açılma deplasmanı) CTOD'ın belirgin bir şekilde arttığı görülür. Kırılma davranışında uyumsuzluk etkisi

- Kaynak tipi,
- Kaynak ağzı geometrisi (örneğin V veya X),
- Yükleme modu (eğilme veya çekme),
- Yükleme yönü (enine veya kaynak dikişi boyunca),
- Çentik pozisyonu (kaynak metali veya ITAB),
- Uyumsuzluk oranı M,
- Numune geometrisi (örneğin $2H/a$, $2H/(W-a)$, $2H/B$ burada, $2H$ kaynak genişliği, a çatlak boyu, W numune genişliği, B numune kalınlığıdır) gibi parametrelere bağlıdır (Bauschke,1995).

ASTM E1290, BS 7448, ESIS P2'de tanımlandığı gibi homojen malzemeler için standart CTOD ve J İntegrali kırılma tokluğu tahmin yöntemlerinin uygulanması iyi sonuçlar vermektedir. Mukavemet uyumsuzluğuna sahip kaynak konfigürasyonlarında numunenin çatlak ucu bölgesi deformasyon davranışı homojen durumdakine benzemez. Deformasyon davranışı; kaynak ve ana malzemenin çekme özellikleri arasındaki farklardan etkilenir. Bu nedenle mukavemet uyumsuzluğunun eğilme ve çekme yükleri altındaki numunelerin kırılma mekaniği parametrelerine bağlı (CTOD veya J İntegrali) malzeme tokluğu parametreleri üstündeki etkisi fazladır. Hatalı malzemelerin hata tayin etme yöntemleriyle esas metalin, kaynak metalinin ve ITAB'ın tokluk değerlerinin akma mukavemeti üzerindeki uyumsuzluk etkisinin belirlenmesi gerekir (Lee, 1992; Pan, 1991).

Bütün hata tayini yöntemlerinde malzemelerin homojen olduğu kabul edilerek hesaplamalar yapılır. Gerçekte ise kaynak bölgeleri heterojen yapıya sahiptir. Buna rağmen bu etki göz önüne alınmaz. Bu nedenle kaynakların uyumsuzluğu için tokluk ve uygulanan şekil değiştirme ile hata büyüklüğü arasında bir bağıntı çıkarmak gereklidir (Skorupa, 1992).

Artan akma gerilmesiyle tokluk değeri azaldığı için verilen bir hata büyüklüğünün yeri (kaynak metali ve ITAB) ve uygulaması için kaynak metalinin optimum mukavemeti ve tokluk değerlerini tanımlamak zordur. Uyumsuz kaynak bölgelerinin tam olarak kırılma karakteristiği sadece uyumsuzluk oranına ($M = (R_{p0,2})_{KM} / (R_{p0,2})_{EM}$) bağlı değildir (Pan, 1991). Daha önceden yorulmalı ön çatlak oluşturulan numunedeki çatlak ucu bölgesinde, çatlak ilerlemesinin 8-10 mm uzaktan ölçülen deplasmanının çatlak ucu ile tam olarak ilişkisi olmadığından mukavemet uyumsuzluğuna sahip kaynak bölgelerinden elde edilen yük-deplasman ($P-\Delta_a$) eğrilerinde CTOD ve J İntegral tahmini sonuçlarında önemli hatalar yapma olasılığı vardır (Meriç, 1999).

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR ve TARTIŞMA

3.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

3.1.1. Esas Metal Deney Malzemesi

Deneylerde kullanılan numuneler endüstride yaygın olarak kullanılan C22 soğuk hadde mamulü olup 12 mm kalınlığındaki sac levhadan Şekil 3'deki ölçülere uygun olarak hazırlanmıştır. Numune malzemesinin diğer standartlardaki karşılıkları Çizelge 1'de, mekanik özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Ayrıca esas metal ve kaynak metalinin kimyasal analizleri de Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 1. C 22'nin diğer standartlardaki karşılıkları

USA	ALMANYA	FRANSA	İNGİLTERE	TÜRKİYE	MKE
SAE/AISI	DIN	AFNOR	BS	TS	--
1020	Ck 22	XC25	050a20	C22	Ç1020

Çizelge 2. C 22'nin mekanik özellikleri

Mekanik özellikler	Değer	Boyut
Çekme Dayanımı	340-470	N/mm ²
Akma Sınırı	235 (273)	N/mm ²
Kopma Uzaması	26	(en az) %
Çentik Darbe Dayanımı	27	J(+20-20 ⁰ C)
Sertlik	140-185	HV5
Elastisite Modülü (Ortalama)	E[206*10 ⁴]	N/mm ²
Kayma Modülü (Ortalama)	G[8.102*10 ⁴]	N/mm ²

