

58158



58158

**KAYNAK REJİMLERİNİN
ÖTEKTOİD ALTI ÇELİKLERİN
TANE YAPISI ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)
Mehmet ÇAKMAKKAYA
Danışman : Prof.Dr.Galip SAİD**

Aralık 1997

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAYNAK REJİMLERİNİN ÖTEKTOİD ALTI ÇELİKLERİN TANE YAPISI
ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet ÇAKMAKKAYA**

Anabilim Dalı : Makina Eğitimi

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Galip SAİD

ARALIK 1997

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAYNAK REJİMLERİNİN ÖTEKTOİD ALTI ÇELİKLERİN TANE YAPISI
ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet ÇAKMAKKAYA

Anabilim Dalı : Makina Eğitimi

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Galip SAİD

Diğer Jüri üyeleri:Prof.Dr.V.Kemal CEYLAN

Y.Doc.Dr.Hüseyin ÖZDEN

ARALIK 1997

Mehmet ÇAKMAKKAYA'nın YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "Kaynak Rejimlerinin Ötektoid Altı Çeliklerin Tane Yapısı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması " başlıklı çalışma ,jürimizce YÖK lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

..26...1.01...../1998

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Galip SAİD

Diğer jüri üyeleri : Prof.Dr.V.Kemal CEYLAN

Yrd.Doc.Dr. Hüseyin ÖZDEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu" nun 26.01.1998 gün ve 26/1-1/1998 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Yrd.Doç.Dr.Ahmet SERTESER
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bana bu konuda çalışma imkanı veren danıŐmanım sayın Prof. Dr. Galip SAİD'e teŐekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalıŐmalarımda desteklerini dördüğüm Okul Müdürü Fevzi GÜMÜŐ'e deney çalıŐmalarında kullanılan cihazların kullanılmasını sağlayan Afyon Őeker Makina Fabrikası Őefine teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi-
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii-
TABLolar DİZİNİ	viii
ÖZET	ix-x
SUMMARY	xi
	xii
BÖLÜM 1	xiii
GİRİŞ	1
<i>1.1. KONU</i>	1
<i>1.2. GENEL BİLGİLER</i>	2
1.2.1. Malzemenin Kaynak Kabiliyeti	2
1.2.2. Erime Bölgesi	3
1.2.3. ısıнын Tesiri Altında Kalan Bölge	5
1.2.4. Bugün En Fazla Kullanılan Karbon Eşdeğer Formülleri	8
<i>1.3. KAYNAK İŞLEMİNDE SICAKLIĞIN DEĞİŞİMİ</i>	13
1.3.1. Isı Miktarı (kaynak ısısı için):	13
1.3.2. Levha Kalınlığı İçin:	17
<i>1.4. KAYNAK PARAMETRELERİNİN (REJİMLERİNİN) SEÇİMİ.</i>	13
<i>1.5. KAYNAK ÖNCESİ BELİRLENEN PARAMETRELER</i>	18
1.5.1. Elektrot Türü	18
1.5.2. Elektrot Çapı	18
1.5.3. Akım Türü	19
<i>1.6. BİRİNCİ DERECEDEDEN AYARLANABİLİR PARAMETRELER</i>	19
1.6.1. Kaynak Akım Şiddeti	19
1.6.2. Ark Gerilimi (Ark Boyu)	20
1.6.3. Kaynak Hızı	21
<i>1-7 ERİTME KAYNAĞININ PRENSİBİ</i>	21
BÖLÜM 2	25
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	25
<i>2.1. DENEYİN YAPILMASI İÇİN GEREKLİ OLAN İLK BİLGİLER</i>	25

