

**TÜRKİYE'DE ÜRETİLEN BAZIK ELEKTRODLARLA
ELDE EDİLEN KAYNAK METALİNİN TOKLUĞUNUN
İNCELENMESİ**

MUSTAFA ACARER

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü yönetmeliği Uyarınca

Makina Eğitimi Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ERTÜRK

MAYIS 1996

Mustafa Acarer'in YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "Türkiye'de Üretilen Bazik Elektrotlarla Elde Edilen Kaynak Metalinin Tokluğunun İncelenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

10.06.1996.

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ERTÜRK (Danışman)



Üye : Prof.Dr. Ali Yücel UYAREL



Üye : Yrd. Doç.Dr. Behçet GÜLENC



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun
gün ve10..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

17/07/1996


Doç. Dr. Göktay EDİZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, bazik örtülü elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin tokluğu incelendi. Ülkemizde üretim yapan üç büyük elektrod firmasının ürettiği ISO E 51 5B 120 20H ve E 51 5B 26H bazik örtülü elektrodlar kullanıldı. Deneyleerde kullanılan elektrodlar 250 °C de iki saat kurutulduktan sonra, 125°C sabit sıcaklıkda tutularak dört saat içinde tüketildi. Kaynak metalinin 20, 0, -20, -40 °C de sıcaklık değerlerindeki tokluklarını belirlemek için Charpy V çentikli darbe deneyi yapıldı. Deneyleerin sonuçlarında bütün elektrod türlerinde, elde edilen kaynak metalinin tokluğunda düşük sıcaklıklarda oldukça azalma olduğu gözlenmiştir. Ayrıca deney sonuçlarında elektrod firmalarının ürettiği aynı tür elektrodların tokluk değerleri birbirine yakın değerlerde çıkmıştır.

Anahtar kelimeler; Bazik elektrod, kaynak metali, tokluk, Charpy deneyi

AN INVESTIGATION OF THE WELDING METAL'S TOUGHNESS PRODUCED
BY THE BASIC ELECTRODES IN TURKEY

(M. Sc. Thesis)

Mustafa ACARER

DUMLUPINAR UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

1996

SUMMARY

In this study, welding metal's toughness was investigated. Welding metal was obtained by basic covered electrodes ISO E 51 5B 120 20H and E 51 5B 26H that are produced by three electrodes companies in Turkey. The welding metal's toughnesses at 20, 0, -20, -40 °C temperatures were investigated by Charpy V notching impact experiment. After the electrodes that were used in the experiments were dried two hours at 250 °C temperature, they were kept at 125 °C temperature and they were spend in four hours' time. In the results of the experments, the welding metal (which was obtained from all the electrodes) 's toughness had been observed very low temperatures. Also, from the results of the experiments, the impact experiment's results of the same type electrodes produced by electrode companies were same with eachother.

Key words: Basic electrode, welding metal, toughness, Charpy experiment.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezimin hazırlanmasında bana her türlü destekte bulunan Danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim ERTÜRK' e ve Değerli Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Behçet GÜLENC' e şükranlarımı sunarım.

Deneysel çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen As Kaynak'tan Sayın Erkan KOMAÇ' a, Oerlikon' dan Sayın Suat SAYAR' a, Gedik Holding' den Sayın Selim CENGİZ' e ve tüm personele teşekkür ederim.

Ayrıca tezimin hazırlanması ve yazımı esnasında bana yardımcı olan başta Bölüm Başkanımız Sayın Mustafa YAŐAR ve Fakülte Sekreterimiz Sayın Mücahit KAYA olmak üzere tüm hocalarıma ve tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.	1
1.1. Kaynak Elektrodunun Tarihsel Gelişimi.....	2
2. KAYNAK ELEKTRODLARININ SINIFLANDIRILMASI.....	4
2.1. Erimeyen Elektrodlar	4
2.2. Eriyen Elektrodlar.....	5
2.2.1. Çıplak elektrodlar.....	5
2.2.2. Özlü elektrodlar.....	6
2.2.3. Örtülü elektrodlar.....	6
2.2.3.1. Elektrod Örtü Malzemeleri.....	6
2.2.3.2. Örtülü Elektrodların Sınıflandırılması:	10
3. BAZİK ELEKTRODLAR.....	15
3.1. Bazik Elektrodların Kullanım Alanları.....	16
3.2. Bazik Elektrodların Kullanılmasında Dikkat Edilecek Hususlar.....	17
4. TOKLUK ve KIRILMA.....	21
4.1. Tokluk	21
4.1.1. Tokluğa etki eden faktörler.....	23

4.2. Kırılma.....	28
4.2.1 Yorulma kırılması.....	30
4.2.2 Sürünme kırılması.....	31
4.2.3. Gevrek ve sünek kırılma.....	31
3.2.3.1 Süneklikten gevrekliğe geçiş.....	34
4.3. Kaynaklı Bağlantılarda Kırılma.....	36
5. ÇENTİK DARBE DENEYİ.....	38
5.1. İzod Deneyi.....	39
5.2. Charpy Darbe Deneyi.....	39
5.2.1. Deney Cihazı	40
6. DENEYSSEL ÇALIMALAR.....	42
6.1. Deney Malzemeleri.....	42
6.1.1. Elektrodlar.....	42
6.1.2. Esas metal.....	43
6.2. Deney Donanımı.....	44
6.3. Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	44
6.4. Deneylerin Yapılışı.....	47
7. DENEY SONUÇLARI ve ÖNERİLER.....	48
7.1 Sonuçlar.....	48
7.2. Öneriler.....	53
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3. 1. O 5 mm. elektrodlar için kaynak akım şiddeti / püskürtme kayıpları eğrileri a- Normal alçak hidrojenli örtü b- Aynı örtü %50 demirtozu ilavesiyle	18
3.2. Bazik elektrodlarla yapılan kaynakta ark boyu.....	18
3.3. Bazik elektrodlarla yapılan kaynakta arkın tutuşturulması.....	18
3.4 Bazik elektrodlarla kaynak yaparken elektrodun, kraterin ön kısmında tutuşturulması.....	19
4.1. Tokluk değerinin sıcaklıkla ilişkisi	22
4.2. Geçiş sıcaklığı tanımları	23
4.3 Karbon oranına göre tokluk değerleri	24
4.4 Sertleştirilmiş bir karbon çeliğinde menevişleme sıcaklığının vurma işine etkisi	26
4.5 V- Çentikli Charpy Tokluğunun Deney çubuğu Konumuna Bağlı Olarak Değişimi	27
4.6. Deney parçası genişliğinin vurma tokluğuna etkisi.....	27
4.7. Atomik seviyelerdeki kırılmayı gösteren şematik şekil	28
4.8. Bir klivaj kırılmasında nehir paterni x 2500	29
4.9. Bir kesme kırılmasında gamze şeklinde küçük çukurluklar x 3900	29
4.10 Çatlak ucunda gerilme yığılması	33
4.11. Geçiş sıcaklığı eğrileri. a) Yutulan enerjiye b) Kırılma yüzeyi görünüşüne c) çentik bölgesi sünekliliğine göre.....	35

5.1. İzod vurma deneyinde vurucu çekiçle deney parçasının karşılıklı durumları ve cihaza yerleştirme şeması	39
5.2. Çentik darbe deney cihazının şematik görünümü	41
6.1. Esas metal plakaları	44
6.2. Çentik darbe deney numunelerinin hazırlanması.....	45
6.3. Vurma deney parçasının kaynak kütlesi içindeki durumu.	46
6.4. Charpy deneyi için deney numunesi.....	46
7.1. Çentik darbe deneyi sonuçlarının toplu olarak gösterimi.....	50
7.2. I.Grup elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin tokluk değerleri.....	51
7.3. I.Grup elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin kırık yüzey görünümü.....	51
7.4. II. Grup elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin tokluk değerleri.....	52
7.5. II. Grup elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin kırık yüzey görünümü....	52
7.6. III. . Grup elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin tokluk değerleri.....	53
7.7. III. Grup elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin kırık yüzey görünümü..	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri ve yaklaşık verimleri.....	9
6.1. Esas metalin kimyasal analizi	43
6.2. Ana metal ve kaynak bölgesi ölçüleri.....	43
7.1. Çentik darbe deneyi sonuçları.....	49



1. GİRİŞ

Örtülü elektrodlarla yapılan elektrik ark kaynağında kaynak metalinin mekanik özellikleri ; elektrod örtü bileşiminden, kaynak metaline komşu olan esas metalin mekanik özelliklerinden ve çevre şartlarından önemli ölçüde etkilenir. Genellikle her türlü ortamda çalışmaya maruz kalan kaynaklı yapılarda kullanılan malzemenin ve kaynak metalinin tok olması garanti edilmelidir. Bu nedenle kaynaktan sonra kaynak metalinde ve ısıdan etkilenen bölgede (ITAB) meydana gelebilecek tokluk azalmasından kaçınmak gerekmektedir. Alaşimsız ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında maksimum tokluk elde edebilmek için kaynak metalinin karbon yüzdesi % 1 'in altında tutulmalıdır. Karbon oranının düşük tutulması sebebiyle kaynak metalinin dayanımında meydana gelebilecek azalma, kaynak metaline katılan diğer alaşım elemanları ile dengelenmelidir. Ancak kaynak metalini aşırı alaşımlandırma da sert yapıların oluşumuna ve tokluğun azalmasına neden olacağından bu çeliklerin kaynağında manganez miktarını % 1,4 kadar artırmak kaynak metalinin tokluğunu arttırmaktadır. (Ertürk, 1994)

Kaynaklı bir parçanın veya konstrüksiyonun gevrek kırılma tehlikesini tahmin için çentik darbe deneyi yeterli olabilir. Çentik darbe deneyinden elde edilen değerler herhangi bir konstrüksiyon hesabında gerekli olan değerler değildir. Fakat malzemenin gevrek kırılma meyilini tespit etmek için günümüzde geçerli olan bir yöntemdir. (Oğuz, 1989)

Diğer örtülü elektrodlarla göre düşük sıcaklıklarda yüksek sünekliğe sahip bazik elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin, değişik sıcaklıklarda Charpy çentik darbe deneyi ile tokluklarını inceledik. Deneylerde kullanılan elektrodlar ülkemizde üretim yapan Eczacıbaşı AS Kaynak, Gedik Holding ve Oerlikon firmalarının ürettiği ve bu firmaların birbirlerine karşılık gelen elektrodları kullanılmıştır. Kaynak metalinin elde edilmesi ve deneylerin yapılışı TS nin 269 ve 7706 nolu standartlarına göre yapıldı. Numuneler hazırlanırken kaynak metalini en iyi şekilde temsil edebilmesine özen gösterildi.

1.1. Kaynak Elektrodunun Tarihsel Gelişimi

İnsanların metal ve alaşımlarını kaynak yaparak birleştirme işlemleri çok eski çağlara dayanmaktadır. İnsanoğlu günümüzden yaklaşık 3500 yıl kadar önce, iki metal parçasını sıcak veya soğuk halde çekiçleyerek kaynak edip birleştirmeyi gerçekleştirmiştir. Demirci kaynağının, özellikle orta bronz devrine ait butür örneklerine dünyanın çeşitli müzelerinde rastlanılmaktadır.

Bütün endüstrileşmiş ülkelerde demircinin çekici ile yaptığı kaynak hemen hemen tarihe karışmıştır ve kaynak yönteminin endüstriyel uygulamaları 20. yüzyılın başlarında olmuştur. 1801 yılında keşfedilen elektrik arkı, 1801-1806 yılları arasında karbon elektrik arkının bulunması ile kaynak yapılmaya başlandı. Kaynağı ilk defa Benordes ve arkadaşları karbon elektrodlarla kaynak yapmayı başarmışlardır. Metal çubuk elektrodlarla kaynağın yapılması ise 1889 yılında gerçekleşebilmiştir. Bu çubukla yapılan kaynakta düşük akım kullanıldığından, çevresel koruma tam olmadığı için sıçramalar ve kaynak dikişi üzerinde gözenekler oluşmuştur. Kaynakta oluşan bu ve buna benzer hataların giderilmesi amacıyla araştırmalar başlatılmıştır. Bunun sonucu olarak çıplak tel çubuk kireç suyuna batırılarak kullanılmaya başlanmıştır. Böyle bir uygulamada hataların belirgin olarak azaldığı görülmüştür. Yapılan araştırmalar neticesinde 1897 yılında ilk asit tipi elektrod yapıldı. Asit türü elektrod ile dikişin fiziksel görünümü de düzgünleşmiş oldu. İngiltere’de yapılan araştırmalarda elektrodun üzerine asbest sarılarak kullanılması 1905 yılında denendi. Diğerine göre daha olumlu sonuç vermesi nedeniyle Amerika’ya ihraç edilecek kadar önem kazandı. Elektrodun üzerine bez sarılması ile ilk defa selülozik elektrodların üretimleri de gerçekleşmiş oldu. Böylece örtülü elektrodların yapılması yolunda gerçek adım atılmış bulunmaktadır.

1930 lu yıllara gelindiğinde gelişme açısından iyi bir mesafe kateden elektrik ark kaynağının bir takım sorunları da vardı. Mesela 20 mm. ye kadar olan gereçlerin kaynağı oksî-gaz ile mümkün iken elektrik ark kaynağında kalın malzemelerin kaynağı olumsuz

neticeler veriyordu. Ark kaynağının oksî-gaza göre daha çok ekonomik olacağına inanan araştımcılar, ince ve kalın olarak rutil elektrodların yapımını gerçekleştirdiler. Rutil elektrodun bulunması ile kaynak dikişlerinde aşırı derecede değişiklikler olduğu gözlendi. En fazla araştırma İkinci Dünya Savaşı (1942-1944) yıllarında yapıldı. Bu araştırmalar sonucunda da yüksek mukavemet ve derin nüfuziyet özellikleri arzeden demir tozlu ve bazik elektrodların yapımı sağlandı. (Anık v.d. 1991; Adsan v.d. 1984)



2. KAYNAK ELEKTRODLARININ SINIFLANDIRILMASI

Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodlar, kaynağın amacına göre birleştirme ve dolgu kaynağı elektrodları olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Birleştirme kaynağında kullanılan elektrodların oluşturduğu kaynak metalinin yüksek dayanım değerine sahip, tok ve sünek olması ; buna karşın dolgu kaynağında kaynak metalinin sert ve aşınmaya dayanıklı olması istenir.

Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrodların bir grubu sadece ark oluşturmak, diğer bir grubu ise hem ark hem de ek kaynak metalini sağlamak amacıyla üretilmişlerdir. Bu bakımdan kaynak yönteminde kullanılan elektrodları, eriyen ve erimeyen elektrodlar olmak üzere de iki ana grup altında toplamak mümkündür. (Ertürk, 1994)

2.1. Erimeyen Elektrodlar

Bu elektrodlar sadece ark oluşturmak için kullanılır, gerekli hallerde kaynak metali, bir tel çubuk halinde, aynen oksii-asetilen kaynak yönteminde olduğu gibi kaynak bölgesine dışarıdan katılır. Elektrik ark kaynağında bu tür elektrodlar karbondan ve tungstenden yapılır.

Karbon elektrodları, genellikle dairesel kesitli olup üç çeşittir. Amorf, grafit ve eltro-grafit elektrodlar gibi. Amorf elektrodlar, toz haline getirilmiş kok, grafit veya antrasit kömürlerinin bir yapıştırıcı madde ile birlikte yüksek basınç altında preslenmesi neticesinde elde edilir. Yapıştırıcı madde olarak daha ziyade sıcak katran kullanılır. Presleme işleminden sonra fırında kurutulur. Tamamen dolu amorf çubuklara homogen karbon elektrod adı da verilir.