Çizelge 3. Deneylerde kullanılan esas metal (C22) ve elektrotların kimyasal analizi (Ağ %)

	C	Si	Mn	P	S
Esas Metal	0.20	0.16	0.40	0.008	0.008
1. Elektrot	0.10	0.30	0.40	0.02	0.02
2. Elektrot	0.08	0.35	0.60	0.02	0.02
3. Elektrot	0.08	0.30	0.50	0.02	0.02

3.1.2. Kaynak Elektrotları

Değişik çekme mukavemetlerine sahip rutil karakterli üç ayrı elektrot kullanılmış olup elektrotların kimyasal analizleri Çizelge 3'de, standartları ise Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Elektrot standartları ve akma sınırı değerleri

Elektrot Numaraları	1	2	3
TSE 563	E 51 32 RR 8	E 51 32 RR 8	E 43 22 R(C)3
DIN 1913	E 51 32 RR8	E 51 32 RR 8	E 43 22 R(C)3
AWS/ASME 5.1	E 6013	E 6013	E 6013
EN 499	---	E42 0 RR 12	E 38 0 RC 11
Akma Sınırı [N/mm ²]	415	440	460

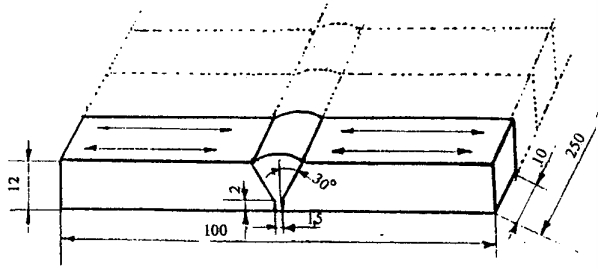
3.2. Deney Sonuçları

3.2.1. Kaynak Uygulaması ve Yorulma Çatlağının Oluşturulması

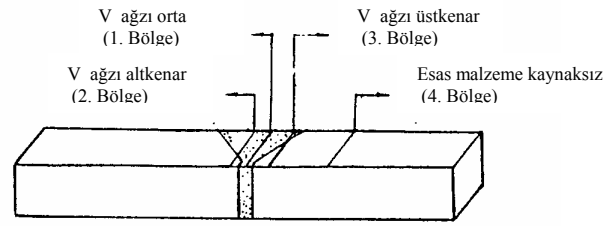
C22 malzemesinden yapılmış 12 mm kalınlığındaki saç levhadan haddeleme yönüne dikkat edilerek kesilmiş numunelere 60⁰lik V kaynak ağzı açılmıştır (Şekil 1). Çizelge 4'de standartları verilen rutil karakterli elektrotlarla Çizelge 5'de verilen kaynak parametrelerine

uygun olarak sırasıyla kök, dolgu ve kapak pasoları gerekli taşlama ve temizlik yapılarak malzeme soğumadan art arda tatbik edilmiştir.

Kaynak yapılırken çarpılmayı önlemek için özel bağlama kalıbı hazırlandı. Numune taslakları universal frezede taşlama payı bırakılarak 8mmx8mmx100mm ölçülerine getirildi. 1x7mm ölçüsünde parmak freze ile Clipgauge bağlama kanalı açıldı. 30° uçlu testere çakı ile 1 mm derinliğinde seçilen çentik çizgilerine çatlak çentiği açıldı. Daha sonra N6 yüzey kalitesinde taşlanan Single Edge Notched Bending (SENB) üç nokta eğme numuneleri Şekil 3'te görüldüğü gibi yorulma cihazında akma bölgesini geçmemek kaydıyla periyodik (hesaplanan deplasman (δ) miktarına uygun) olarak yüklendi. Belli bir süre sonunda V çentik ucunda $a/W \approx 0,5$ 'i sağlayacak şekilde yaklaşık 2 mm civarında çatlak oluşturuldu.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan kaynaklı numuneler



Şekil 2. Çentik açılan bölgeler

Çizelge 5. Deneyde kullanılan kaynak parametreleri

Esas Metal		C22		
Kaynak işlemi		Elektrik Ark Kaynağı		
Elektrotların standardı		DIN 1913		
Kaynak ağzı		V(60°)		
Kaynak pozisyonu		Alın		
Pasolar	Elektrot çapı (mm)	Gerilim (V)	Akım (A)	Paso sayısı
• Kök	2,5	20	70	1
• Dolgu ve Kapak	3,25	28	130	2