2.1.1. Deneyde Kullanılan Esas Metalin Kimyasal Bileşimi	25
2.1.2 Deney Parçasının Boyutları	26
2.1.3 Deneyin Yapılışı	27
2.1.4 Deneyde Kullanılan Telin Kimyasal Analizi	27
2.1.5 Çekme için Kullanılan Numunelerin Hazırlanması Ve Ölçüleri	28
2.2 KAYNAK BÖLGESİNİN ETÜDÜ	29
2.2.1 Eriyen Bölge	29
2.2.2 iri Taneli Geçiş Bölgesi (1)	30
2.2.3 iri Taneli Geçiş Bölgesinin Yanına Yerleşmiş Kaynak Yapılırken 1200 -900 °c Arasındaki Bir Sıcaklığa Erişen ince Taneli İtab Bölgesi	31
2.2.4 Kısmen Dönüşmüş Bölge	31
2.2.5 iç Yapı Bakımından Değişime Uğramayan Veya Temperlenmiş Bölge	32
2.3. KAYNAK REJİMLERİNE BAĞLI OLARAK ÖLÇÜLEN SERTLİK DEĞERLERİ	32
2.4. KAYNAK REJİMLERİNE BAĞLI OLARAK BÖLGELERİN GENİŞLİĞİ VE BU BÖLGELERDEKİ TANELERİN ORTALAMA ÇAPLARI	36
BÖLÜM 3	37
DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ	37
3.1. KAYNAK REJİMLERİNE BAĞLI OLARAK ISININ TESİRİ ALTINDA KALANA BÖLGENİN ETÜDÜ	37
3.1.1. iri Taneli Bölge	40
3.1.2. Ufak Taneli Bölge	42
3.1.3. Dönüşmüş Bölge	43
3.1.4. Temperlenmiş Bölge	45
3.2. AKMA GERİLİMİ	46
3.3. KAYNAK BAĞLANTILARININ HATALARINI SINIFLANDIRMAK	65
3.3.1. Gerilim Konsantrasyonlarını Hesaplarken Şu Parametreler Esas Alınır	65
3.3.2. Nisbi Oranlar	65
3.4. KAYNAK KALİTESİ VE MUKAVEMETİ	70
3.4.1. Kaynak Kabul Kriterleri	70
3.4.2. Kaynak Hatalarının Etkisi	73

3.4.3. Gerilme Konsantrasyonları	74
3.4.4. Çentik Sünekliliği	75
3.4.5. Kabul Standartlarının Oluşturulması	76
BÖLÜM 4	77
SONUÇLAR	77
KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	80



ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL NUMARASI	SAYFA NUMARASI
1-1 Tek paso ile elektrik ark kaynağı yapılmış bir kaynak dikişinde ısının tesiri altında kalan bölgenin kaynak metalinden itibaren çeşitli uzaklıktaki sıcaklık dağılımı	15
1-2 Tek paso ile elektrik ark kaynağı yapılmış bir Mn-Si alaşımlı yüksek mukavemetli çeliğin ısının tesiri altında kalan bölgedeki sertlik dağılımı	16
1-3 Erimiş banyonun oluşumu	22
1-4 Katılaşmanın ve dendritlerin oluşumunun safhaları	23
2-1 Kaynaklanacak deney parçasının boyutları	26
2-2 Standart çekme çubuğu ölçüleri(TSE138)	28
2-3 Kaynaklı bağlantıdan standart çekme çubuklarının hazırlanması	28
2-4 İncelenen numunelerin kaynak bölgelerinin şematik gösterilişi	29
3-1 Çeliklerde sıcaklığın ITAB'de mikro yapıya etkisi	37
3-2 Esas metalin mikro yapısı	38
3-3 1.Rejim 1.bölge kaynak metalinin mikro yapısı	38
3-4 2.Rejim 1.bölge kaynak metalinin mikro yapısı	39
3-5 3.Rejim 1.bölge kaynak metalinin mikro yapısı	39
3-6 1.Rejim 2.bölge kaynak metalin iri taneli bölgenin mikro yapısı	40
3-7 2.Rejim 2.bölge kaynak metalin iri taneli bölgenin mikro yapısı	41
3-8 3.Rejim 2.bölge kaynak metalin iri taneli bölgenin mikro yapısı	41
3-9 1.Rejim 3.bölge kaynak metalin ufak taneli bölgenin mikro yapısı	42
3-10 2.Rejim 3.bölge kaynak metalin ufak taneli bölgenin mikro yapısı	42
3-11 3.Rejim 3.bölge kaynak metalin ufak taneli bölgenin mikro yapısı	43
3-12 1.Rejim 4.bölge kaynak metalin kısmen dönüşmüş bölgenin mikro yapısı	44
3-13 2.Rejim 4.bölge kaynak metalin kısmen dönüşmüş bölgenin mikro yapısı	44