Grafit ve elektro grafit çubuklar yalnız grafit kömüründen imal edilir. Daha toz ve sıkı bir yapıya sahiptir. Bunlar amorf elektrodlerden daha yüksek akım şiddetiyle yüklenir. Ömürleri de amorf çubuklardan daha uzundur. En ucuzları amorf ve en pahalıları da elektro grafit elektrodlerdir. (Anık, 1980)

Tungsten elektrodler, koruyucu gaz atmosferi altında yapılan kaynak usullerinde kullanılmaktadır. İlk olarak doğrudan doğruya saf tungsten elektrodler kullanılmış olup, toryumla ve zirkonyumla alaşımlandırılmış elektrodler geliştirilmiştir. (Anık, 1980)

2.2. Eriyen Elektrodler

Bu elektrodler hem arkın oluşmasını ve hem de eriyerek gerekli kaynak metalini sağlarlar. Çeliklerin kaynağında kullanılan çıplak, özlü ve örtülü olmak üzere üç ayrı türde üretilirler.

2.2.1. Çıplak elektrodler

Bu elektrodlerle kaynak yaparken dikişi havanın oksijen ve azotun tesirinden korumak mümkün değildir. Azot kaynak dikişinin mukavemet ve sertliğini artırmasına rağmen , sünekliğini düşürür. Oksijen de dikişin mekanik özelliklerini fenalaştırır ve alaşım elemanlarının yanmasına sebep olur. Dolayısıyla böyle dikişlerin şekil değiştirme kabiliyeti azdır. İri damlalar halinde eriyen ve nüfuziyeti az olan çıplak elektrodlerin kaynak işlemide zor icra edilir. Yalnız doğru akımda negatif kutba bağlanarak kaynak yapılır. (Anık, 1980)

Ayrıca bu tür elektrodler, belirli alaşımlardan hazırlanmış, tozaltı, MIG-MAG kaynağı için bobine sarılmış, TIG ve oksii-asetilen kaynağı için belirli boylarda kesilmiş dolu tel çubuklardır.

2.2.2. Özlü elektrodlar

Bu elektrodalarda bir tür çıplak elektroddur, yalnız bunlar bir boru şeklinde üretilmiş ve içlerinde öz diye adlandırılan, arkın stabilizasyonunu ve kaynak metalinin alaşımınmasını sağlayan bir madde vardır. Bu maddenin yanması ile oluşan gaz dolayısıyla havanın, kaynak banyosuna olumsuz etkisi daha azdır. (Anık v.d., 1991). Kaynak hem doğru akımla hem de negatif akımla yapılabilir. İri damlalar halinde erir ve orta irilikte bir nüfuziyet sağlar. Kaynak işleri çiplat elektrodla nisbeten daha kolaydır. (Anık, 1980)

2.2.3. Örtülü elektrodlar

İlk defa, İsveçli Oscar Kjelberg tarafından 1904 yılında üretilmiş olan örtülü elektrodalarda, çıplak kaynak telinin üzerine sarma, daldırma ve ekstrüzyon ile geçirilmiş bir örtü maddesi vardır.

2.2.3.1. Elektrod Örtü Maddeleri

Bir elktrodun kaynak karakteristikleri tümü ile bu örtünün bileşiminin etkisi altındadır. Yığılan kaynak metal miktarı, kaynak dikişinin nüfuziyeti ile bir dereceye kadar da bileşimi, bu örtü bileşimi ile kontrol altına alınabilir. Kaynak dikişinin formu, konkav veya konveksliği, yüzey düzgünlüğü gibi özellikler yine örtü bileşimi değiştirilerek istenen yönde ayarlanabilmektedir. Elektrod örtüsünün sağladığı yararları şu şekilde sıralayabiliriz;

- . Arkın tutuşmasını ve oluşumunu kolaylaştırır. Böylece kaynağın hem doğru hem de alternatif akımda yapılması sağlanmıştır.
- . Eriyen metal damlalarının yüzey gerilimlerine ve vizkozitelerine etkiyerek, tavan ve düşey kaynaklarda çalışmayı kolaylaştırır.

- . Koruyucu bir gaz atmosferi meydana getirerek kaynak dikişini atmosferin olumsuz etkilerinden korur.
- . Kaynaktan sonra dikişin üzerini bir curuf tabakası ile örterek dikişin yavaş soğumasını sağlar.
- . Erimiş kaynak banyosunu dezokside eder. Gerektiği hallerde kaynak dikişini alaşımlandırır. (Anık, 1980)

Elektrod standartları, elektrodun kullanma karakteristiğini, kaynak metalinin mekanik özelliklerini ve bazen de kaynak metalinin analiz sınırlarını belirtir. Kaynak elektrodları üretiminde en fazla kullanılan örtü maddelerini şu şekilde sıralayabiliriz. (Anık v.d., 1991)

A. Curuf Oluşturan Maddeler: Kaynak banyosu üzerinde bir curuf oluşturarak, erimiş metalin çabuk soğumasını önlemek ve havanın zararlı etkisinden korunmak için katılan bu maddeleri dört grupta toplayabiliriz.

1-Karbonatlar: Elektrod örtüsü üretiminde curuf oluşturmak üzere genellikle kalsiyum ve magnezyum karbonat veya bunların karışımı gibi suda çözünmeyen türden mineraller kullanılır. Suda çözülen bileşikler bağlayıcı olarak kullanılan cam suyunun bozulmasına neden olduklarından örtü bileşeni olarak kullanılmazlar. Stronsiyum ve Baryum karbonat da bazı hallerde, belirli miktarlarda örtüye girer. Potasyum ve Sodyum karbonat ise % 1'den az olarak kullanılır.

2-Silikatlar: Curuf oluşturmak amacı ile 1400 °C altında eriyen her türlü silikat örtüye katılabilir. Temini güç ve pahalı silikatlar örtüye ek bir özellik kazandırmadıklarından, bu iş için genellikle, kuartz ve feldpast (Potasyum/Sodyum/Alüminyum-Silikat) gibi kolaylıkla sağlanabilen türler kullanılır.

3-Oksitler: Bu tür örtülerde, titandioksit ve demiroksit curuf oluşturan bileşiklerdir. Magnetit, hematit, ilmenit, rutil bu oksitlerin doğada var oldukları şeklidir. Manganez, alüminyum, silisyum, krom gibi bazı metallerin oksitleri de örtüye katılabilirler.

4-Fluorürler: Bunlar genellikle suda çözüldüklerinden, ancak bazı türleri örtü içinde kullanılabilir. Kullanılan fluorürler içinde fluspat (kalsiyum fluorür) en önemli yeri tutar. Örtü içinde kullanılan bir diğer fluorür de kriyolittir (sodyum/alüminyum fluorür). (Anık v.d.,1991)

B.Arkı Stabilize Eden Maddeler: Potasyum bileşikleri, potasyum okzalat, zirkonyum karbonat, lityum karbonat ve titan bileşikleri arkın stabilizasyonunu ve alternatif akımda arkın sürekliliğini sağlamak amacıyla örtüye katılan maddelerdir.

C.Gaz Atmosferi Oluşturan Maddeler: Kaynak bölgesini havanın olumsuz etkilerinden korumak için ark sıcaklığında ayrışmaya uğrayarak veya yanarak koruyucu gaz örtüsü oluşturmak amacı ile örtüye selüloz, kireçtaşı, odun tozu, dekstrin katılır.

D.Ekstrüzyon işlemini Kolaylaştırıcı Maddeler: Gliserin, talk, kaolen, bentonit mika.

E.Bağlayıcı Maddeler: Sodyum silikat, potasyum silikat, dekstrin, şeker.

F.Örtüye Dayanım Kazandıran Maddeler: Örtüye, kuruma sırasında ve kuruduktan sonra dayanımını artırmak amacı ile bağlayıcı elemanların yanısıra asbest gibi elyafli mineraller de katılır. Sağlık nedeniyle asbestin insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkileri göz önünde bulundurarak, yerine mika gibi pul pul levhacıklar halinde mineraller katılmaktadır. Bunların miktarı, örtü türüne göre değişmekle beraber genellikle çok azdır. Bu mineraller birer silikat oldukları için kaynak esnasında curufa geçer ve curuf yapıcı bir bileşen rolünü oynarlar. (Anık v.d., 1991)

Çizelge 2.1- Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri ve yaklaşık verimleri (Anıkv.d., 1991.)

Alaşım elementi	Örtü için de alaşım formu elementleri	Alaşım elemanlarının verimi (%)
Karbon	Grafit	75
Manganez	Ferromangan	75
Fosfor	Ferrofosfor	100
Kükürt	Demirsülfür	15
Silisyum	Ferrosilisyum	45
Krom	Ferrokrom	95
Nikel	Elektrolit Nikel	100
Bakır	Bakır	100
Niyobyum	Ferroniyobyum	70
Titanyum	Ferrotitan	5
Molibden	Ferromolibden	97
Vanadyum	Ferrovanadyum	80
Berilyum	Bakır-Berilyum alaşımı	0
Bor	Ferrobron	2
Azot	Nitritli manganez	50
Tungsten	Ferrotungsten	80
Alüminyum	Ferroalüminyum	20
Zirkonyum	Nikel-Zirkon alaşımı	5

G.Dezoksidasyon ve Alaşımlama Yapan Maddeler: Ferrosilisyum, ferromanganez, elektromanganez, ferrokrom, ferromolibden, ferroniyobyum dezoksidasyon işlemini gerçekleştirmek ve alaşımlama yapmak amacıyla katılan maddelerdir.

Elektrod örtüsüne katılan alaşım elementleri, kaynak sırasında kaynak metaline, elementin türüne göre, ancak belirli bir oranda geçerler. Bu nedenle, elektrod üretilirken örtüye katılan alaşım elementlerinin verimleri gözönüne alınır. Çizelge 2.1'de elektrotörtüsüne katılan alaşım elementlerinin kaynak dikişini alaşımlandırma verimleri verilmiştir.

Bu alaşım elementleri 100-148 meşlik bir elekten geçebilecek şekilde toz haline getirildikten sonra örtü pastasına eklenir. Alaşım elementlerinin toz taneleri ufaldıkça, alaşımlandırma verimi de o oranda artar. Günümüzde bazen alaşımlı kaynak dikişi elde etmek için, alaşımlı tel yerine normal tel ve alaşım elementi içeren bir örtü kullanmak çok daha ekonomik olmaktadır. Bu tür örtülü elektrodla sentetik elektrod adı verilmektedir.

2.2.3.2. Örülü Elektrodların Sınıflandırılması:

TS 563'e göre elektrodla, örtülerinin çeşitlerine on tipe ayrılırlar:

Asit (demir oksit)	A
Asit (Rutil doğal titandioksit).....	AR
Bazik	B
Selülozik.....	C
Rutil (orta örtülü).....	R
Rutil (kalın örtülü).....	RR
Rutil Bazik örtülü (kalın)	RR(B)
Bazik örtülü (rutil katkı)	B(R)
Rutil- Selüloz. (kalın)	RR(C)
Rutil- Selüloz (orta).....	R(C)

(TSE, 1989)

DIN 1913'e göre örtülü elektrodların örtü tipleri yirmi iki tipe ayrılır ve buna göre işaretlenirler:

Asit (ince)	A2
Rutil (ince).....	R2
Rutil (orta).....	R3
Rutil-Selülozik (orta)	R(C)3
Selülozik (orta)	C4
Rutil (kalın)	RR5
Rutil-Selülozik (kalın)	RR(C)5
Rutil (kalın)	RR6
Rutil-Selülozik (kalın)	RR(C)6
Asit (kalın).....	A7
Rutil-Asit (kalın)	AR 7
Bazik-Rutil (kalın)	RR(B)7
Rutil (kalın).....	RR8
Bazik-Rutil (kalın)	RR(B)8
Bazik (kalın).....	B9
Bazik (bazik bileşen içermeyen) (kalın)	B(R)9
Bazik (kalın)	B10
Bazik (bazik bileşen içermeyen)	B(R)10
Rutil (min. %105 verimli) (kalın)	RR11
Rutil-Asit (min. %105 verimli) (kalın)	AR11
Bazik (min %120 verimli) (kalın).....	B12
Bazik (bazik bileşen içermeyen ve min. %120 verimli) (kalın)	B(R) 12

AWS A5.1-81 e göre 15 çeşittir. Bunlar;

ÖRTÜ TİPİ	SINIFI
Selülozik sodyum	E6010
Selülozik potasyum	E6011
Rutil, sodyum	E6012
Rutil, potasyum.....	E6013
Demir oksit.....	E6020
Demir oksit.....	E6022
Demir oksit, Demir Tozu.....	E6027
Rutil, Demir Tozu.....	E7014
Bazik sodyum.....	E7015
Bazik potasyum.....	E7016
Bazik, Demir Tozu, Potasyum.....	E7018
Rutil, Demir Tozu.....	E7024
Demir Oksit, Demir Tozu.....	E7027
Bazik, Demir Tozu, Potasyum.....	E7028
Bazik, Demir Tozu, Potasyum.....	E7048

Örtünün karakterini belirlemede kriter B bazlık derecesi (bazidite) olup bu şöyle ifade edilmektedir:

$$B = \frac{(CaO + MgO + MnO + K_2O + Na_2O)}{(SiO_2 + TiO_2 + ZrO_2)}$$

B=1 : Asit Karakter

B=1-2.5 : Nötr Karakter

B=2.5-3 : Bazik Karakter

Formülü oluşturan oksitler ise şöyle ayrılırlar:

Bazik oksitler	Asit oksitler	Anfoter oksitler
CaO	SiO ₂	AlO ₃
MgO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
MnO	ZrO ₂	
K ₂ O		
Na ₂ O		

(Oğuz,1989)

Elektrod örtüleri hazırlanırken bu maddeler belirli miktarlarda karıştırılır ve daha önce belirtilmiş yöntemlerden birisi uygulanarak elektrod çekirdeğine sıvanır. Bu maddelerin birbirine karıştırılmasında bazı kurallar vardır. Her tür elektrod örtüsü için özellikle ana bileşenlerin bazı oranlar çerçevesinde kalmaları gerekir. Aksi halde elektrod örtüsü kendinden beklenen özellikleri sağlayamaz. (Anık v.d.1991)

1.Rutil elektrodlar: Bu tür elektrodalarda örtü ağırlığının yaklaşık 1/3'ünü titandioksit oluşturur. Bununla beraber elektrodların kullanılabilirliğini kolaylaştıran iyonlaştırıcı maddeler içerirler. Örtülerinde ayrıca karbonatlar, feldspat, metal oksitleri, kuvarz, ferroalaşım ve bağlayıcı olarak da sodyum ve potasyum silikat içerirler. Farklı örtü kalınlığında üretilen rutil elektrodalarda (ince, orta, kalın ve çok kalın) curufun şekli örtünün kalınlığı ve içindeki elementlere ve miktarlarına bağlıdır. (Oğuz, 1989)

2.Oksit Elektrodlar: Örtüsünde fazlca miktarda demir oksit içeren oksit elektrodların kaynağı oldukça akıcıdır ve düzgün görünüşlü dikişler elde edilir. İçerisinde bulunan manganın ark esnasında büyük bir kısmı yandığından kaynak dikişinde mangan değeri oldukça az olur. Daha çok düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında kullanılan oksit elektrodların sıcak çatlamaya meyli, diğer elektrodlara göre daha fazladır ve aralık doldurma kabiliyeti de azdır. Hem alternatif hem de doğru akımda çalışabilen bu elektrodlar rutubete fazlaca hassasiyet duymadıklarından kolayca muhafaza edilebilirler. (Oğuz, 1989)

3.Selülozik Elektrodlar: Bu elektrodların % 30'undan fazlasını ağaç talaşından oluşan selülozik madde oluşturur. Ayrıca bu elektrodlar yandığında CO₂ ve hidrojen gazı açığa çıkar. Açığa çıkan bu gazların insan sağlığına zararlı olmasından dolayı kapalı yerlerde kullanılması sakıncalıdır. (Cary, 1980) Yüksek iyonizasyon potansiyeline sahip hidrojen ve CO₂ in bulunması sonucu ark voltajı yüksek olup bir dereceye kadar derin nüfuziyet meydana getirebilirler. Dikişi kaba bir yüzeye sahip olup sıçramalar diğer elektrodlara göre daha fazladır. İyi bir aralık doldurma kabiliyetine sahip selülozik elektrodlar röntgen muayenesinde de iyi sonuçlar verirler. Hem alternatif hem de doğru akımda kullanılabilme özelliğine sahip bu elektrodlar her pozisyonda kaynak edilebilirler. (Oğuz, 1989)

4.Özel Elektrodlar: Derin nüfuziyet elektrodları olarak da adlandırılan bu elektrodlar daima kalın örtülüdür. Bu elektrodlarla yapılan ark kaynağı, diğerlerine göre, işlemin hızını artıran, gerekli kaynak mukavemetini artırmak için daha yüksek ark nüfuziyetinin üstünlüklerinden istifade eden ve netice itibariyle kaynak işleminin maliyetini düşüren bir ark kaynağı tekniğidir.