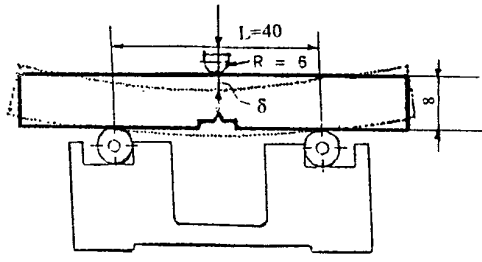
3.2.2. Uyumsuzluk Faktörü

Deney numunelerinden TS 138'e göre hazırlanan örnekler, çekme deneyine tabi tutulmuş olup kaynak metali ve esas metalin akma sınırları tespit edilmiştir. Her elektrot için hesap edilen uyumsuzluk değerleri aşağıda verilmiştir.

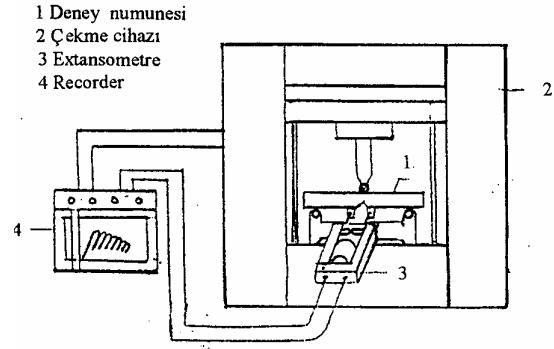
$$1 \text{ Numaralı elektrot için } M_1 = (R_{p0,2})_{KM} / (R_{p0,2})_{EM} = (415/273) = 1,52$$

$$2 \text{ Numaralı elektrot için } M_2 = (R_{p0,2})_{KM} / (R_{p0,2})_{EM} = (440/273) = 1,61$$

$$3 \text{ Numaralı elektrot için } M_3 = (R_{p0,2})_{KM} / (R_{p0,2})_{EM} = (460/273) = 1,68$$



Şekil 3. Numunelere çatlak oluşturma düzeneği



Şekil 4. Çatlak deplasmanı ölçmede kullanılan deney düzeneği

Her üç elektrotla yapılan kaynaklar uyumsuzluk üstü (overmatching) durumundadır. Kaynaklı birleştirmelerde bu üstünlük arzu edilen bir durumdur (Koçak, 1994a; Koçak, 1994b; Bauschke, 1995).

3.3. Üç nokta Eğilme SENB Deneyi Sonuçları

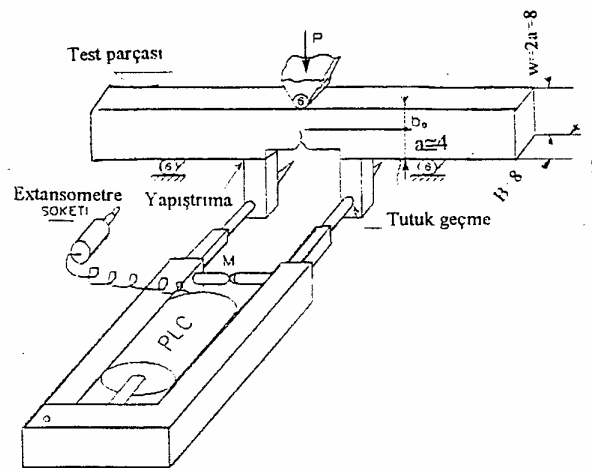
Deney numunesinin hazırlanması ve matematiksel hesaplamalar ASTM E 813-89 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney Şekil 4'de görüldüğü gibi üç ayrı cihazın birlikte çalışması ile gerçekleştirilmiştir. LLOYD T5 OK marka çekme cihazı ile numune üzerine yük tatbik edilmiştir. Bu yükleme x-y kalem hareketli recorder tarafından extansometre yardımı ile milimetrik kağıt üzerine yük-deplasman eğrileri şeklinde aktarılmıştır (Şekil 6).

Eğrilerin rasyonel olarak elde edilmesi için %50 yük azaltımından önce her eğim aralığında 15-20 sn bekletilerek malzemenin toparlanmasına fırsat verilmiştir. Aynı zamanda Şekil 5'de gösterildiği gibi ekstansometrenin ucu numune üzerindeki uzatmalara tutuk döner geçme yapılarak eğrilerin daha hassas elde edilmesi sağlanmıştır.