3-14	3.Rejim 4.bölge kaynak metali kısmen dönüşmüş bölgenin mikro yapısı	45
3-15	Akma geriliminin sıcaklığa bağlılığını hesaplamada kullanılan B_T nin grafiksel gösterilişi	47
3-16	Esas metal akma gerilim grafiği	52
3-17	1.Rejim kaynak dikişi akma gerilim grafiği	52
3-18	1.Rejim ITAB bölgesi akma gerilim grafiği	54
3-19	2.Rejim kaynak dikişi akma gerilim grafiği	54
3-20	2.Rejim ITAB bölgesi akma gerilim grafiği	56
3-21	3.Rejim kaynak dikişi akma gerilim grafiği	56
3-22	3.Rejim ITAB bölgesi akma gerilim grafiği	57
3-23	Esas metal,1.Rejim kaynak dikişi ve 1.rejim ITAB bölgesi S_{kop}/σ_{ak} oranlarının grafiği	59
3-24	Esas metal,2.Rejim kaynak dikişi ve 2.rejim ITAB bölgesi S_{kop}/σ_{ak} oranlarının grafiği	61
3-25	Esas metal,3.Rejim kaynak dikişi ve 3.rejim ITAB bölgesi S_{kop}/σ_{ak} oranlarının grafiği	61
3-26	Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma gerilimin sıcaklığa bağlı değerlerinin logaritmik ölçüde gösterilişi	62
3-27	Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma gerilimin sıcaklığa bağlı değerlerinin logaritmik ölçüde gösterilişi	63
3-28	Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma gerilimin sıcaklığa bağlı değerlerinin logaritmik ölçüde gösterilişi	64
3-29	Her iki tarafı hiperbolik çentikli düzlemsel gerilimin meydana gelişi	66
3-30	Genel düzlemsel şekil değişimin meydana gelmesi	67
3-31	Düzlemsel gerilmenin birbiri ardınca oluşması	68

TABLolar DİZİNİ

<i>TABLO NUMARASI</i>	<i>SAYFA NUMARASI</i>
1-1 Kaynak kabiliyetini etkileyen faktörlerin şematik olarak gösterilişi	12
2-1 Malzemenin spektral analizi	25
2-2 DeneY yapımında kullanılan parametreler	27
2-3 Kullanılan telin kimyasal analizi	27
2-4 Kaynak dikişi ve ITAB bölgelerindeki sertliğin HV değerleri	32
2-5 Kaynak rejimlerine bağlı olarak bölgelerin genişliklerinde oluşan ortalama tane boyutları	33
2-6 Kaynak rejimlerine bağlı olarak bölgelerin genişliklerinde oluşan ortalama tane boyutları	34
2-7 Kaynak rejimlerine bağlı olarak bölgelerin genişliklerinde oluşan ortalama tane boyutları	35
2-8 Tanelerin ortalama genişlikleri ve çapları	36
3-1 Kaynak rejimlerine bağlı olarak yapılan kaynak dikişleri ve ITAB bölgesi mekanik özelliklerin deneY sonuçları	48
3-2 Kaynak rejimlerine bağlı olarak incelenmiş malzemenin sıcaklığa bağlı akma gerilimleri	50
3-3 Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma geriliminin sıcaklığa bağlı değerleri	51
3-4 Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma geriliminin sıcaklığa bağlı değerleri	53
3-5 Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma geriliminin sıcaklığa bağlı değerleri	55
3-6 Kaynak rejimlerine bağlı olarak S_{kop}/σ_{ak} oranlarının sıcaklığa bağlı değerleri	58
3-6 Kaynak rejimlerine bağlı olarak S_{kop}/σ_{ak} oranlarının sıcaklığa bağlı değerleri	60
3-8 Gevrek kırılma sıcaklığında (Tgev) çeşitli hatalar için gerilisertliğinin (σ_i/σ_j) oranlarının ortalama değerleri	69

ÖZET

Günümüzde metal konstriksiyonları düşük - orta dayanımda ve az - düşük alaşımli ötekoit altı çeliklerden yapılır. Bu konstriksiyonların imalatında ise en çok kaynak kullanılmaktadır. Bundan dolayı yapılan konstriksiyonların en tehlikeli yeri kaynakla birleştirilen kaynak dikişi bölgesidir.