Bazı hallerde kaynak ağzından vazgeçebilme imkanı, tersten kök pasoyu temizleme gereksiniminin olmaması, daha az enerji sarfiyatı, yatay ve düz köşe alın kaynağında daha az elektrod sarfiyatı, derin nüfuziyetli elektrodların faydaları olarak sıralayabiliriz. (Anık v.d. 1991)

5.Bazik Elektrodlar: Düşük hidrojenli elektrodlar diye de adlandırılan bazik elektrodlar ile elde edilen kaynak metalin düşük sıcaklıklarda da yüksek mukavemete sahiptir.Diğer elektrodlara göre birçok yönden üstün özellik arzeden bazik elektrodlar hakkında detaylı bilgi 3. Bölümde yer almaktadır.

3. BAZİK ELEKTRODLAR

İlk olarak II. Dünya savaşı sırasında zırlı plakaların kaynağı için geliştirilerek bulunmuştur. Örtüsünde yüksek oranda kalsiyum karbonat veya kalsiyum florid içeren bu tip elektrodlar düşük hidrojenli elektrodlar diye de adlandırılırlar. Bu örtünün bileşiminde bulunan karbonatlar yalnız başına kullanılmazlar. Kullanıldığı durumda meydana gelen cüruf kaynak metalini örtemez. Kalsiyum florür cürufa, kaynak metalini ıslatma ve banyoyu oksidasyondan ve gaz emişinden diğer cüruf yapıcı minerallere oranla daha iyi korur. Örtüsünde ayrıyeten toprak alkali karbonatları ile cürufu sıvı iken oldukça akışkan olduklarından, bu akışkanlığı engellemek için örtüye bir miktar silikat veya rutil katılmaktadır. Yine bu akışkanlığı önlemek amacıyla örtüye zirkonyum oksit veya zirkonyum silikat katılır. Örtüsü böyle olan elektrodlara zirkon bazik adı verilir. Örtüye zirkonyum oksit veya silikat yerine rutil veya ilmenit katılması ile cürufun akıcılığını ayarlamak mümkündür. Ancak bu durumda örtü, bazik türden çok içine kalsiyum florür katılmış rutil tipi elektrod özelliği taşımaktadır. Bugün bu tür örtüsü olan elektrodlara rutil bazik adı verilir. (Anık v.d.,1991)

Bazik elektrodlar doğru akımlı kaynak makinalarında daima artı kutupta kutuplanır. Bunların bazı tipleri de alternatif akımda kullanılabilir. Mekanik özellikleri diğer tiplerinkine göre üstündür. İyi bir aralık doldurma kabiliyetine sahip bu elektrodlarda sıcak veya soğuk çatlama karşı bir hassasiyeti olmamakla beraber 0°C nin altında kaynak yapabilme imkanı verirler. Özellikle 0°C nin altındaki sıcaklıklarda çentik darbe mukavemeti oldukça iyidir. Yukarıda da bahsedildiği gibi diğer elektrod tiplerine göre daha iyi mekanik özelliklere sahip kaynak dikişi elde edilen bu elektrodlarda aynı zamanda elde edilen kaynak metalini zaman içinde muhafaza etme kabiliyeti oldukça iyidir.(Oğuz, 1989)

Bazik elektrodların örtülerinde, bağlayıcı olarak kullanılan sodyum veya potasyum silikatın içindeki nemi tamamen yok edebilmek için bu elektrodlar $250-300^{\circ}\text{C}$ lik kurutma işlemine tabi tutulurlar. Ayrıca örtü higroskopik özelliğe sahip olduğundan dolayı, bu

elektrodları kullanmadan önce en az iki saat 250°C de tutulmalıdır ve kuru yerde muhafaza edilmelidir. (Anık v.d. 1991)

Nemli bir elektrodun kolaylıkla boşluklar (gözenekler) oluşturduğu bilinir; bu eğilim diğerlerine göre az hidrojen içeren bazik elektrolarda daha belirgindir. Gerçekten kaynaktan boşlukların çıkması için bazik örtü ağırlığının %0,35 mertebesinde rutubet yeterlidir.(Oğuz 1987)

Örtüleri iyi bir şekilde kurutulmuş bazik elektrodlar düşük hidrojen oranlı dikişler verirler. Uluslararası Kaynak Enstitüsü yapmış olduğu deneylerde hidrojen azamisini şu şekilde tesbit etmiştir: Selülozik elektrolarda sıvı halde hidrojen doymuşluğu 100 gr. metalde 27 cm.³ dür. Oksit ve rutil örtülerde toplam hidrojenin oranı doymuş hidrojen oranının yarısı yani 100 gr. metalde 12 ile 15 cm.³ dür. Bazik örtüde ise toplam hidrojen 100 gr. Metalde 8 cm.³ ü geçmez. Özlü elektrolarda ise bunun yarısı kadardır. Ayrıca yayılabilen hidrojenin toplam hidrojene göre yüzdesi selülozik ve rutil elektrolarda yaklaşık % 50, oksitlerde %10, baziklerde % 20-25 mertebesinde dir.(Oğuz 1987).

3.1. Bazik Elektrodların Kullanım Alanları

Bütün kaynak pozisyonları için uygun olan bazik karakterli örtülü elektrodların genel olarak kullanım alanları; gemi sanayi, kazan ve basınçlı kap, makina, çelik konstrüksiyon ve donanım sanayi olup bununla beraber;

- . Bileşimi bilinmeyen karbonlu ve hafif alaşımlı çeliklerin her türlü birleştirilmesinde,
- . Karbon, kükürt, azot gibi elementleri yüksek miktarda içeren çeliklerin kaynağı,
- . Çatlama hassasiyeti bakımından kalın kesitlerin (50 mm. den yukarı) kaynağı,
- . Farklı oranda karbon içeren çeliklerin birleştirilmesi,
- . Rijit konstrüksiyonların kaynağında,

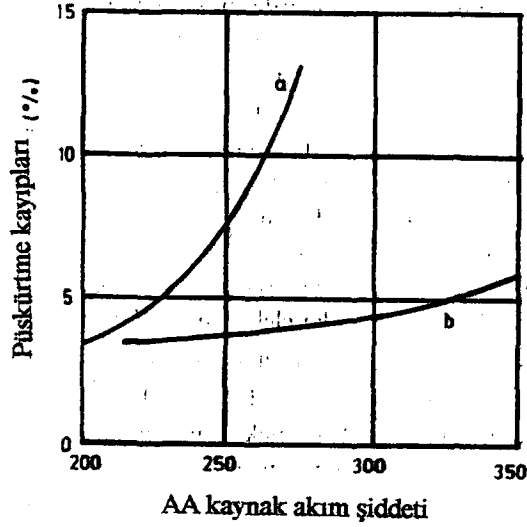
. O °C nin altındaki sıcaklıklarda çalışan makina, donanım ve yapıların kaynağında.
 .Gazı alınmamış, dezokside olmamış çeliklerin röntgen muayenesine tabi tutulacak kaynakları.(Amık v.d. 1991)

3.2. Bazik Elektrodların Kullanılmasında Dikkat Edilecek Hususlar

Diğer elektrod tiplerine göre genelde üstün özellik arz eden bazik elektrodlar ancak belli kurallara uyulduktan sonra müsbet neticeye ulaşılabilir. Bu kuralları şöyle sıralayabiliriz: öncelikle neme hassasiyeti olan bu elektrodlar kullanılmadan önce en az iki saat 250 °C de kurutulmalıdır. Kurutulan elektrodlar fırından çıktıktan sonra, alaşımli çeliklerin kaynağı gibi özellikle ağır uygulamalarda , ençok bir saat içinde tüketilmelidir. Bu süre deniz kıyısı gibi aşşırı nemli ortamlarda (tersanelerde) çok daha kısa tutulmalıdır.

. Akım Şiddeti: Bazik elektrodlarla yapılan kaynaklarda, akım şiddeti, diğer türlere oranla daha yüksek tutulabilir. Bu yüksek akımın en belirgin faydası, kolay tutuşmasını kolaylaştırır ve kaynak banyosunun daha uzun süre sıvı halde kalmasını sağlar. Böylece gazlar kolaylıkla dışarı çıkar ve dikişin gözeneksiz olmasını sağlar. (Amık v.d. 1991) Ancak yüksek amperde püskürme-sıçrama kayıpları fazladır. Örtüye %5 ile %50 arasında demir tozu katılmakla sıçrama kayıpları enaza indirilmeye çalışılır. (Oğuz 1989).

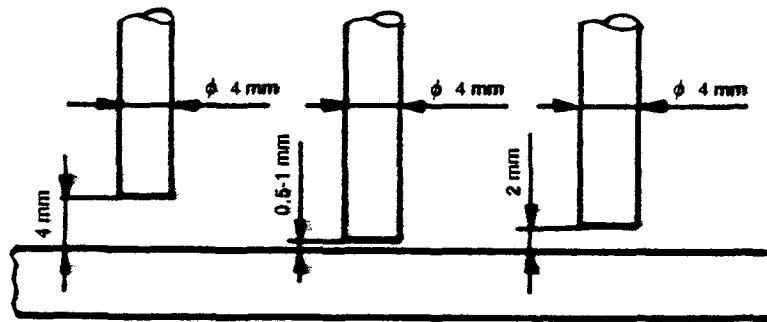
Akım şiddetinin kontrolünde ayrı bir ampermetrenin kullanılması oldukça önemlidir. Çünkü kaynak makinaları üzerindeki skala bölüntüleri yeterli hassasiyetde değildir.



Şekil 3. 1 ϕ 5 mm. elektrodlar için kaynak akım şiddeti / püskürtme kayıpları eğrileri
a- Normal alçak hidrojenli örtü b- Aynı örtü %50 demirtozu ilavesiyle (Oğuz, 1989)

Rutil ve asit karakterli elektrodlarda, kaynak sırasında elektrodu tutuş açısı 45° iken bazik karakterli elektrodlarda bu açı $85-90^\circ$ olmalıdır.

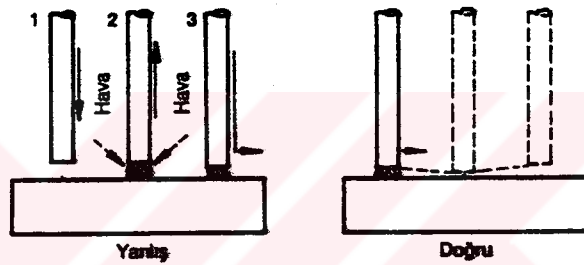
Ark Boyu: Bazik elektrodlarla yapılan kaynak işleminde ark boyu kısa tutulmalıdır. Aksi takdirde ayrışan kalsiyum karbonatın oluşturduğu CO_2 atmosferi banyoyu koruyamaz. Ark boyunun çok kısa tutulması halinde de kaynak bölgesinde gereğinden fazla esas metal erimesine neden olur. Uygulamada en uygun ark boyu, elektrod tel çapının yarısı kadardır.



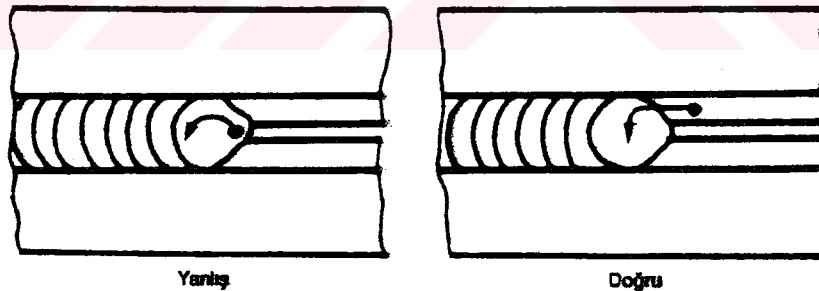
Yanlış , Yanlış , Doğru

Şekil 3. 2 Bazik elektrodlarla yapılan kaynakta ark boyu (Anık, 1991)

Arkın Tutuşturulması: Bazik elektrodlar ile kaynak yaparken ark, daha 3nceden bitmiş elektrodun kraterinden beş, altı mm. kadar yan veya 3n tarafta tutuşturulmalı ve bir 3nceki elektrodun c3rufu temizlenmiş olan kraterine getirilerek kaynağa devam edilmelidir, aksi halde elektrod ucunun kraterin c3rufuna dalması g3zenek oluşmasına neden olur. Tutuşturma, elektrod parça ile temas ettirilip geri çekilerek yapılmalıdır. Aynen bir kibrit yakar gibi tutuşturulmalı ve parçaya teğet olarak çekilip, kaynak yapılacak yere g3t3r3lmelidir. Buna dikkat edilmezse kaynak banyosu hava emebilir, bu da g3zenek oluşmasına neden olur. (Anık v.d. 1991).



şekil 3.3. Bazik elektrodlarla yapılan kaynakta arkın tutuşturulması (Anık, 1991)



şekil 3.4. Bazik elektrodlarla kaynak yaparken elektrodun, kraterin 3n kısmında tutuşturulması

Kaynak Hızı: Bazik elektrodlarla yapılan kaynaklarda kaynak hızı, rutil ve asit karakterli elektrodların kaynak hızının yaklaşık 2/3 ü kadardır. Kaynak hızının yüksek olmamasından dolayı dikiş genişliği artacağından, bu genişliğin sınırlandırılmış olduğu hallerde bir küçük çaplı elektrod seçilecektir. (Anık v.d.1991).

Cürufun Temizliği: Bazik elektrodlarda cürufun temizlenmesi diğerlerine göre daha zordur. Özellikle kök pasolarda cürufun temizliği daha da zor olur. Hızlı çekilen pasolarda dikiş, cüruf tarafından tam olarak örtülemez ve kenarlarda ortaya çıkan yanma oluklarına birikerek temizlenmesi güçleşir. Normal hızla çekilen pasolarda dikişin biçimi daha düzgün olur ve cüruf tabakası kalın olduğundan kolaylıkla temizlenir.

Bazik Elektrodlarla Puntalama: Kaynatılacak parçalar kaynak işleminden önce puntalanması gerekir. Bu iş için de çoğu kez elektrod artıkları kullanılmaktadır. Bazik elektrodlar şiddetli higroskopik olduklarından bu artık elektrodlar kolaylıkla nem kapmakta ve uç kısmındaki katılaşmış cüruf artığı kırılırken örtü de zedelenmektedir. Bunlar ise punta bağlantısında gözenek oluşmasına neden olmaktadır. Aslında bazik elektrodlarla puntalama yapılmamalıdır. Malzeme, kimyasal bileşim açısından uygunsuzsa puntalama rutil elektrodlarla yapılmalıdır. Gözenekli puntalar, kaynağa başlamadan önce mutlaka temizlenmelidir. Eğer mümkünse puntalama yerine bağlantı elemanları kullanılmalıdır. (Oğuz , 1989)

4. TOKLUK ve KIRILMA

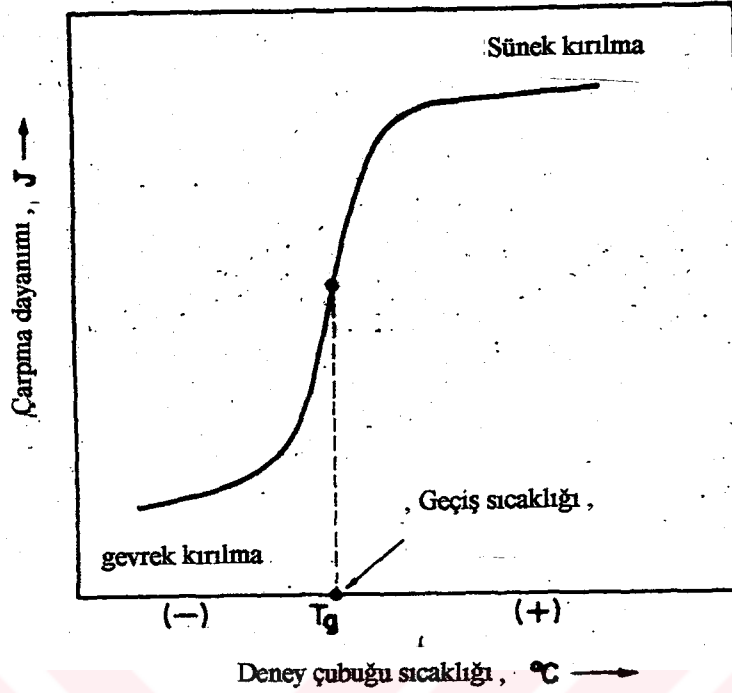
4.1. Tokluk

II. Dünya savaşı sırasında Amerikan Liberty türü kaynaklı gemilerin Amerika'dan Avrupa'ya Atlantikte yük taşırken kış koşullarında kaynak bağlantılarının ikiye bölünmeleri sonucu tokluk özelliği üzerine geniş çapta ilk araştırmalar başlatılmıştır.