Bu eğrilerden seçilen 10 ayrı eğimin oluşturduğu $C_i = \Delta V_i / \Delta P_i$ complians değerlerinden ve seçilen eğriler altında kalan alanlardan J- Δa eğrileri elde edilmiş olup Şekil 7 - Şekil 12 de verilmiştir. Bu eğrilere göre, 3 numaralı elektrot kaynağının tokluk değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Kaynak üst ağızlarında elektrotların tokluk değerleri yüksek olmasına rağmen, kaynak ortasında daha düşük tokluk değerlerine sahip oldukları görülmüştür.

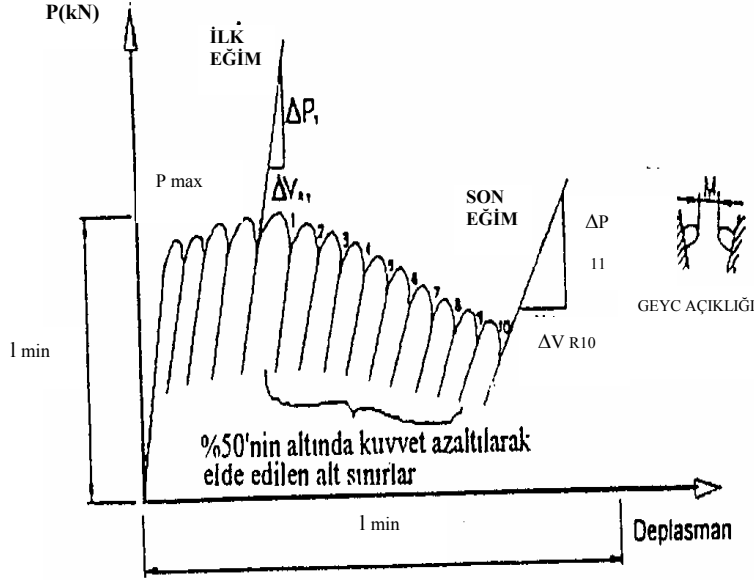
Deneylerin tamamı statik yük altında, 1 mm/dak basma hızında gerçekleştirilmiştir.



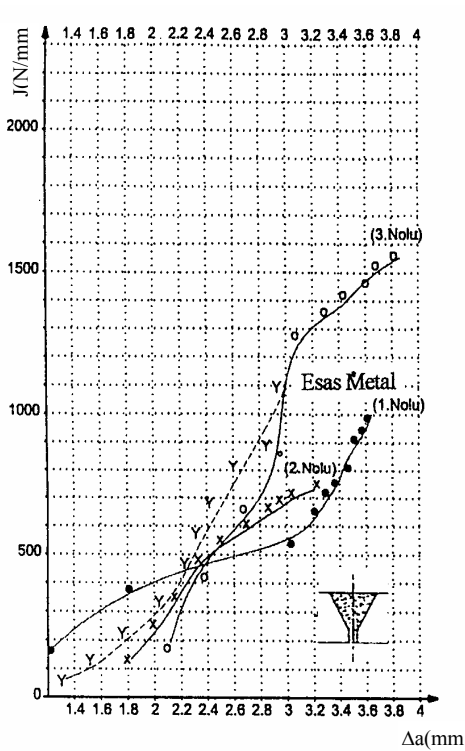
Şekil 5. Çatlak deplasmanı ölçmede kullanılan extansometrenin bağlanma durumu

Yük altında çentiğin ucundaki çatlakta belli bir miktar ilerlemeden sonra kütleşme olmuştur. Çatlak, yoğun deformasyon bölgesine yani daha az tokluğa sahip olan bölgeye

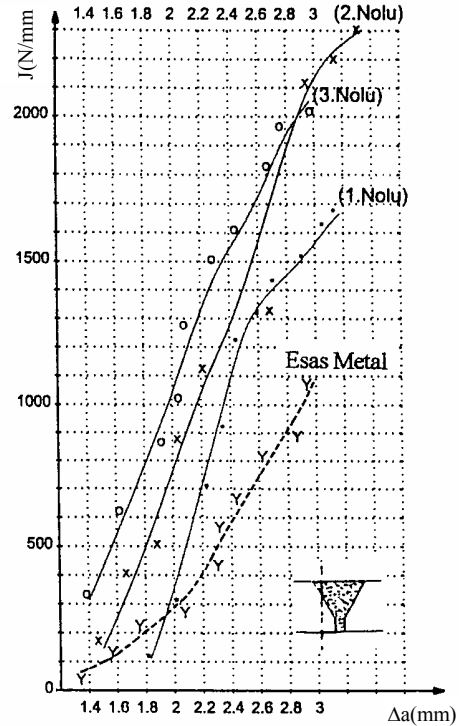
yönelmektedir. Ayrıca plastik şekil değiştirmeler iri taneli yapıdan dolayı ITAB da yoğunlaşacağından, bu bölgenin kırılma tokluğu değerinin tespit edilmesi önemlidir (Dhooge, 1992).