Kaynak sırasında iç ve dış faktörlerden dolayı kaynaklanan metalin dengesi bozular. Önceden sahip olduğu iç yapı kaynaktan sonra değişik yapılara örneğin martenzit yapıya dönüşür. Sonuçta metalin sertliği artar plastikliği azalır ve gevrek kırılma ihtimali artar.

Tam otomatik toz altı kaynağı ile 12 mm. kalınlığında birleştirilen düşük karbonlu bir çelikten elde edilen dikişlerden kaynak bölgesinden ve ITAB'den standart çekme numuneleri çekme gerilmesi deneyine tabi tutulur. Deneyden elde edilen akma gerilimi değerleri özel formüller kullanılarak bunların sıcaklığa bağılı akma gerilimleri belirlenir. Ayrıca her bölgenin sertlik ve ortalama tane büyüklükleri hesaplanarak tablo halinde gösterilmiştir.

Bu çalışmaları yapmaktaki amacımız; bütün kaynaklı konstriksiyonların akma gerilimleri esas metalin akma gerilimi esas alınarak yapılmaktadır. Sıcaklığın ve yükleme şartlarının değişmesi çeşitli gerilim konsantrasyonlarını etkiler. Bunun sonucunda plastikliğini kaybeden metal gevrek olarak kırılabilir. Bundan dolayı literatürde verilen formüller kullanılarak kaynak metalinin gevrek - sünek kırılma sıcaklıkları hesaplanır. Bu hesaplamalarda S_{kop} / σ_{ak} oranı ile σ_1 / σ_j oranı eşitliklerinden hangi hataların hangi sıcaklıkta gevrek - sünek kırılmasına sebep olabileceği bulunabilir.

Yapılan çalışmalar sonucunda oda sıcaklığında bir tane numuneyi çekme deneyine tabi tutarak elde edilen kopma ve akma değerleri matematiksel bir yöntemle akma geriliminin sıcaklığa bağılılığı hesaplanmış olur. Bu elde edilen değerler özel formüller ile hesaplanıp gevrek sünek kırılma sınırları bulunur.

SUMMARY

Today, metal construction is made of eutectoid steel that is low middle strong and little - low alloy, welding is usually used in production of this construction. The most dangerous zone of this construction is welding point.

Metal is out of balance during welding process because of internal and external factors. Internal structures of metal transform new ones after welding, like martensit. As a result; elasticity of metal decreases while its hardness increases, and also refraction possibility increases. 12 mm thick low carbon - steel is stretched with respect to standard stretch samples. Measurements that are obtained from experiment are checked their relation with temperature . In addition, hardness and average grain size for every zone are calculated. After that, they are shown on the table.

Our aim is to examine flowing stretch in this experiment temperature and loading conditions affect flowing stretch. Therefore, metal that loses elasticity will be able to broken. For this reason, breaking point must be checked. At this calculations proportions of S_{kop} / σ_{ak} and σ_1 / σ_j help us to find breaking temperature limit.

After experiments, mathematical calculations are completed, we see that there is a relation between stretch of metal and temperature. Crackly and elastic broken limits can be found with special equations using these obtained values.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. KONU

Günümüzde metal konstrüksiyonlarının yapımında en çok düşük-orta dayanımlı, az ve düşük alaşımlı (ötekoit altı) çelikler kullanılmaktadır. Bu türlü konstrüksiyonların yapımında kaynak kullanılır. Bundan dolayı bu konstrüksiyonların en tehlikeli bölgesi kaynak dikişi sayılır. Çünkü kaynak dikişi elde edildikten sonra çok küçük bir hacimde esas metal ve elektrot metali ergime sıcaklığına kadar getirilir. Kaynak banyosu küçük hacimde metale sahip olduğundan hızla soğur ve meydana gelen metalin iç yapısı dengeden kayar yani plastikliği azalır ve dayanımı artar.