Tokluk, çeliklerin çarpma davranımlarını belirleyen özelliktir. Zor kırılan yani çarpma dayanımı yüksek olan çeliğin tokluğu yüksek; kolay kırılan yani çarpma dayanımı düşük olan çeliğin tokluğu ise düşüktür. Çarpma yükleri altında kolay kırılmayan tokluğu düşük çelikler ise gevrek davranım gösterir.

Çarpma deneylerinde özel durumlar dışında, her zaman çentikli deney çubukları kullanıldığından bazı yerlerde "tokluk" yerine "çentik tokluğu" deyimi kullanılır. Çarpma deney sonuçları Charpy V yada çentikli İzod belirtildiği sürece yalın "tokluk" deyimi bu özelliği anlatmak için yeterlidir. Çok soğuk havalarda ve büyük dalgaların çarpmaları sonucu, kaynaklanmış çelik gemiler gevrek davranım göstererek gevrek kırılmaya uğramışlardır. Olağan olarak sünek davranım göstermesi gereken düşük karbonlu çelik belirli koşullarda gevrek davranıma geçmektedir. İşte bunu daha iyi anlayabilmek için çarpma deneylerinden yararlanılmıştır.

Standart çarpma deney çubukları kullanılarak çelikler üzerinde değişik sıcaklıklarda çarpma deneyleri yapıldığında, çarpma dayanımı veya tokluk değerinin sıcaklığa göre değişimi şekil 4.1. de gösterilmiştir. Bu eğrinin iki belirgin özelliği hemen görülür: Sade karbonlu çelikler ile düşük alaşımli makina yapı çelikleri belirli sıcaklık aralığında sünek davranım gösterirken düşük sıcaklıklarda gevrek davranım göstermektedir.

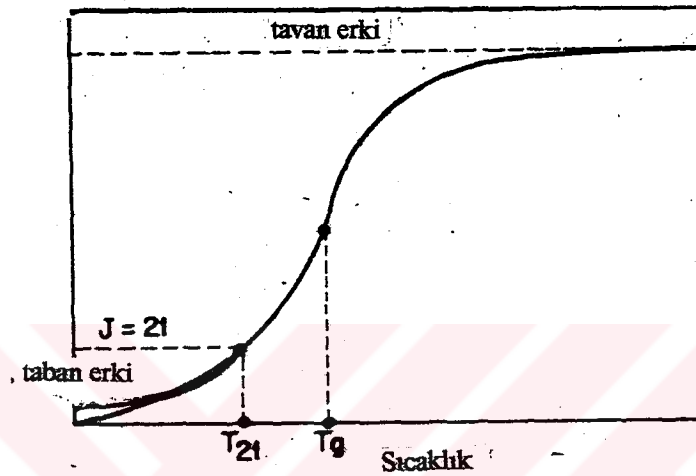


Şekil 4.1. Tokluk değerinin sıcaklıkla ilişkisi (Tekin, 1992)

Sünek davranım biçiminden gevrek davranım biçimine geçiş tek bir sıcaklık aralığında değil, Bir sıcaklık aralığı içinde olur.(Tekin 1992) Geçiş sıcaklığı çeliğin türü ve durumuna göre 70°K (-200°C) den başlayarak 300°K (30°C) veya daha yukarı gidebilen geniş bir aralıkta değişir. Vurma deneyleri ile elde edilen bu değer de, diğerleri gibi konstrüksiyonlar için aynen geçerli olmaz. (Çapan, 1989)

Geçiş sıcaklığı kavramı oldukça faydalı ve yaygın kullanılmasına karşın, çeliğin davranımındaki geçiş farklılıklarını tam olarak yansıtmayabilir. Mesela geçiş sıcaklığının üstündeki sıcaklıklarda çelik sünek davranım, altındaki sıcaklıklarda ise gevrek davranım gösterecektir. Ancak geçiş sıcaklık aralığı geniş olan çeliklerde bu geçiş daha yavaş; dar alanlarda ise beklenmedik kırılmalara yol açacak biçimde birden olur. Kuzey Denizinde kış koşullarında kırılan petrol platformları ikiye ayrılan gemiler, kışın fırtınada çöken asma köprüler v.s. bunlara birer somut örnek olarak verilebilir.

Bu kadar önemli olan geçiş sıcaklığına daha kesin bir belirginlik sağlanması amacıyla başka tanımlar da gerçekleştirilmiştir. Özellikle gemi yapımında kullanılan düşük karbonlu çelikler için 21 J. değerine karşılık gelen sıcaklık, uygulamada geçiş sıcaklığı olarak anılır. Bu tanımlamadaki sıcaklık T21 olarak gösterilebilir.

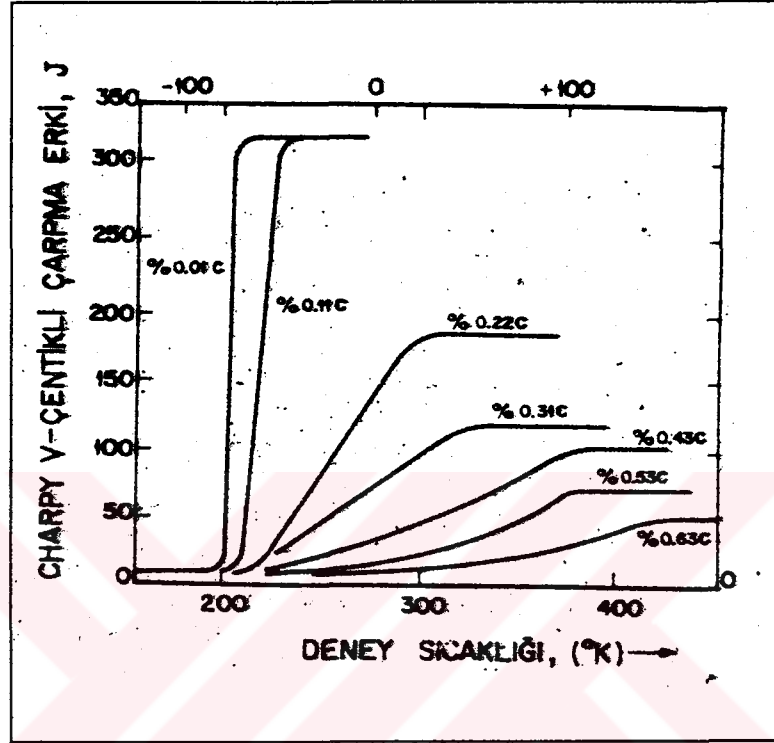


Şekil 4. 2. Geçiş sıcaklığı tanımları (Tekin, 1992)

Ayrıca geçiş bölgesinde büyük dağılımlar gösteren vurma değerleri alt bölgede yaklaşık 10 J. düzeyinde kalırken üst bölgede malzemenin durumuna bağlı olarak 100 J. ile 300 J. arasında değişir.(Güleç, 1993)

4.1.1 Tokluğa etki eden faktörler.

Yalın karbonlu çelikler ile düşük alaşımli çeliklerde karbon yüzdesi arttıkça Tg sıcaklığı da yükselir. Şekil.4.3. de yüzde karbon oranlarına göre deney sıcaklıkları ve tokluk özellikleri verilmiştir. Yüzde karbon miktarı azaldıkça tokluk artmaktadır. Düşük karbonlu çeliklerde Mn/C oranı 3/1 olmalıdır. Bu oran arttıkça Tg sıcaklığı da düşer. Fakat bu oran 7/1 'i geçmemelidir.



Şekil 4. 3 Karbon oranına göre tokluk değerleri (Mısır, 1991)

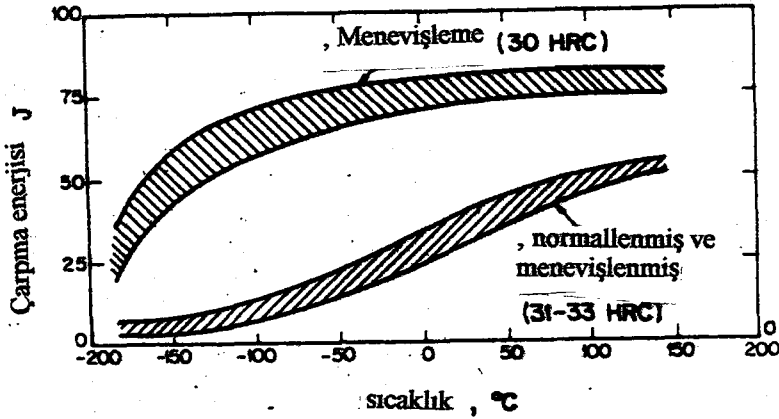
Geçiş sıcaklığını yükselten diğer önemli bir element fosfordur. Fosfor miktarındaki her %0,01 lik artış 20 Joule geçiş sıcaklığında 7°C civarında bir artışa sebep olur. Azotun darbe tokluğuna etkisi olumsuz yöndedir. %0.25 'in üzerindeki Silisyum miktarı geçiş sıcaklığını yükseltir. Molibden, tavllanmış çeliklerde T_g sıcaklığını düşürür, su verilmiş çeliklerde ise yükseltir.(Tekin, 1992)

Darbe tokluğu oksijen miktarından önemli ölçüde etkilenir. Yüksek safliktaki demir için %0,003'ün üzerindeki oksijen miktarı %0,001 den %0,057 ye çıktığında geçiş sıcaklığı -15° den 340° ye çıkar. Bu sebepten dolayı deoksidasyon geçiş sıcaklığını önemli derecede etkiler. Yüksek oranda demiroksit içeren çelikler (kaynar çelikler) genellikle oda sıcaklığının üzerinde bir geçiş sıcaklığına sahiptir. (Mısır, 1991)

Tane büyüklüğü küçüldükçe geçiş sıcaklığı da düşer. Yüksek oranda Si, Nf (özgür azot), yüksek perlit oranları ve iri tane geçiş sıcaklığını artıran veya bir başka deyişle tokluğu azaltan etmenler arasında sıralanabilir.

Çeliğin yapısı içindeki C ve N ile bileşebilen Al, Ti, V v.s. tane küçültücü elementlerin oluşturduğu çökelti bileşikleri, geçiş sıcaklığını düşürücü ve dolayısıyla tokluk özelliğini artırıcı bir etki meydana getirirler. Bununla beraber çökelti parçalarının biçimi, boyutu ve malzeme içindeki dağılımı da tokluğa etki eder. Çökelti parçaları ne kadar küçük, yuvarlak ve eş dağılımlı olursa tokluk o kadar yüksek olur. Küreselleştirme uygulanmış çelikler (% C < 0,5) buna en belirgin bir örnektir. Normal oda sıcaklığında küreselleştirme uygulanmış bu tür çeliklerin tavan erkleri, normalleştirme uygulanmış çeliklere göre %50 kadar daha yüksektir. (Tekin, 1992)

İç yapıyı oluşturan evreler de tokluğu etkileyen bir etmendir. Sertliği artıran martenzit, beynit ve perlit evreleri, diğer etmenler eşit olarak alındığında tokluğu düşürücü, ferrit ise artırıcı yönde etki eder. Eşit sertlik değerlerinde en iyi tokluk özelliğini temperlenmiş çelikler verir. Temperlenmiş çeliklerin tokluk özelliğinin diğer ısıl işlem uygulanmış çeliklere oranla daha yüksek oluşu, bir yandan martenziti ayrıştırıp ferrite dönüştürmesinden, diğer yandan da çok küçük ve eş dağılımlı karbür çökelmesine yol açtığındandır. Şekil 4. 4. de sertleştirilmiş bir karbon çeliğinde vurma değerinin temperleme sıcaklığıyla değişimi verilmiştir. 600-700 °C arasındaki maksimumdan sonra vurma değerinin düşmesi bu sıcaklıkların üzerinde bazı içyapı dönüşümlerinin başlamasından ileri gelir. (Tekin, 1992; Güleç, 1993)



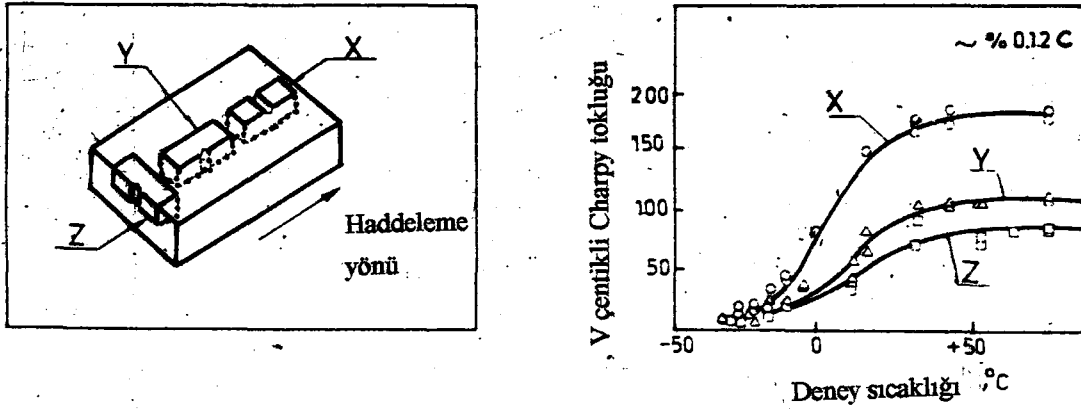
Şekil 4.4 Sertleştirilmiş bir karbon çeliğinde menevişleme sıcaklığının vurma işine etkisi (Tekin, 1992)

Östemperleme işlemi ile, bir çeliğin tokluğunu, aynı sertliği verecek normal sertleştirme ve temperleme işlemine oranla daha fazla artırmak mümkündür. Mesela zımba takımlarına östemperleme işlemi uygulandığında, bu takımların tokluklarında bir artış olmakta, ancak bu özelliklerinden nadiren istifade edilmektedir. (Tekin, 1987)

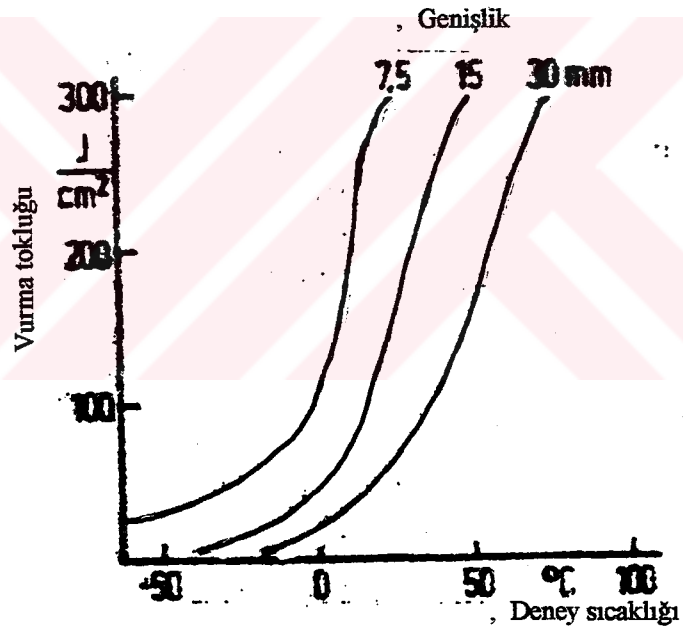
Haddelenmiş veya dövülmüş çeliklerin tokluk özelliği numunenin çıkarılış yönüne göre değişim göstermektedir. Şekil 4.5. de bu durum şöyle izah edilebilir: X ve Y konumları haddelenme yönüne paralel boyuna deney çubuklarını, Z ise haddelenme yönüne dikey enine deney çubuklarını gösterir. Haddelenme yönüne paralel çatlama ihtimali olan çeliklerde deney çubukları Z konumundaki gibi alınmalıdır.