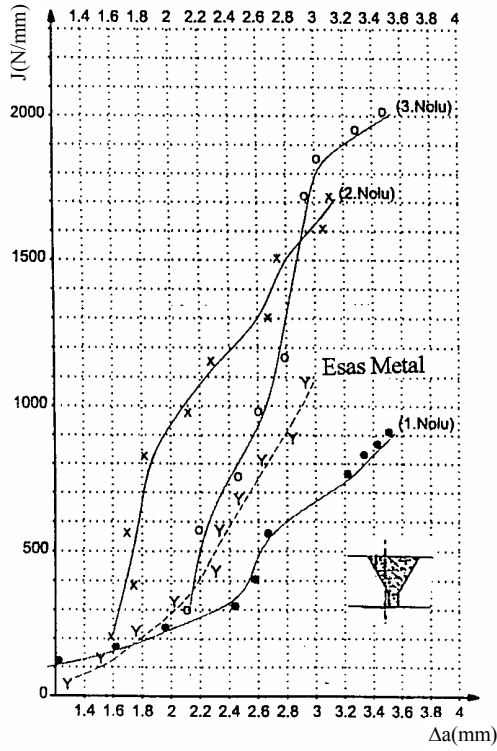
Şekil 6. Yük-deplasman eğrileri



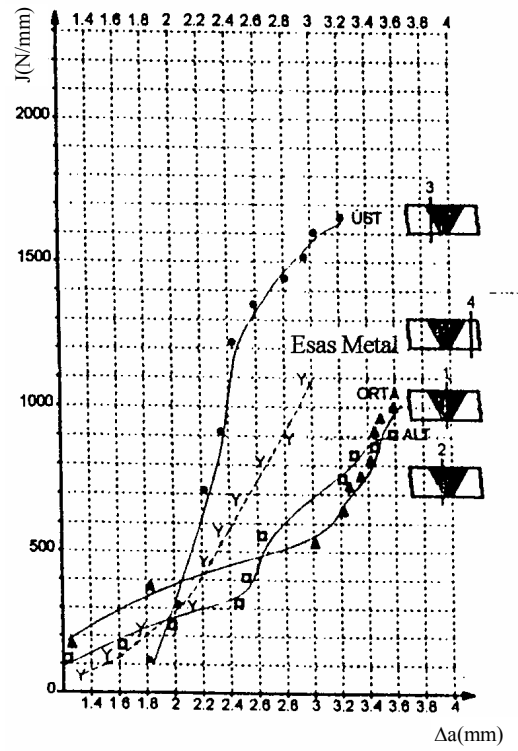
Şekil 7. Kaynak metalinin yan orta çizgisindeki (1. Kaynak Bölgesi) J- Δ_a eğrileri



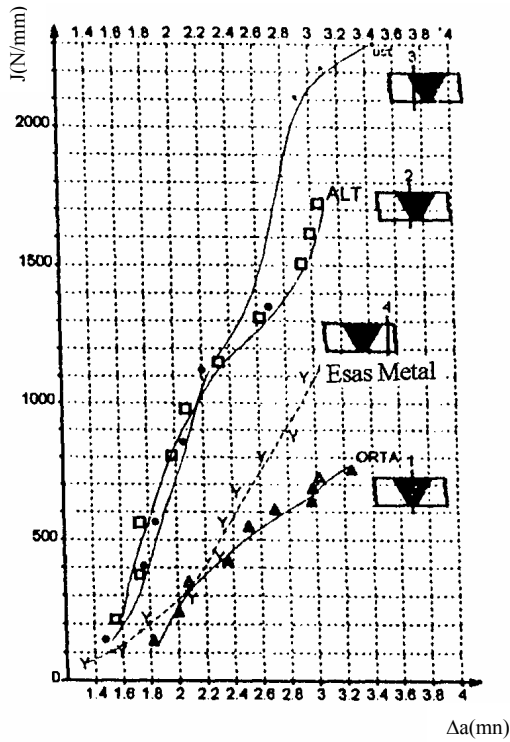
Şekil 9. Kaynak metali, ITAB, esas metal geçişlerinin (3. Kaynak Bölgesi) J- Δ_a eğrileri