Bundan başka banyo metalinin kırıstalizasyonu süresince (zamanında) çeşitli iç ve dış noksanların meydana gelme ihtimali yükselir. Böylelikle iç yapıda mekanik özelliklerin sertleşmesi çeşitli mikro ve makro hataların meydana gelmesi dış kuvvet etkisinden kaynak dikişinin kırılmasına sebep olabilir. Bu nedenlerin başında dikiş metalinin dayanımı ,plastiklik ve süneklik özelliklerine etki ederek akma gerilimine etki etmesidir. Bildiğimize göre bütün metal konstrüksiyonların projeleri dikiş metalinin akma gerilimine göre hesaplanırlar. Söz konusu olan çelikler HMK yapıya sahip olduğundan onlar gevrek kırılmaya daha yatkındır yani sıcaklığın azalması gerilim şemasının bir eksenden iki-üç eksenliliğe değişmesinden, dinamik etkilerden sünek ve yüksek plastikliğe sahip olan dikiş metalinin, akma geriliminin değişmesi nedeni ile gevrek hale geçmesi mümkündür.

Bundan dolayı bu tezin esas konusu söz konusu olan çeliklerin ve özellikle dikiş metalinin akma geriliminin sıcaklığa nisbeten değişmesini incelemek ve bunun esasında kaynak dikişlerinin çeşitli faktörlere göre gevrek kırılmalarını sayısal olarak bir kriteriyum şekline getirmektir. Bu konuyu gerçekleştirmek için sunulan tezde az karbonlu çeliklerden toz altı otomatik kaynağının rejimlerini değiştirerek elde edilmiş metallerinin iç yapıları incelenmiştir ve literatürde yayınlanmış olan akma geriliminin sıcaklığa bağlı olarak değişme formüllerini kullanarak gevrek kırılma sınır sıcaklıkları belirlenmiştir.

İşin esas amacı;

a)- Çekme gerilimin sıcaklığa bağlı olduğunu bir tane numuneyi, oda sıcaklığında deney yapmakla belirlemek.

b)- Özel kriter kullanmakla konstrüksiyonun sünek - gevrek kırılma sıcaklığının kaynak bölgesinde hatalara bağlı olduğunu belirlemek

1.2. GENEL BİLGİLER

1.2.1. Malzemenin Kaynak Kabiliyeti

Bir üretim yöntemi olarak, kaynak uygulanarak inşa edilmiş bir yapının, üretilmiş bir makine parçasının veya tamir edilmiş hasarlı bir parçanın kullanma emniyeti ve kalitesi sadece kullanılan ek kaynak metalinin türüne ve diğer bir deyim ile seçimine bağlı değildir. Bir kaynak bağlantısının özelliğine etkiyen faktörlerin en önemlisi kaynak işlemi sırasında oluşan yüksek sıcaklığın yerel dağılımı ve değişimi karşısında metalin davranışdır.

Pek az istisnası ile, hemen hemen bütün kaynak yöntemleri, kaynak edilen metalsel malzemenin kaynak bölgesinin yerel olarak erime veya metalin solidüsüne yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılmasını gerektirir. İşte böyle bir sıcaklığa kadar ısıtmayı izleyen soğuma, metalde iç yapı değişikliklerine neden olduğu gibi yüksek sıcaklık, kaynak metali, cüruf, esas metal, ve ortam atmosferi arasında bir takım kimyasal reaksiyonların oluşmasını da kolaylaştırır.

Bütün eritme kaynak yöntemleri temel olarak bir döküm işlemi andırır. Kaynak metali, elektrik arkı veya gaz alevinin yüksek sıcaklığı karşısında erir ve daha önceden hazırlanmış olan kaynak ağzı içine dökülür, bu arada kaynak ağzının kenar yüzeyleri de bir miktar erir ve dolayıcı ile erimiş kaynak metaline esas metal karışarak kaynak ağzı içinde katılaşır.

Kaynak yöntemlerinin geniş çaplı olması, katılaşma hızı, karmaşık mühendislik malzemelerinin soğutulması gibi konular göz önünde tutulduğu zaman, kaynak metalinin katılaşması oldukça karmaşık bir konu haline gelebilmektedir.

Böyle olmasına rağmen şu ana kadar katılmanın çeşitli yönlerini inceleyen pek çok kitaplar yayınlanmıştır (Borland ve Younger 1960, Matsuda et al 1976, Savage 1980, Easterling 1984, Brody 1986) ⁽¹⁾.