Tokluğa etki eden bir başka unsur da parça büyüklüğüdür. Gevrek kırılma sorunu genellikle çeliğin büyüklüğü arttıkça artar. Büyük çelik parçaların yüksek geçiş sıcaklığı veya düşük çarpma dayanımını oluşturan iki nedenin olduğu kabul edilir: Büyük kütle, iç yapısında gerilim yükseltici kılcal çatlak v.s. içereceğinden bu yüksek gerilim durumu gevrek davranıma yol açar. Bir de büyük kütle daha yüksek gerilim enerjisi içereceğinden çatlak ilerlemesi için gereken yüzey enerjisi kolayca sağlanır ve çatlak oluşur. Şekil 4.6 da farklı

genişlikteki deney parçaları ile elde edilen "Charpy Tokluğu - Sıcaklık" eğrilerinden anlaşılacağı gibi geniş parçalarda geçiş sıcaklığı yüksek olur. (Tekin 1992)



Şekil 4.5 V-Çentikli Charpy Tokluğunun Deney çubuğu Konumuna Bağlı Olarak Değişimi (Tekin, 1992)



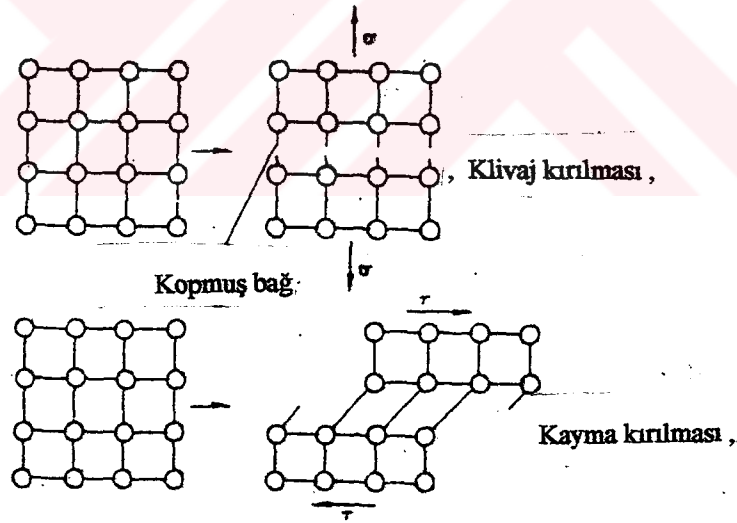
Şekil 4.6. Deney parçası genişliğinin vurma tokluğuna etkisi (Güleç, 1993)

4.2. Kırılma

Genelde kırılmanın beş tipi olduğu kabul edilir. Yorulma, sürünme, gevrek, sünek ve çevresel şartlardan dolayı kırılma. Ancak bu kısımda yorulma ve sünek kırılmanın sadece tarifini yapıp, özellikle gevrek ve sünek kırılma konuları üzerinde duracağız.

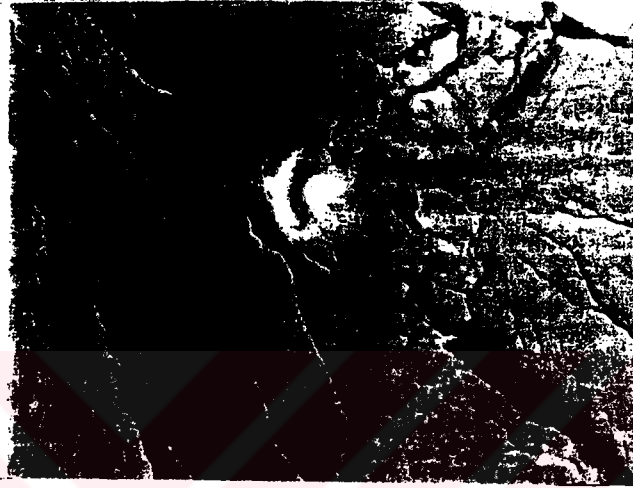
Kırılma, bir malzemenin gerilme altında iki veya daha çok parçalara ayrılması olarak tanımlanabilir. Kırılma, malzemede çatlak veya çatlakların başlaması ve yayılması ile ilgilidir ve çatlamanın yayılması ile ilgilidir ve çatlamanın yayılmasına kadar uygulanan yük bileşen veya yapı tarafından karşılanamayarak malzemede iki mekanizma sonucu meydana gelir.

Klivaj kırılması farklı kristalografik yüzeylerde normal gerilme tarafından meydana gelir ve ihmal edilebilir bir plastik deformasyon ihtiva eder. Kesme kırılması, kaymada meydana çıkar ve kesme gerilmelerinin etkisi altında ilerler. (Berham v.d. 1987)

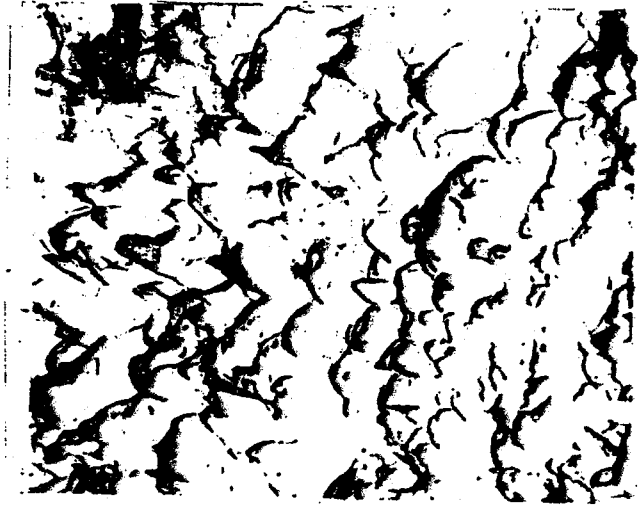


Şekil 4.7. Atomik seviyelerdeki kırılmayı gösteren şematik şekil (Tekin, 1987)

Klivaj kırılmasının çatlak ilerleme yönündeki akış çizgilerinin oluşturduğu karakteristik nehir paterni gösterdiği bulunmuştur (şekil 4.8) Kesme kırılması gamze şeklindedir ve küçük çukurlar göstermektedir (şekil 4.9).



Şekil 4.8. Bir klivaj kırılmasında nehir paterni x 2500 (Tekin, 1987)



Şekil 4.9. Bir kesme kırılmasında gamze şeklinde küçük çukurluklar x 3900 (Tekin, 1987)

Yüzey merkezli kübük sistemde kristalleşen metaller, mesela östenitik paslanmaz çelikler daima kesme, hacim merkezli kübük yapılar ise hem klivaj hem de kesme kırılması gösterirler. (Tekin, 1987)

4.2.1 Yorulma kırılması

Bir çok makina parçaları ve yapı elemanları kullanılma esnasında tekrarlanan gerilmeler ve titreşimler altında çalışmaktadırlar. Tekrarlanan gerilmeler altında çalışan metalik parçalarda, gerilmeler parçanın statik dayanımlarından küçük olmalarına rağmen, belirli bir tekrarlanma sayısı sonunda genellikle yüzeyde bir çatlama ve bunu takip eden kopma olayına neden olurlar. Yorulma adı verilen bu olay ilk defa 1850 - 1860 yılları arasında Wöhler tarafından incelenmiş teknoloji ilerledikçe mühendislik olaylarında daha fazla önem kazanmıştır. Otomotiv ve uçak endüstrisindeki parçalar ile komprasör, pompa, türbin gibi makinaların parçalarında görülen mekanik hasarların yaklaşık %90 ı yorulma sonucunda olmaktadır.

Yorulma olayına, parçaya sadece dışarıdan uygulanan mekanik kuvvetler değil, ısı genleşme ve büzülmelerden doğan ısıl gerilmelerde neden olmaktadır

Yorulma olayında çatlama genellikle yüzeydeki bir pürüzde, bir çentikte, bir çizikte, bir kılcal çatlakta veya ani kesit değişimlerinin olduğu yerde başlar. (Kayalı v.d. 1983) Yorulma sonucunda oluşan keskin çatlak, ek bir çentik etkisi ortaya çıkaracağından , gerilmeler bakımından durum daha da kötüleşecek, bu suretle oluşan çok yüksek gerilme yığılmaları çatlağın hızla ilerlemesi ve büyümesine neden olacaktır. Ayrıca yük taşıyan kesit sürekli küçüldüğünden bu kesitteki gerilmenin sınır değerleri giderek daha da yükselecektir. Gözlemler yorulma çatlağının ilerleme hızının çatlak derinliğinin karesi ile arttığını

göstermektedir. Parçanın ikiye ayrılması çoğunlukla uzunca bir süreyi gerektirdiği ve zorlama sürekli değiştiği için olay yorulma kırılması olarak adlandırılır. (Tauscher, 1971)

4.2.2. Sürünme Kırılması,

Yüksek sıcaklıklarda çalışacak alet ve cihazların malzeme seçiminde, malzemenin çalışma sıcaklığındaki akma dayanımının bilinmesi genellikle yeterli olmamaktadır. Özellikle sıcaklığın yanında gerilme gibi diğer faktörler de etkili olunca , malzeme değişik davranışlar gösterebilmektedir. Örneğin demir dışı metaller elastik davranışlar göstermektedir. Örneğin demir dışı metaller elastik bölgeyi aşmayacak bir yük altında açık havada bırakıldığında, zamanla bu malzemelerde bir miktar kalıcı uzama görülmektedir. Çeliklerde oda sıcaklığında bu olaya pek rastlanmaz, ancak 200°C nin üzerinde hissedilmeye başlanır. Bu uzama miktarı malzeme cinsine, sıcaklığa ve uygulanan gerilmeye bağlı olarak değişir.

Sabit bir sıcaklıkta ve sabit bir gerilme altında malzemede zamanla meydana gelen kalıcı deformasyona sürünme (creep) adı verilir. Sürünmenin yeterli bir sürede devamına izin verilirse hemen ardından kırılma meydana gelir. Bu kırılmaya sürünme kırılması denilir. (Kayalı v.d. 1983)

4.2.3. Gevrek ve sünek kırılma

Kırılma, malzemenin kırılmaya kadar uğramış olduğu plastik deformasyon miktarına göre gevrek ve sünek olmak üzere ikiye ayrılır. Sünek kırılma, parçanın kırılmadan önce veya çatlakların ilerleme esnasında göstermiş olduğu deformasyon ve çatlak ilerleme hızının yavaş olması ile tanımlanabilir. Özellikle kırık yüzeye yakın bölgelerde fazla miktarda şekil değişimi meydana gelir. Sünek kırılmada, malzemede büyük ölçüde kesit daralması meydana gelmekte ve büyük miktarda enerji absorbe edilmektedir, bu da malzemenin yüksek tokluğa

sahip olduğunu göstermektedir. Kristalografik açıdan sünek kırılma kayma kırılması şeklinde olmaktadır.

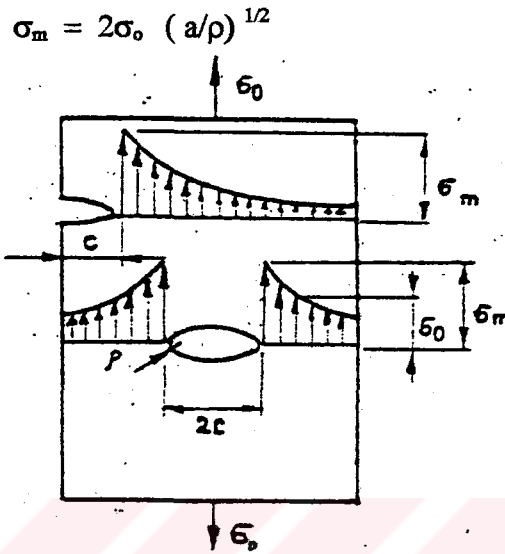
Gevrek kırılmada, malzemede çok az bir deformasyon olur. Camlar, seramikler, gri dökme demirler gibi bazı malzemeler gevrek olarak kırılır. Gevrek malzeme kırılıncaya kadar çok az şekil değişimine uğramakta ve çok az bir enerji absorbe etmektedir. Kristalografik açıdan gevrek kırılma klivaj kırılması şeklinde olmaktadır. Metalik malzemelerin gevrek kırılmaya olan eğilimi, azalan sıcaklık, şekil değişim oranının artması, çatlak ve çentik diplerinde üç eksenli gerilme halinin oluşması, yaşlanma ve ısıl işlem sertleşmesi ile artar. (Çimenoğlu v.d. 1991) .

Kristal yapıların uygulamada ölçülen mukavemet değerleri ile teorik olarak hesaplanan mukavemet değerleri arasındaki fark, ilk defa Griffith tarafından ortaya atılan teori ile açıklanmıştır.

Griffith'e göre gevrek malzeme içinde çok sayıda ince çatlaklar mevcuttur ve bu çatlaklarda bir gerilme yığılması oluşur. Buralardaki gerilme, parçaya dış kuvvet tarafından uygulanan gerilme, uygulamada ölçülen kırılma gerilmesine erişince yığılma nedeniyle hesap yoluyla elde edilen teorik mukavemet değerine erişir. Çatlaklardan bir tanesi gevrek kırılma haline geçince, çatlak yüzeyi büyüyecektir ve bu esnada atomlar arası kohezif kuvveti yenmek için enerjiye gereksinim vardır. Dolayısıyla yüzey enerjisinin artması gerekmektedir. Yüzey enerjisindeki bu artış çatlakın ilerlemesi nedeniyle boşalan elastik şekil değiştirme enerjisinin tarafından karşılanmaktadır. Elastik şekil değiştirme enerjisindeki azalma, en az yeni çatlak yüzeyi meydana getirebilmek için gerekli yüzey enerjisine eşit veya ondan büyük ise çatlak ilerler. (Dieter, 1980) Griffith, çatlakın ilerlemesi hakkındaki teorisini şu şekilde açıklamaktadır:

Şekil 4.10 da görüldüğü gibi yüzeyinde veya içerisinde eliptik bir çatlak içeren bir malzemede çatlak ucunda yüksek gerilme yığılması doğar. Çatlak ucundaki maksimum

gerilme σ_m ortalama σ gerilmesinden büyüktür ve σ_m gerilmesi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır;



Şekil 4 . 10 Çatlak ucunda gerilme yığılması (Onaran, 1989)

Burada a , iç çatlakın boyunun yarısı, ρ , çatlak ucu eğrilik yarıçapıdır. Maksimum gerilme ile ortalama gerilmenin oranına $\sigma_m / \sigma = k$ gerilme yığılması faktörü denir. Griffith'in cam üzerinde yaptığı geniş kapsamlı çalışmalarda cam üzerinde mevcut gözle görünmeyen mikro çatlakların 0,1-10 mikron kadar içeriye uzandığını göstermiştir. Çatlakın ucundaki eğrilik yarıçapının birkaç atomlar arası mesafe kadar olduğu varsayılırsa σ_m maksimum gerilmesinin σ_0 ortalama gerilmesinden $10^2 - 10^3$ kadar daha büyük olabileceği sonucuna varılır. Buradana da kohezif mukavemeti 7000 N/mm^2 olan camın $40-100 \text{ N/mm}^2$ kadar düşük çekme gerilmeleri altında kırıldığını anlayabiliriz.