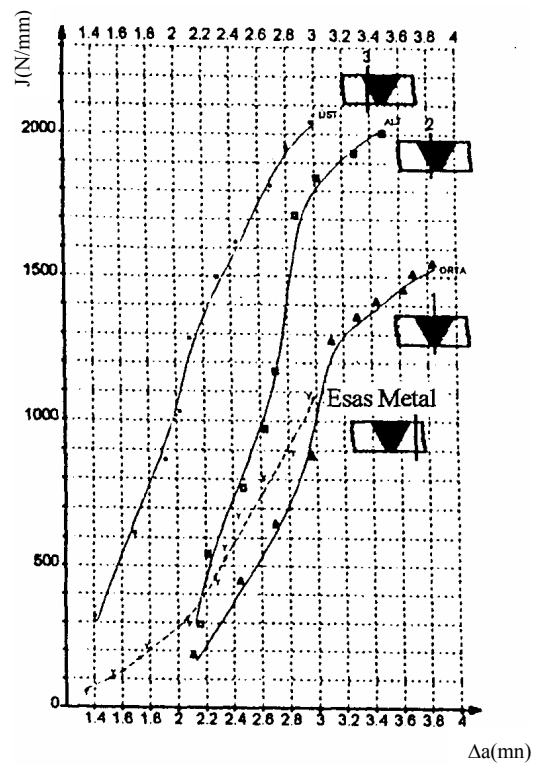
Şekil 8. Kaynak metali, ITAB, esas metal geçişlerinin (2. Kaynak Böl.) J- Δa eğrileri



Şekil 10. Elektronun (E 51 32 RRS8) kaynak bölgelerindeki J- Δa eğrileri



Şekil 11. 2. Elektrotun (E 51 32 RR8) kaynak bölgelerindeki J- Δa eğrileri

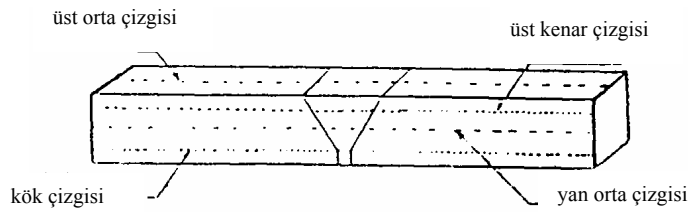


Şekil 12. 3. Elektrotun (E 43 22 R(C)3) kaynak bölgelerindeki J- Δa eğrileri.

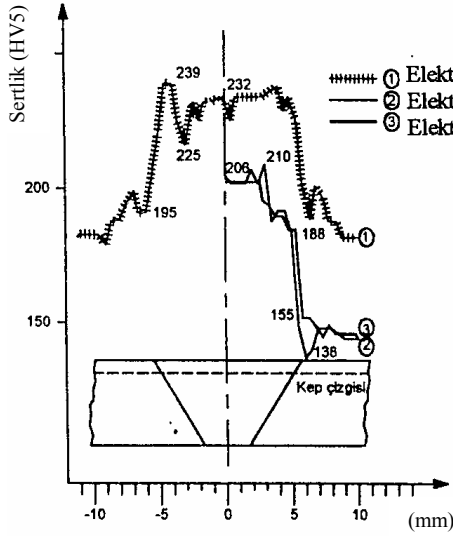
3.4. Mikrosertlik Deneyi Sonuçları

TS 207'e göre hazırlanan deney numuneleri REICHERTER marka sertlik ölçme cihazında test edildi. Yüzeyleri N10 kalitesinde parlatılmış ve %5'lik nital ile dağlanmış numuneler üzerinden Şekil 13'de görüldüğü gibi 4 ayrı çizgiden (üst kenar çizgisi, kök çizgisi, yan orta çizgisi ve üst orta çizgisi) olmak üzere 0,5 mm ara ile mikrosertlik değerleri ölçüldü.

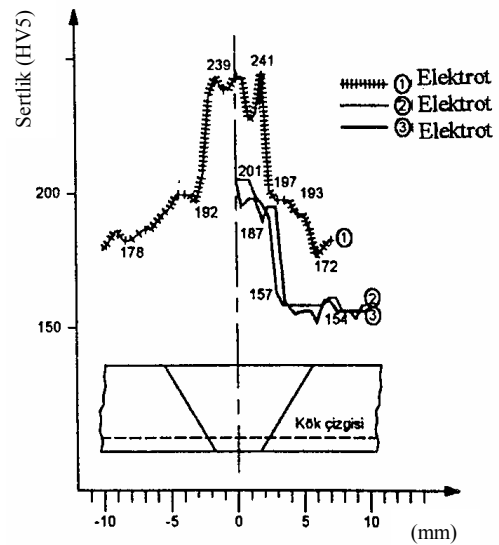
Elde edilen grafikler Şekil 14, 15, 16, 17'de gösterilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi 1.Elektrot kaynağı çok yüksek sertlik değerlerine sahiptir. 3.Elektrot kaynağının da en az sertlikle stabil bir yapı ve J- Δ eğrilerinden anlaşıldığı gibi en yüksek tokluk değeri ortalamasına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 13.Mikrosertlik değerlerinin ölçüldüğü çizgiler