Kaynak havuzunun katılma yapısı mikroyapıya ve makroyapıya göre tanımlanır. Mikroyapı kimyaya ve soğutma oranı şartlarına, makroyapı ise kaynak havuzundaki ısı değişmelerine göre zerreciklerin kristalografik uyumuna bağlıdır. ⁽¹⁾

Savage ve meslektaşları hem teorik ve hem de uygulamalı olarak ispat ettikleri şey kaynak hızı arttıkça kaynak havuzunun şekli oval' den eliptik' e ve göz yaşı damlası şekline dönüşmesidir ⁽¹⁾.

Bu işlem sırasında kaynak edilen malzemelerin kaynak dikişine bitişik kısımlarında, metalin erime sıcaklığından ortam sıcaklığına kadar, değişik sıcaklık derecelerinde ısınmış bölgeler ortaya çıkar. Böylece malzemeye sıcaklık derecesi kaynak işleminde belirlenmiş bir ısı çevrim uygulanmış olur.

Bu olay özellikle çelik malzemeler için çok önemlidir. Düz karbon (ferrit-perlit) çelikleri en çok kullanılan mühendislik malzemeleridir. Düz karbon çeliklerin mekanik özellikleri tamamen çeliğin karbon içeriğine ve mikro yapısına bağlıdır. Karbon içeriği uygun bir bileşimi ısı işleminden geçirerek belirli mekanik özellikler (örneğin sertlik gibi) bazı belirli uygulamalarda cazip gibi görülen çeliğe has özellikler olabilir.

Fakat çeliğin kaynak yapılmış bölümleri genelde istenmeyen mikroyapı bölgelerinden ibaret olabilir. Çünkü hızlı katılaştırma ve kaynatma süresince katılan kompleks ısı çevrim mikroyapıya keskin değişikliklere sebep olur. Açıkça bu değişiklikler ısı işlemler süresince mikroyapıları dönüşümlere karşı hassas olan çeliklerde daha belirgin olmaktadır.

Kaynağın büyük bir imalat yöntemi olması, bu tür çeliklerin kaynaklanmasında mekanik özellikleri ve oksitlenme dirençleri, mikroyapısal değişikliklerin kötü etkileri ile alakalı sorunlar son yıllarda tartışılmıştır ⁽²⁾.

Sıcaklığın reaksiyonlar üzerine olan etkisi bilinen bir gerçektir ; genel olarak bütün reaksiyonların oluşum ve gelişim hızı ile metallerin birbiri içinde çözünme kabiliyeti yükselen sıcaklıkta artar ; örneğin, çökelme sonucu elde edilmiş olan bir takım özellikler yüksek sıcaklıklarda kaybolur.

Şu halde genel olarak kaynak işlemi, gerektirdiği yüksek sıcaklık derecesi dolayısı ile metalin iç yapısına bazı hallerde de kimyasal bileşimine etki etmekte ve sonuçta malzemenin özellikleri değişmektedir.

Az alaşımlı, yüksek mukavemetli modern yapı çeliklerinin cazip mekanik özellikleri bütünü ile iç yapılarının etkisi altındadır. İç yapı genel olarak hassas bir biçimde ayarlanmış kimyasal bileşim, dikkatli bir şekilde planlanmış bir ısı işlem çevrimi veya bazı hallerde de bir mekanik işlem ile kontrol altına alınabilir. İşte az alaşımlı, yüksek mukavemetli yapı çelikleri bu faktörlerin optimizasyonu ile elde edilmişlerdir.

Kaynak yapılan bir parçada, kaynak bölgesini erime bölgesi ve ısının tesiri altında kalan bölge (ITAB) olmak üzere iki bölümde inceleriz.

1.2.2. Erime Bölgesi

Bir kaynak dikişinin kesiti metalografik olarak incelendiğinde erimiş olan bölgeyi sınırlayan erime çizgisi gayet belirgin bir şekilde görülür. Metalin solidüsünden daha yüksek bir sıcaklık derecesine kadar ısınmış olan erime bölgesi kimyasal bileşim olarak esas metal ve ek kaynak metal (elektrot metal) karışımından ibarettir. Karışım oranı, her pasoda farklı olduğundan, her pasonun kimyasal bileşimi de birbirinden farklıdır⁽³⁾.