Griffith'in önerdiği teoriye göre gerilmelerin çatlak çevresinde oluşturacağı elastik enerji yeni oluşacak yüzeylerin yüzey enerjisine eşit olunca çatlak yayılmaya başlar. Birim kalınlıkta ve sonsuz genişlikte bir levha için bu koşulu sağlayan gerilmenin, $\sigma = (2 \alpha E / \pi a)^{-1/2}$ olduğunu ileri sürdü. Burada a , çatlakın boyu; E , elastisite modülü ve α yüzey enerjisidir. Griffith cam üzerinde yaptığı deneylerle, camı kırmak için gerekli σ gerilmesinin çatlak boyu

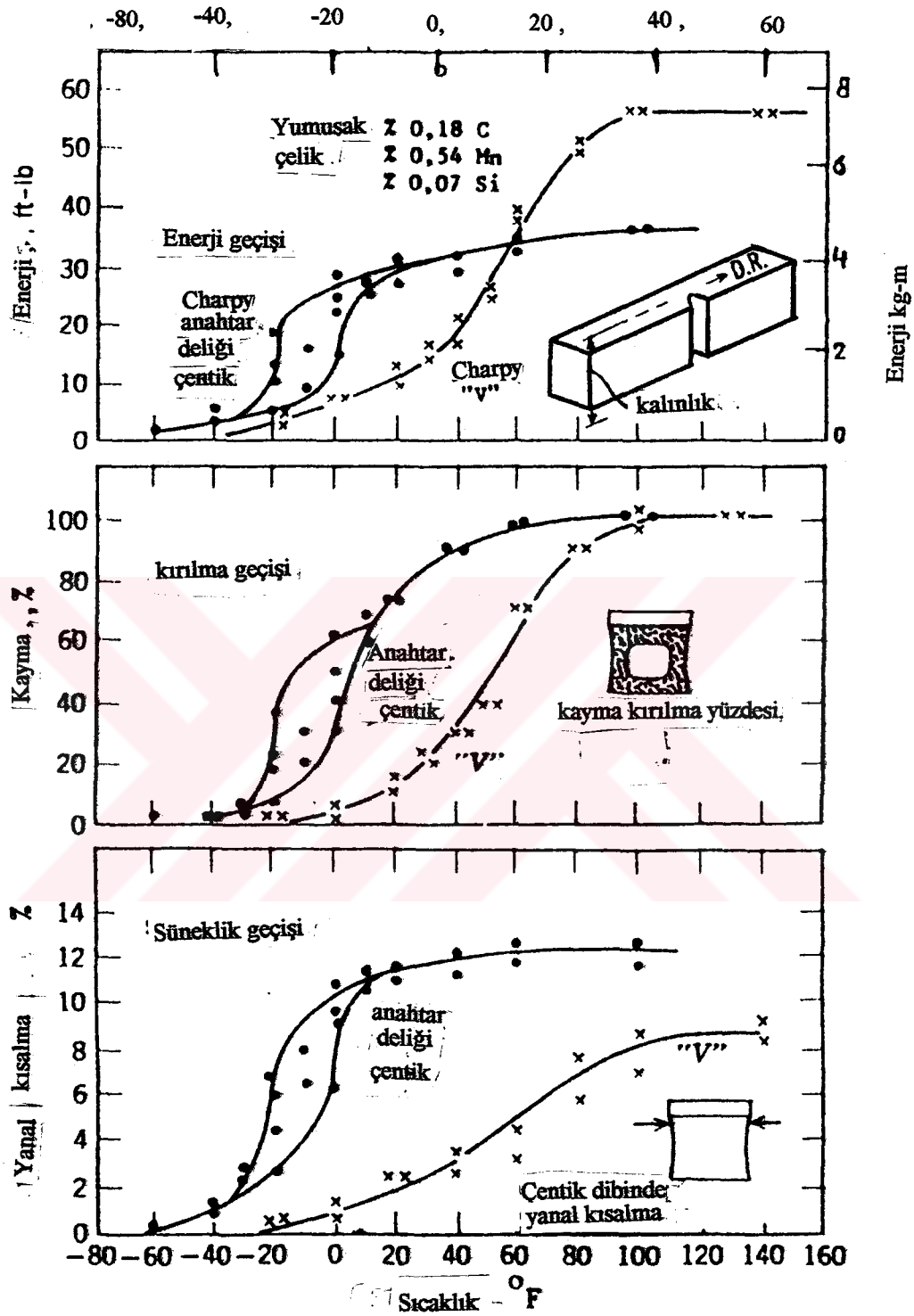
a'nın karekökü ile ters orantılı olduğunu kabul etmiştir. Bu teori sadece cam gibi gevrek malzemeler için uygun olmasına rağmen metallerin kırılması üzerine oluşturulmuş teorilere çok etki etmiştir. (Onaran, 1989; Kayalı v.d. 1983)

4.2.3.1 Süneklikten gevrekliğe geçiş

Hacim merkezli kübik metallerde sıcaklığı azaltarak şekil değiştirme hızını artırarak veya çentikli parça kullanarak sünek kırılmadan gevrek kırılmaya doğru bir geçiş sağlanabilir. Çentikli parçaların çarpma deneyleri bu geçişin olduğu sıcaklık bölgesini saptamak için kullanılabilir. Çarpma deneyinde süneklikten gevrekliğe geçiş sıcaklığının saptanması;

- * Yutulan enerjideki değişme
- * Süneklikteki değişme
- * Kırılma yüzeyinin görüntüsünün değişimine
- * Çentiğin dibindeki büzülmeye dayanarak yapılır.

Şekil 4.11 de üst eğri yutulan enerjideki değişimi, ortadaki eğri kırılma türündeki değişimi ve alt eğri de süneklikteki değişimi sıcaklığa bağlı olarak göstermektedir. Buradanda açıkça görüldüğü gibi süneklikten kırılma türüne geçiş sıcaklığı çok belirgin değildir ve aynı malzeme türü için oldukça geniş bir dağılım vardır. Genel olarak çentik dibi ne kadar keskin ise geçiş sıcaklığı o derece yüksektir. Şekil 4.11 de V çentikli Charpy deney parçalarına ait eğriler anahtar deliği şeklinde çentikli Charpy deney parçalarına ait eğrilerle karşılaştırıldığı zaman bu sonuç açıkça görülür. Kırılma yüzeyinin yüzde ellisinin lifli olduğu sıcaklığın süneklikten gevrekliğe geçiş sıcaklığı olarak bilinir. Bununla beraber süneklik kriteri kullanılırken çentik bölgesinde enine büzülme oranının yüzde bire eriştiği sıcaklık süneklikten gevrekliğe geçiş sıcaklığı olarak bilinir. (Onaran, 1993)



Şekil 4.11. Geçiş sıcaklığı eğrileri. a) Yutulan enerjiye b) Kırılma yüzeyi görünüşüne c) çentik bölgesi sünekliğine göre.

4.3. Kaynaklı Bağlantılarda Kırılma

Kaynaklı bağlantıların kolaylık, hız, ekonomiklik ve malzeme kazanımı nedeniyle yaygın olarak kullanılması, kırılmaya eğilimli yeni yapıların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Araştırmalar sonucunda, keskin çentik ve çatlakların ucunda oluşan üç eksenli gerilme halinin düşük sıcaklıklarda kırılma oluşumunu artırdığı tespit edilmiştir. (Tagawa , 1983)

Kaynaklı yapılarda karşılaşılan kırılma olaylarında, kırılmanın kaynak bölgesinde daima ITAB da bulunan bir hatadan veya oluşmuş bir çatlaktan başlayarak geliştiği görülmektedir. Kaynaklı yapılarda bu tür kırılmalara meydan vermemek için kaynak esnasında ITAB da meydana gelen olayların iyi bilinmesi, ortaya çıkan yapının mekanik özelliklerinin hassa bir şekilde belirlenmesi ve bunların bir tasarım kriteri olarak göz önüne alınması gerekmektedir.

Kaynaklı yapılarda karşılaşılan gevrek kırılma, alaşımsız, düşük mukavemetli sünek çeliklerin kullanılması ile önlenebilmektedir. Bu tür çeliklerde ITAB, çeliğin içerdiği alaşım elemanlarının azlığı nedeniyle bir özellik değişimi göstermemekte, ayrıca mevcut ufak çatlaklar, malzemenin sünekliliğinden dolayı, zorlanma halinde çatlak fazla ilerlemeden durabilmekte ve malzeme bu zorlanmaya şekil değiştirerek karşı koymaktadır.(Tagava , 1983)

Kaynaklı konstrüksiyonda şartlar gevrek kırılmanın başlamasına ve başladıktan sonra devam ettirmeye çok uygundur. Kaynaklı konstrüksiyonlarda, bütün parçalar arasında metalik bir bağlantı bulunduğundan, kırılma kaynak bağlantısı üzerinden, bir taraftan diğer tarafa kolaylıkla geçebilir. Bir çok örnekte kırılmanın, önce ikinci derecede ve konstrüksiyonda mukavemet bakımından hiçbir etkisi olmayan bir parça üzerinde başladığı , kaynak dikişinden geçerek yayıldığı ve ana parçaları da kırmak suretiyle bütün konstrüksiyonun hasara uğramasını neden olduğu görülmüştür.

Kaynaklı bağlantılarda zayıf tasarlanmış birleştirmeler ve kaynak hataları, tehlikeli birer gerilme yayıcısıdır. Kaynaklı konstrüksiyonlarda kaynakta ortaya çıkan gevrek kırılma, kural olarak ya kaynak hatalarının bulunduğu yerden yada dizayn hatası olarak kaynaktan sonra keskin çentiklerin bulunduğu kısımlardan başlar. (Anık, 1981)

Gevrek kırılmanın başlaması ve yayılması malzemenin çentik mukavemeti ile ilgilidir. Bundan dolayı çeliklerin kaynak kabiliyeti ele alındığında, çentik darbe mukavemeti büyük önem taşır. Bir malzemenin gevrek veya sünek davranışı için, kırılma esnasında yuttuğu enerji miktarı bir kriter olarak alınabilir. Bunun için de en uygun deney çentik darbe deneyidir. (Onaran, 1978)



5. ÇENTİK DARBE DENEYİ

Darbe deneyi, metallerin özellikle gevrek kırılmaya müsait şartlarda mekanik özellikleri hakkında sağlam bir fikir elde etmek amacıyla uygulanır.

Çoğu kez, metallerin mekanik özellikleri hakkında fikir edinebilmek için çekme deneyi sonuçlarından faydalanılır. Çekme deneyi ile elde edilen, gerilim -şekil değiştirme diyagramında iyi bir uzama gösteren metalin sünek olacağı, statik veya dinamik yüklemelere plastik şekil değiştirme ile karşı koyacağı tahmin edilir. Bu tahmin Y.M.K. veya hegzagonal sistemdeki metaller için genellikle doğrudur. Ancak H.M.K. sistemindeki metallerde bazen çekme deneyi sonuçları ile darbe deneyi sonuçları arasında uyumsuzluk görülür. Çekme deneyinde sünek davranım gösteren malzeme, çentikli darbe deneyinde gevrek bir hal gösterir. Özellikle oda sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda bu olaya daha çok rastlanır. Bu tip olaylar, darbe deneyinin metalik malzemelerin mekanik özelliklerini tesbit etmedeki önemini açıklamaktadır. (Kayalı v.d. 1983)

Kaynaklı bir parçanın veya konstrüksiyonun darbeli çarpılma şeklindeki etkilere karşı göstereceği dayanım, çentik darbe deneyinde elde edilen değerlerle tespit edilir. Deney sonucu elde etmiş olduğumuz neticeler darbe dayanımı ve darbe sünekliğidir. Bu deneyle ayrıca kırılma yüzeylerinin incelenmesi ile malzemenin yapısı hakkında fikir edinilir. Çentik darbe deneyinden elde edilecek neticeler herhangi bir konstrüksiyon hesabında gerekli olan değerler değildir. Fakat malzemenin gevrek kırılma meyilini tespit etmek için günümüzde geçerli olan bir yöntemdir. (Ertürk, 1994)

Çentik darbe deneyleri; Charpy, İzod, Schnadt-Fisco, Mesnager, Lehight olmak üzere değişik metodlarla yapılmakla beraber, genellikle izod ve charpy kullanıldığından diğerlerinden bahsedilmeyecektir.

Değişik sıcaklıklarda deney yapılabilmesinden dolayı Charpy darbe deneyi, İzod darbe deneyine göre daha çok tavsiye edilmektedir.

5.2.1. Deney Cihazı

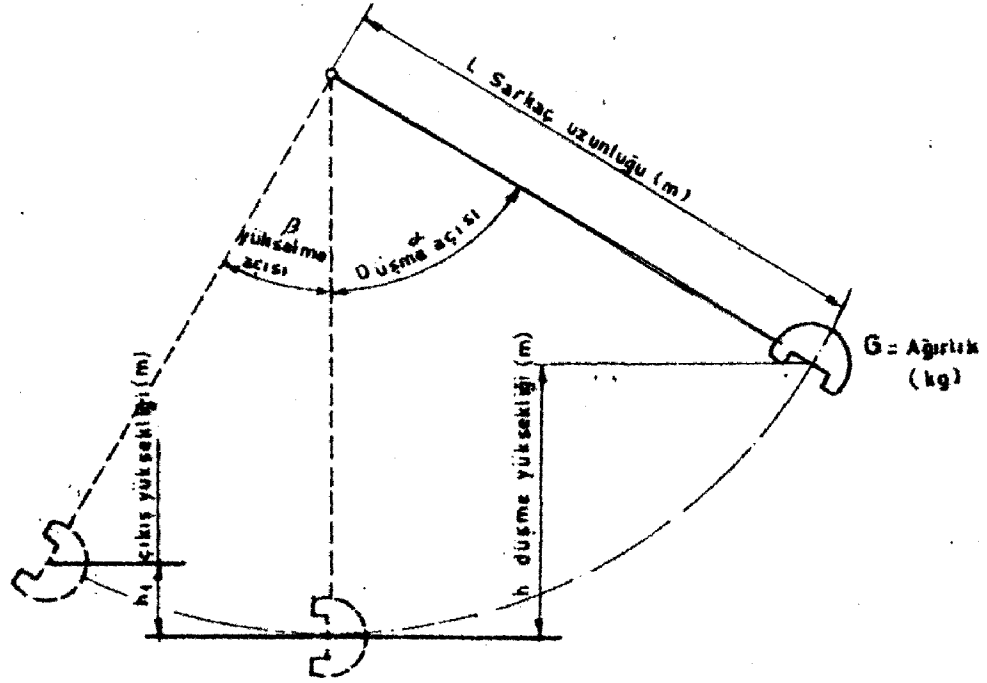
Darbe deneyinde, numunenin dinamik bir zorlama altında kırılması için gereken enerji miktarı tayin edilir. Bulunan değer, malzemenin darbe direnci olarak tanımlanır. Bu deneylerde şekil 5.2 de şematik olarak gösterilen sarkaç tipi cihazlardan faydalanılır. Bunlar büyüklüklerine göre:

- I. İşgücü 0,5-4 J arasında ve çarpma hızları 2,8-3,1 m/sn. Olan darbe cihazları.
- II. “ 7,5-50 J “ “ “ “ 3,6-4 “ “ “ “
- III “ 50-300 J “ “ “ “ 5-5,5 “ “ “ “

Ağırlığı G olan sarkaç, h yüksekliğine çıkarıldığında potansiyel enerji (Gxh) mertebesindedir. h yüksekliğinden serbest bırakılan sarkaç, düşey bir düzlem içinde hareket ederek numuneyi kırar ve ters istikamette h_1 yükseliğine kadar çıkar. Böylece numunenin kırılmasından sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji (Gxh_1) seviyesinde demektir.