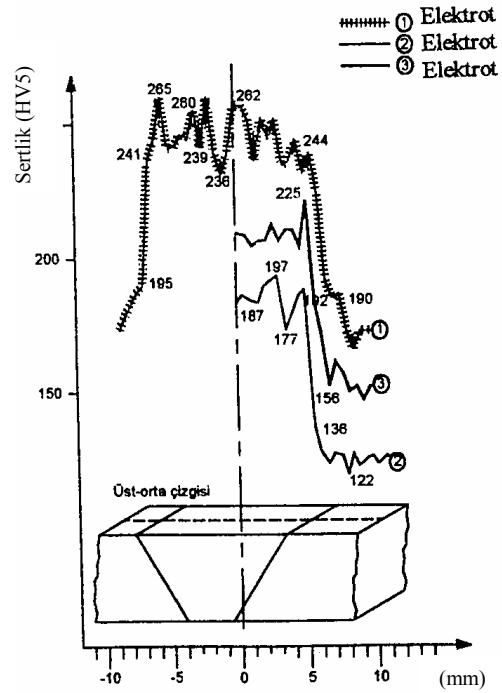
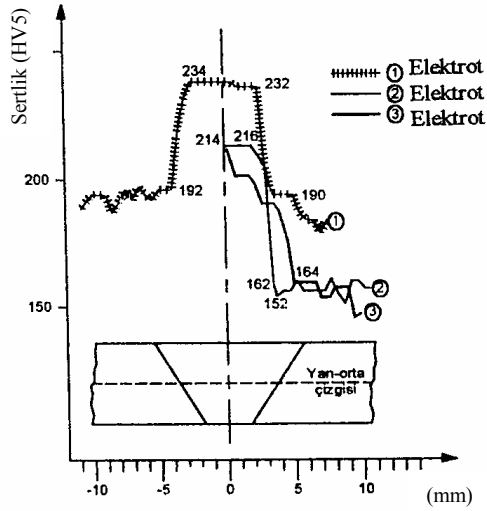
Şekil 14. Üst kenar çizgisindeki sertlik değişimi



Şekil 15. Kök çizgisindeki sertlik değişimi

4. SONUÇLAR

Endüstride yaygın olarak kullanılan düşük karbonlu C22 soğuk hadde mamulü sac malzemeden kesilen parçalar 60° 'lik V kaynak ağzı açılarak rutil tip üç ayrı elektrot ile elektrik ark kaynağı yöntemi ile birleştirilmiştir. Bu kaynaklı parçadan çekme deneyi mikrosertlik ölçümü ve üç nokta eğilme deneyi için standarda uygun numuneler hazırlanmış olup yukarıda sözü edilen deneylere tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 16. Yan orta çizgisindeki sertlik değişimi

Şekil 17. Üst orta çizgisindeki sertlik değişimi

1. Ana malzeme akma mukavemeti 273 kN/mm^2 olup, kaynak elektrotlarının akma sınırları ve uyumsuzluk faktörleri.

Elektrot (E 51 32 RR8) için $\rightarrow 415 \text{ kN/mm}^2$ $M_1=1,52$

Elektrot (E 51 32 RR8) için $\rightarrow 440 \text{ kN/mm}^2$ $M_2=1,61$

Elektrot (E 43 22 R(C)3) için $\rightarrow 460 \text{ kN/mm}^2$ $M_3=1,68$

olarak tespit edilmiş olup uyumsuzluk faktörlerinin $M>1$ (overmatch) durumunda olması kaynak tokluğu yönünden uygunluğu göstermektedir.

2. Kaynak ortası referans alındığında mikrosertlik ölçümleri sonucunda 1. Elektrot kaynağının 262 HV5 değeri ile kaynak üst orta çizgisinde en yüksek, 201 HV5 ile 2. ve 3. Elektrotlar aynı anda kök çizgisinde en düşük sertliği göstermektedirler. 2 ve 3. Elektrotun bu konumda da birbirine yakın değerler vermeleri standartlara uygun şartlarda üretildiklerini göstermektedir.

Bölge olarak ortalama sertliğe bakıldığında, yan-orta çizgisinde 221 HV5, üst kenar çizgisinde 219 HV5, üst-orta çizgisinde 215 HV5 ve kök çizgisinde 214 HV5 olarak görülmektedir.