Sarkacın, numune ile temas haline geldiği andaki potansiyel enerji ile numune kırıldıktan sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji farkı, o numunenin kırılması için gereken enerjiyi başka bir deyimle darbe direncini verir. Bu enerji aşağıdaki formülle de gösterilebilir:

$$\text{Kırılma Enerjisi} = G (h - h_1) = G.L (\text{Cos}\beta - \text{Cos}\alpha)$$



Şekil 5.2. Çentik darbe deney cihazının şematik görünümü (Güney, 1990)

G = Sarkacın ağırlığı

L = Sarkacın, ağırlık merkezinin salınım merkezine olan uzaklığı (m)

h = Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m)

h_1 = Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m)

α = Düşme açısı (derece)

β = Yükselme açısı (derece)

Burada darbeyi yapan çekicinin bütün kütesinin teorik olarak bir noktada toplandığı kabul edilir. Dinamik ağırlık merkezi diye adlandırılan bu noktanın darbeyi yapan çekiçte, numuneye temas eden nokta olmasına dikkat edilir. (Kayalı v.d. 1983)

6. DENEYSEL ÇALIMALAR

Kaynaklı bir parçanın veya konstrüksiyonun darbeli çarpılma şeklindeki etkilere karşı göstereceği dayanım çentik darbe deneyinden elde edilen değerlerle tesbit edilir. Deney sonucu elde etmiş olduğumuz değerler, darbe dayanımı ve darbe sünekliğidir. Bu deneyle ayrıca kırılma yüzeyinin incelenmesi ile malzemenin yapısı hakkında fikir edinilebilir. Çentik darbe deneyinden elde edilen değerler herhangi bir konstrüksiyon hesabında gerekli olan değerler değildir, fakat malzemenin gevrek kırılma meyilini tesbit etmek için günümüzde geçerli olan bir yöntemdir. (Oğuz, 1989)

6.1. Deney Malzemeleri

6.1.1. Elektrodlar

Yapılan deneylerde Türkiye'de üretim yapan elektrod firmalarının piyasaya sunduğu birbirine karşılık gelen üç tür elektrodlarından kaynak metalleri elde edildi. Kaynak metalleri TS 269 ve TS 7706 da belirtilen standartlara uygun olarak hazırlandı. Numuneler Böhlerde bulunan Charpy deney cihazında azot soğutmalı ortamda kırıldı. Bulunan değerler sonuçlar kısmında gösterildi.

Deneylerde Eczacıbaşı AS Kaynak, Gedik Holding BÖHLER ve OERLIKON firmalarının üretimini yaptığı, ISO standartlarına göre sırasıyla, E 51 5B 120 20 H (AS B 248, EV 47 S, Supercito), E 51 5B 26 H (AS B 255, EV 60 S, Tenacito), E 51 5B 120 20 H (AS B 204, EV 55, Supercito F 230/4) bazik tipi elektrodlar kullanıldı.

6.1.2. Esas metal

Deneylerde kullanılan esas metal, kaynak metalinde değişiklik yapmayacak malzemeden seçildi ve 20 mm. kalınlığındaki bir platinadan kesildi. Kullanılan esas metalin spektro analizi çizelge 6.1 de gösterildiği gibidir.

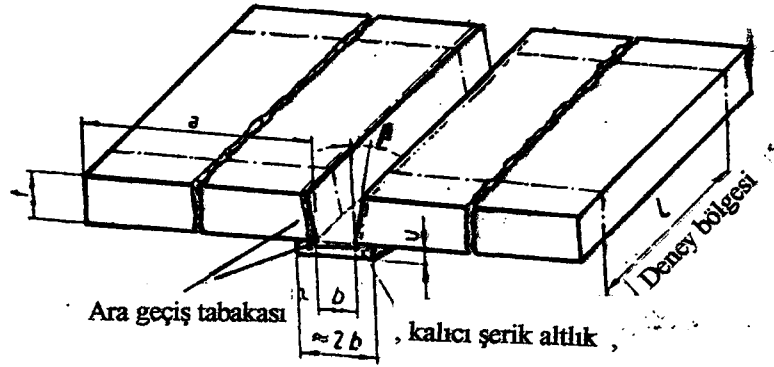
Çizelge 6.1. Esas metalin kimyasal analizi

Alaşım elm.	C	Si	Mn	P	S
% miktarı	0,144	0,221	0,514	0,0186	0,0437

Kaynak metalinin sağlanacağı esas metal oksii-asetilen rendesi ile 20x150x400 mm. ebatlarında kesildi. Kaynak ağızları 10° olacak şekilde işlenerek oksit ve diğer yabancı maddelerden temizlendi. Kalıcı şerit altlık esas metale yakın özelliklere sahip olacak şekilde seçildi. Kaynak metali için parçaların hazırlığı Şekil 6.1 de ve çizelge 6.2 de belirtilen değerler esas alındı.

Çizelge 6.2. Ana metal ve kaynak bölgesi ölçüleri.(TS.7706)

Biçim	t	a	b	u	β	L
1	12	>80	>12			
2	16	>90	>14			
3	20	>100	>16	>6	10	>150
4	25	>150	>20			
5	30	>200	>25			



Şekil 6.1. Esas metal plakaları (TS 7706)

6.2. Deney Donanımı

Deneyleerde ELİN tipi Jeneratörlü kaynak makinası ve devreye bağlanan akım şiddetinin ayarı için 310 Ampere kadar ölçüm yapabilen bir ampermetreden ibarettir. Bununla beraber kaynak dikişinde pasolar arası sıcaklığı ölçebilmek için 20°C-800°C arası sıcaklık ölçebilen maşalı bir ısı ölçer kullanılmıştır.

6.3. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen kaynak metalinin ortalama olarak kimyasal bileşimi aşağıdaki gibidir.

AS B 248

EV 47 S

SUPERCITO



C:0.07-0.09 Si:0.5-0.6 Mn:0.9

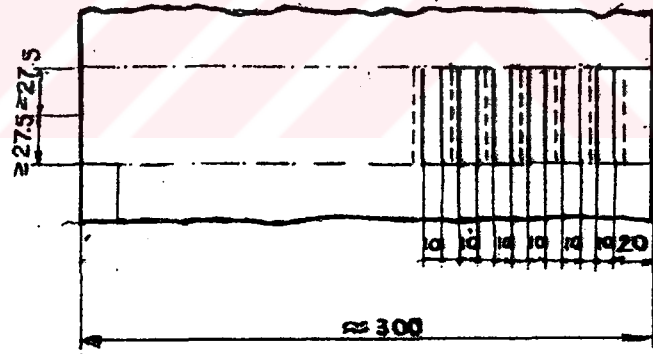
AS B 255
EV 55
TENACITO

C:0.07 Si:0.3 Mn:1.4-1.5

AS B 204
EV 60 S
SUPERCITO F 230/4

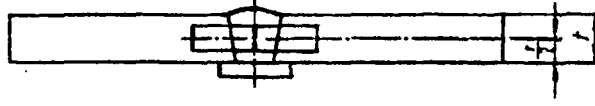
C:0.09 Si:0.6 Mn:1.2

Kaynak işlemi tamamlanan parçalardan deney numunelerinin çıkarılması için kaynak metali şekil 6.2. de belirtilen yerlerden 55 mm. lik şerit halinde kesildi. Kesilen parçaların kaba yüzeyleri el taşlama aleti ile temizlendi. Her parçadan 20'şer adet çentik darbe deneyi numunesi çıkartıldı.



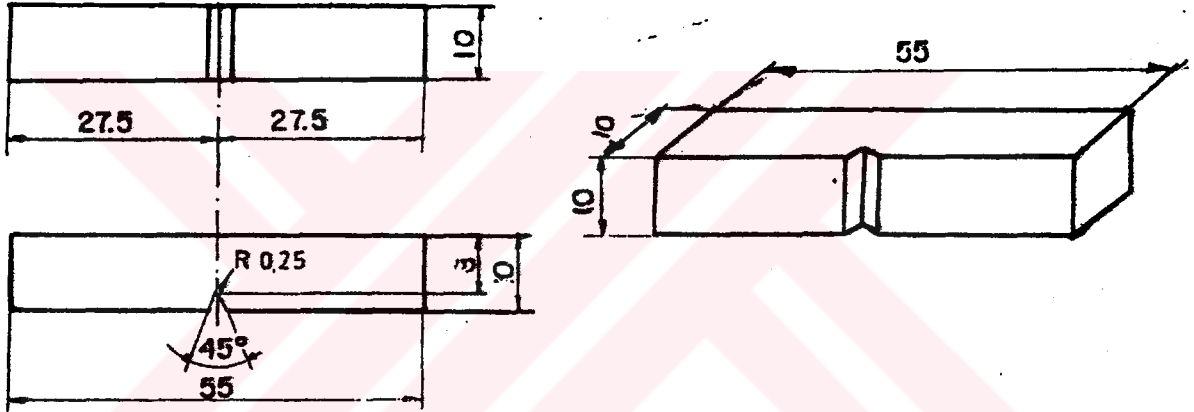
Şekil 6.2. Çentik darbe deney numunelerinin hazırlanması.(TS 7706)

Charpy çentikli darbe deneyi için gerekli deney numunelerinin kaynak kütlesi içindeki durumu şekil 6.3. de gösterildiği gibidir.



Şekil 6.3. Vurma deney parçasının kaynak kütlesi içindeki durumu. (TS. 7706)

Oksi gaz rendesi ile 20x55x400 mm. ölçülerinde çıkarılan kaynak metali paralel testere makinasında kaynak eksenine dik 12 mm. kalınlıkta kesildi. Kesilen parçalardan TS 269'a uygun şekil 6.5 de gösterilen numuneler hazırlandı.



Şekil 5.4. Charpy deneyi için deney numunesi (TS. 269)

Çentik darbe deneyi her elektrod türü için hazırlanan yaklaşık 20'şer adet numune ile yapıldı. Seçilen dört adet sıcaklıkta (+20, 0, -20, -40 oC) üç deney ortalamasına göre yapıldı. Deneylerin yapılmasında TS 269'da belirtilen şartlara uyuldu.

6.4. DeneYlerin Yapılışı.

Deney esnasında önce sarkaç, daha önceden tespit edilen potansiyel enerjiye sahip olabileceği bir yüksekliğe çıkarıldı. Daha sonra numune, mesnetlere tam yaslanacak biçimde yerleştirildi. Numune cihaza uygun biçimde yerleştirildikten sonra, okumanın yapıldığı kadranın göstergesi başlangıç durumuna getirilerek sarkaç serbest bir halde bırakıldı. Daha sonra sonuç kadrandan okundu.



7. DENEY SONUÇLARI ve ÖNERİLER

7.1 Sonuçlar

Çarpma deneyi sonucu elde edilen tokluk değerleri joule cinsinden olup çizelge 7.1. de gösterilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği gibi I. grupta düşük sıcaklıklarda (-20, -40°C) en yüksek tokluk değerine sahip olan kaynak metali EV 60 S elektrodu ile elde edilen kaynak metaline ait olduğu görüldü.

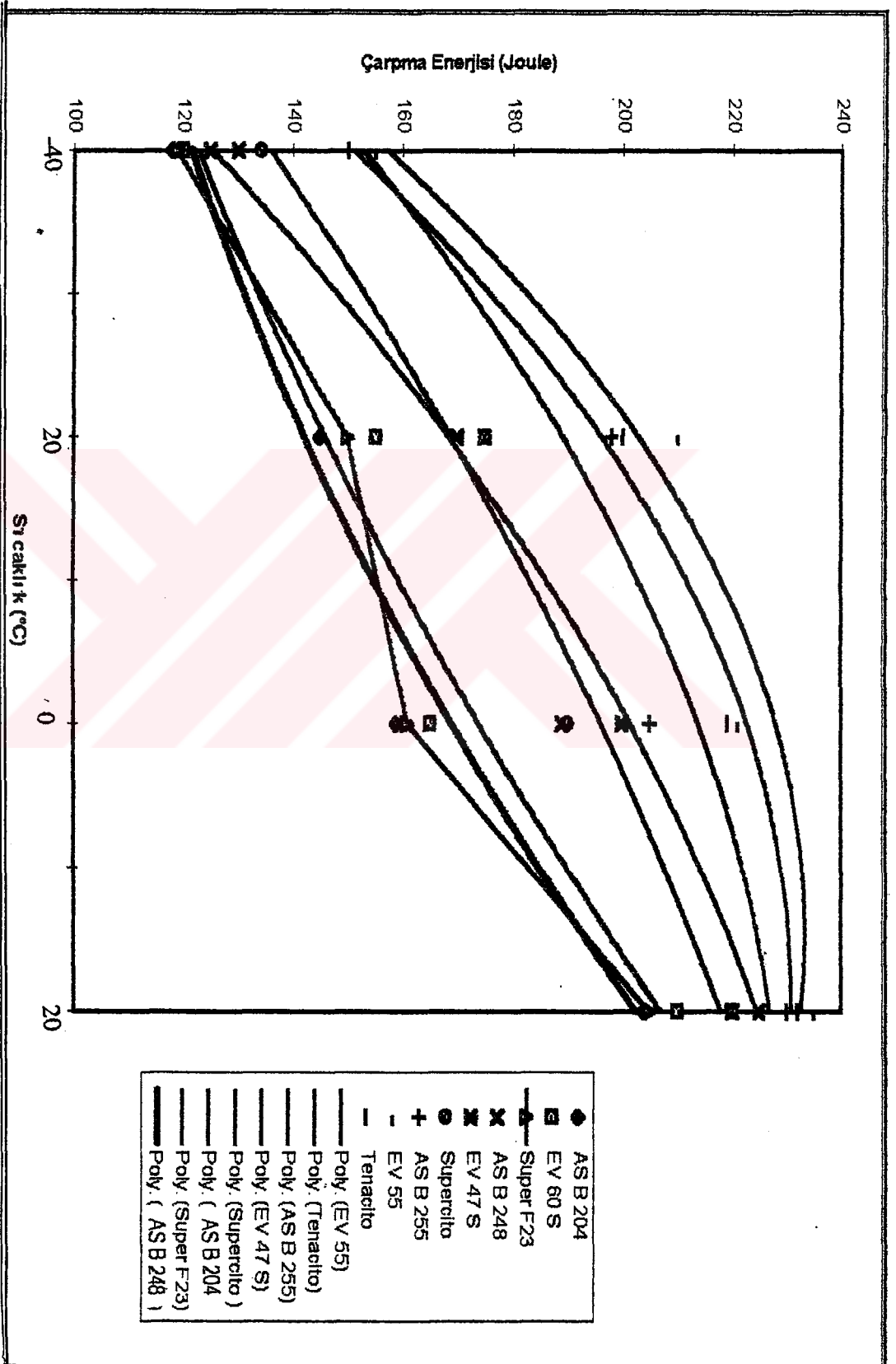
II. grupta +20, 0 °C sıcaklıklarda EV 47 S en iyi tokluk özelliğini gösterirken -20 ve -40 °C sıcaklıklarda Supercito ve AS B 248 elektrodları ile elde edilen kaynak metalinin tokluğu en iyi seviyede olduğunu gözlemledim.

III. grupta ise AS B 255, EV 55 ve Tenacito elektrodları ile elde edilen kaynak metalinin tokluğu dört sıcaklıkta da diğer iki grupta belirtilen elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin tokluğuna oranla daha iyi netice vermiştir.