Birinci elektrot kaynağının diğer elektrotlara göre (tokluğu olumsuz yönde etkileyen) daha çok çeki iç gerilmelerine sahip olduğu sertlik eğrilerinden anlaşılmaktadır.

3. Üç nokta eğilme SENB numunelerinin J- Δ a eğrilerinden şu sonuçlar çıkmıştır.

3. Elektrotun en yüksek tokluk değerine sahip olduğu görülmüştür yani eşit çatlak boyunda 1. Elektrot için gerekli olan kırılma enerjisi 3. Elektrotu kırmak için gerekli olan enerjiden daha küçüktür. Aralarındaki tokluk farkı olası kaynak kusurlarının etkisini azaltmaktadır.

Kaynak üst ağzının her üç elektrotta da daha tok bölge olduğu, bunun nedeninin üst üste pasonun uygun kaynak ortamı yani ısıl işlem etkisi oluşturduğu düşünülmektedir.

Kaynak dikişinin ortasında her üç elektrotun da daha az tokluk değerine sahip olduğu görülmüştür. Bununla yanma ve segregasyon etkisinden olabileceği düşünülmektedir.

Kaynak dikişinin üst ve alt ağzında 2.Elektrotun üst üste çakışması en ideal durumu göstermektedir. 2. ve 3.Elektrotlarda, kaynak üst bölgesinde bir birine yakın eğriler vermektedir. Bu oluşum, esas metal ve örtü kompozisyonu yönünden elektrotların uyumlu yapıya sahip olduklarını göstermektedir.

Tüm elektrotların tokluk ve çatlak ilerlemesi yönünden söz konusu kaynak bölgelerinde bağımsız olmadıkları, kaynağın fiziki durumunun (ısı ve geometrik konumları gibi özelliklerinin) etkisi altında kaldıkları ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- Aksoy T., (1996): “Termal Yükleme Sonucu Rijitleştirilmiş İki Farklı Malzemede Çatlak Oluşumunun İncelenmesi”, A.İ.F. Projesi İzmir.
- Anık S., Tülbentçi K., Kaluç E., (1991): “Örtülü Elektrot ile Elektrik Ark Kaynağı”, İstanbul.
- Bauschke H. M., Ros A., Koçak M., (1995): “Weld Strenght Mis-Match Effect on CTOD (δ_5) R-Curvers”, Proc. Of the Secofnd Meeting of the HW Sub. Comm. X-F Mis-Match Effect, 24 th April 1995, GKSS Research Center, F.R. Germany HW Doc. X-F-026-95.
- Dhooge A., (1992): “Failure Analysis of Welding Structures”, Revue de la Soudure-Lastijdshrift 48 (2), 49-56.
- Eripret C., Franco C., Gilles P., Ignaccolo S., (1994): “On the Effect of Mismatching on Structural Resistance of Welds”, Proceedings of the 1994 Pressure Vessels and Piping Conference, Part II (of 19).
- Güleç Ş., Aran A., (1985): “Malzeme Bilgisi I-II”, TÜBİTAK Gebze Araştırma Merkezi.
- Koçak M., Schwalbe K. H., (1994): “Fracture of Weld Joints: Mis-Match Effect”, Proc. Of the Intermediate Meeting of the IIW Sub. Comm. X-F Weld Mis-Match Effect, 28-29 April 1994, Paris IIW Doc. X-F-003-94.
- Koçak M., Denys R., (1994): “CTOD and Wide Plate Testing of Welds on Mis-Matched Welded Joints”, 10 th European Conference on Fracture(ECF 10), 20-23 September 1994, Berlin, IIW Doc. XI-641-95 IIW Doc. X-F-028-95.
- Lee S., Kim BC., Kwon D., (1992): “Correlation of Microstructure and Fracture Properties in Weld Heat-Affected Zones of Thermomechanically Controlled Processed Steels”, Metallurgical Transactions A23A, (10), 2803-2816.
- Meriç C., Tokdemir M., (1999): “An Investigation of the Weld Region of the SAE 1020 Joined with Metal Active Gas and Determination of the Mismatch Factor”, J. of Materials Eng. And Performance, 8, 5, 601-605.
- Pan Y. T., Lee J. L., (1991): “Effects on Inclusions on the Microstruture and Thougness of HAZ in Steels”, China Steel Thecnical Report (5), 9-17 30 ISSN:1015-6070.
- Tülbentçi K., (1998): “Mig-Mag Gazaltı Kaynak Yöntemi”, Arctech, İstanbul.
- Skorupa M., (1992): “Fatigue Life Prodection of Cruciform Joints Failing at the Weld Teo.”, Welding Journal 71, 8, 269-275.