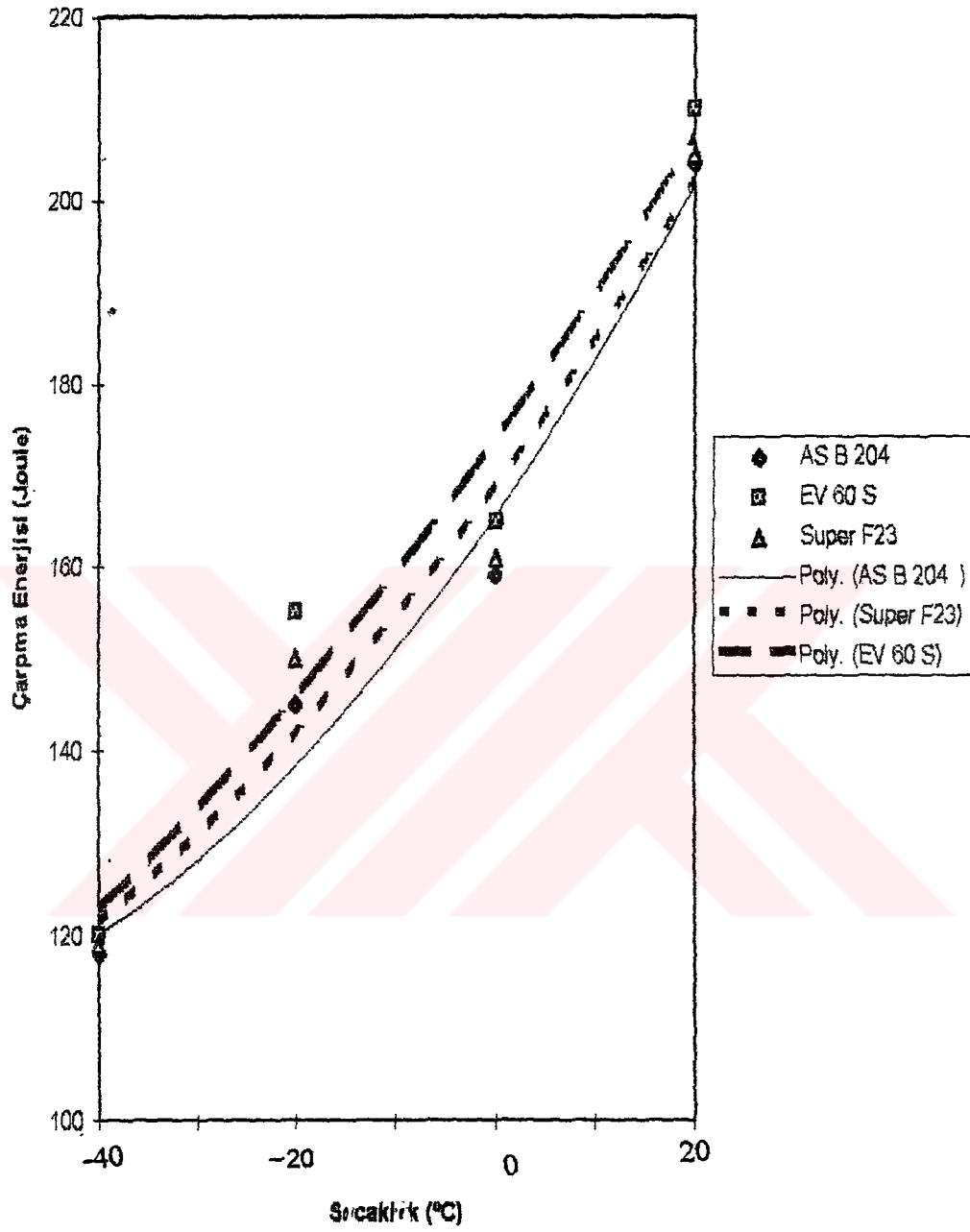
Yapmış olduğumuz bu deneyde elde etmiş olduğumuz değerler görüldüğü gibi birbirine oldukça yakın değerlerdir. Ayrıca elde etmiş olduğumuz bu değerler olması gereken seviyenin gayet üstündedir.

Çizelge 7.1. Çentik darbe deneyi sonuçları.

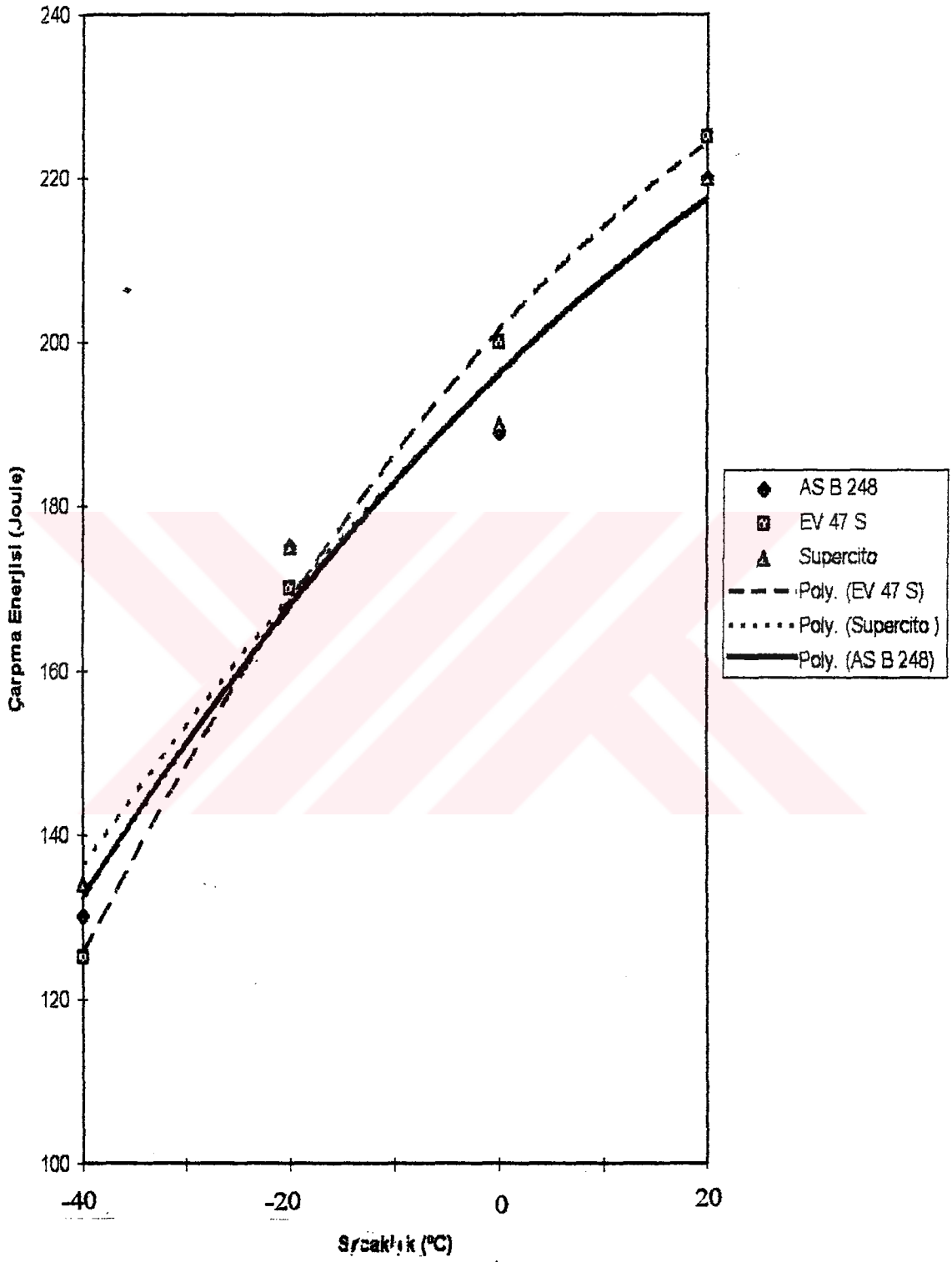
		Sıcaklık			
		+20	0	-20	-40
I	AS B 204	204	159	145	118
	EV 60 S	210	165	155	120
	Supereito	205	161	150	119
II	AS B248	220	189	175	130
	EV 47 S	225	200	170	125
	Supercito	220	190	175	134
III	AS B 255	230	205	198	146
	EV 55	235	221	210	155
	Tenacito	232	219	200	150



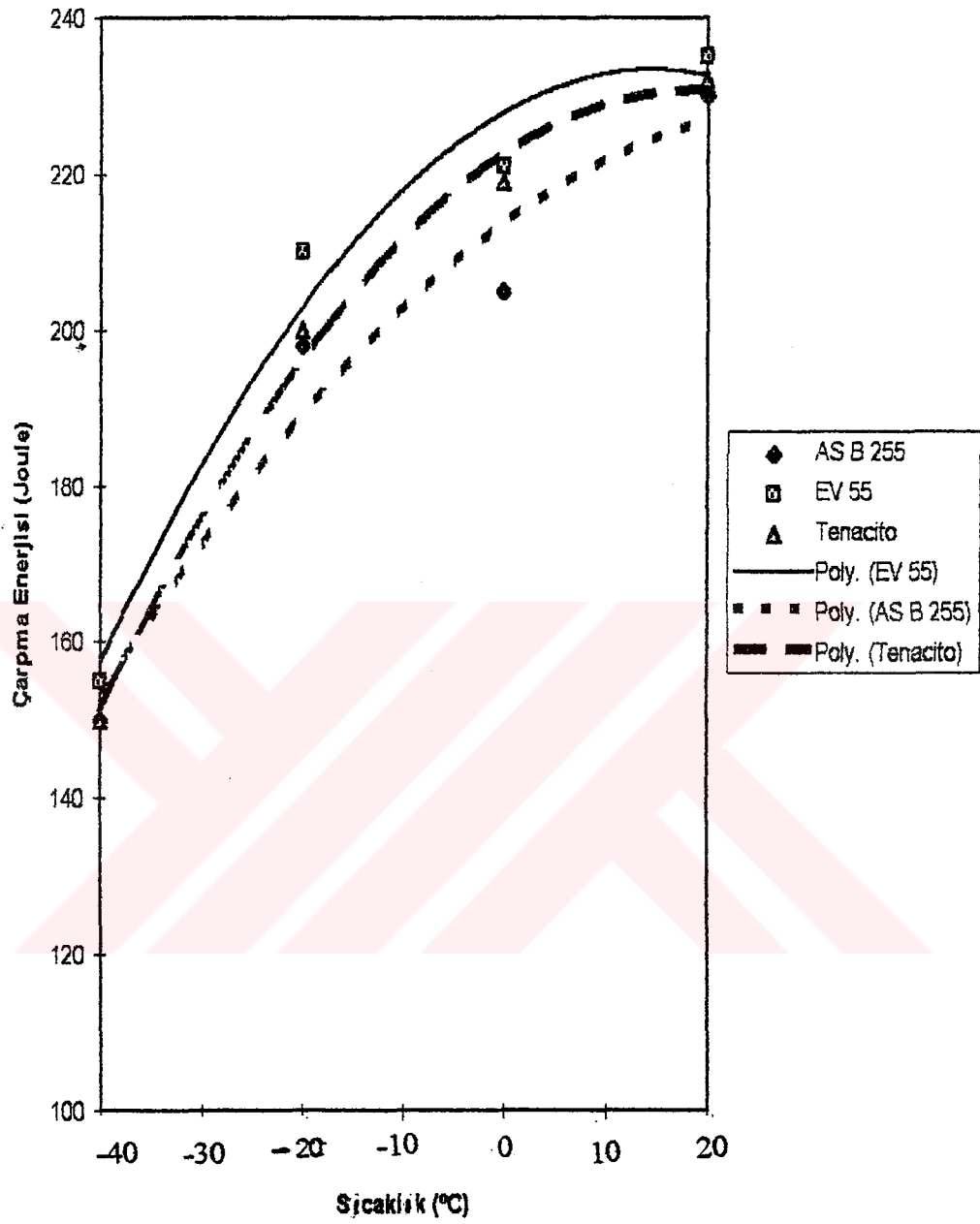
Şekil 7 1. Çarpma deneyi sonucu elde edilen tokluk değerleri



Şekil 7.2. I Grup elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin tokluk değerleri



Şekil 7.3. II. Grup elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin tokluk değerleri



Şekil 7.4. III . Grup elektrotlarla elde edilen kaynak metalinin tokluk değerleri

7.2. Öneriler

Düşük sıcaklıklarda yüksek sünekliliğe sahip olan bazik elektrodlarla elde edilen kaynak metalinin tokluğu, diğer elektrodla göre üstündür. Mesela selüloz içeren örtüye sahip elektrodla kaynak taki sertleşmiş bölge tarafından absorbe edilen hidrojen salarlar. Bu ise özellikle yüksek karbon eşdeğerine sahip çeliklerde çatlamalara neden olur. Çatlama, düşük hidrojenli elektrod kullanarak, elektrodlaın uygun depolanması ve kurutma işlemleri ile en aza indiren bazik elektrodlaı sağlanabilir.

Yapmış olduğumuz deneylerden elde etmiş olduğumuz sonuç ve gözlemlere göre şu önerileri yapabiliriz:

- * Kaynak işleminde kullanılacak bazik elektrodla 250 °C de en az iki saat tutularak kurutulmalı.
- * Kullanım süresince elektrodla 90-120 °C sıcaklıklarda tutulmalı.
- *Kaynak esnasında pasolar arası sıcaklık 250 °C sağlanarak çatlama en aza indirilebilir.
- * Kaynak esnasında her pasodan sonra kaynağın çok iyi temizlenmesine özen gösterilmeli.
- * Kaynak işleminden sonra parçaya östemperleme işlemi uygulayarak tokluğunu bir miktar daha artırabiliriz.

* Esas metalin karbon oranının çok az olduğu haller dışında ilve metalin karbon içeriği esas metalinkinden daha fazla olmamalıdır. Ayrıca Mn/C oranını artırmak geçiş sıcaklığını düşürür. Dolayısıyla tokluk miktarını artırır.

* Kaynaklı bağlantılarda yanma oluklarının oluşmaması için kaynak akımı elektrod çapına göre optimum değerlerde seçilmelidir.

* Basınçlı kapların ya da mekanik zorlamalara maruz kalan çelik yapıların kaynakları sertifikalı kaynakçılar tarafından yapılmalıdır.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Anık, S., 1975, Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti Cilt III., İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası Gümüşsuyu, 259 s.
- Anık, S., Tülbentçi, K. ve Kaluç, E., 1991, Örtülü Elektrot ile Elektrik Ark Kaynağı, Gedik Holding Yayını İstanbul, 312 s.
- Bargel, H., Schulze, G., 1993, Malzeme Bilgisi, (Çev. Ş. Güleç, A. Aran) İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, 1521, 190 s.
- Berham, P.P. ve Crawford, R. J., 1987, Mechanics of Engineering Materials,
- Çapan, L., 1989, Metallerde Plastik Şekil Verme, Çağlayan Kitabevi İstanbul, 360 s.
- Dieter, G., 1980, Mechanical Metallurgy, SI Metric Edition Mc Grow Hill, London, 275 s.
- Ertürk, İ., 1994, Metaller ve Mekanik Özellikleri Belirleme Ders Notları, Ankara, 70 s.
- Kayalı, E.S., Ensari, C. ve Dikeç, F., 1983, Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İstanbul 176 s.
- Kayalı, E.S. ve Çimenoğlu, H., 1991 Malzemelerin Yapısı ve Mekanik Davranışları, İ.T.Ü. Kimya-Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi İstanbul, 268 s
- Mısır, A., 1991, Askaynak Kaynak Teknoloji Dergisi 2. Sayı, 52 s.
- Oğuz, B., 1987, Karbonlu ve Alaşımli Çeliklerin Kaynağı, Oerlikon Yayını İstanbul, 488 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Oğuz, B. ,1989, Ark Kaynağı, Oerlikon Yayını İstanbul, 562 s.

Onaran, K., 1978, Malzemelerin Yapı ve Özellikleri Cilt 3, İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü, 1520, 231 s.

Onaran, K., 1993, Malzeme Bilimi, Bilim Teknik Yayınevi, 368 s.

Tagawa, T. 1993, Influence of Martensite Island on Cleavage Fracture Toughness of Weld HAZ in Low Carbon Steel, Proceedings of The Int. Sym., Pittsburg, USA, 90 s.

Tekin, E., 1992, Mühendisler İçin Çelik Seçimi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Ankara, 482 s.

Thehning, K., 1987, Çelik ve Isıl İşlemi, (Çev. A. Tekin) Flaş Matbaacılık İstanbul, 607 s.

TS 269, 1987, Çentik Darbe Deneyi, T.S.E. Ankara 17 s.

TS 563, 1989, Elektrotlar, Örtülü, Alaşimsız ve Düşük Alaşimli Çeliklerin Ark Kaynağı İçin, T.S.E. Ankara 1989, 19 s.

TS 7706, 1989, Kaynak İlve Metallerinin deneyi-Kaynak Metali Numuneleri Yardımıyla Ark Kaynak Deney Parçalarının Mekanik ve Teknolojik Deneyleri, T.S.E. Ankara 1989, 15 s.