Tek pasolu kaynak dikişlerinde, bu bölgede esas metal ve kaynak metal, kaynak banyosundaki şiddetli türbülansla iyice karışmıştır ve oldukça homojen bir bileşim gösterir.

Erime bölgesinde esas metalin kaynak metaline oranı, uygulanan kaynak yöntemi ve paso sayısına bağlı olarak geniş bir aralık içinde değişir.

Erime bölgesinden, esas metal ve kaynak metal oranı tam olarak bilinse dahi hesap yolu ile erime bölgesinin bileşiminin belirlenmesine imkan yoktur, çünkü birçok

alaşım elementleri kaynak anında yanma dolayı sı ile kayba uğrarlar. Bu kayıpları azaltmak için kaynak bölgesi, kaynak süresince atmosferin etkisinden korunur.

İyi bir kaynak bağlantısı, kaynak bölgesinin atmosferin etkisinden korunması ile elde edilir; zira, oluşan kimyasal ve metalurjik reaksiyonlar ancak bu şekilde kontrol altına alınabilir.

Oksijenle olan reaksiyonları kontrol etmek için erime bölgesine çeşitli yöntemlerle (örtüye, toza, tele katılarak) dezoksidasyon maddeleri ile alaşım maddeleri katılır. Bu bölge ayrıca bir cüruf örtüsü veya oluşturulan kontrollü bir atmosferle de korunur.

Sıvı haldeki metal içinde atomlar birbirleri arasında hareket serbesti sitesine sahiptirler. Soğuma sırasında; sıcaklık, metal veya alaşımın katılma noktasına kadar düşünce, atomların kristal kafesleri meydana getirmek üzere birleşmeleri ile çekirdek oluşur. Bu sırada metalden ısı çekilir ve soğutmaya devam edilirse, çekirdekler taneleri oluşturmak üzere yeni atomların ve kristal kafeslerin ilavesi ile büyümeye devam eder. Katılma anında ortaya çıkan erime ısısı doğal soğuma hızını etkileyerek tanelerin fazla büyümesini önler. Tanelerin büyüebilmesi için ısının sürekli olarak metalden çekilmesi gereklidir. Kaynak halinde ısının büyük bir kısmı erime bölgesinden kondüksiyonla esas metale iletilir, dolayısıyla soğuma yönünde paralel, oldukça iri silindirik taneler oluşur.

Özellikle kalın parçaların, tek paso ile yapılmış kaynak dikişlerinde bu iri silin dirik tanelerin birleştiği orta kısımlarda gayri safiyet elementleri ve kalıntılarının segregasyonuna rastlanılır; bu olay, bu tür dikişlerin zayıflamasına neden olur.

1.2.3. Isının Tesiri Altında Kalan Bölge

Metalsel malzemeler bir kaynak işlemi gördükleri zaman, kaynak dikişine bitişik olan bölge, kaynağa uygulanmış olan sıcaklık derecesinin, daha doğrusu ısıl çevrimin etkisi altında kalır. Yüksek mukavemetli yapı çeliklerinde bu ısıl çevrim, çeliğin elde edilişi esnasında görmüş olduğu ısıl çevrimden farklı olduğundan, ortaya iç yapısı, buna bağlı olarak da mekanik özellikleri farklı bir yapı ortaya çıkar.

Erime çizgisinin esas metal tarafında, kaynak sırasında uygulanmış olan ısının oluşturduğu çeşitli ısıl çevrimlerden etkilenmiş ve dolayı sı ile iç yapı değişimine

uğramış bir bölge vardır; bu bölgeye, ısının tesiri altında kalan bölge adı verilir (ITAB).

Isının tesiri altında kalan bölge kaynak metali ile esas metalin birleştiği sınırdan başlayarak, kaynak işlemi anında sıcaklığı içyapı, dolayısı ile metalin özelliklerini etkilediği bölgedir.

Çeliklerin kaynağında, bu bölgede sıcaklık 1450- 700 ° C arasında değişmektedir; burada erişilen maksimum sıcaklığa bağlı olarak çeşitli içyapı ve özellik gösteren bölgeler görülür⁽³⁾.

Bu bölgede erişilen maksimum sıcaklık derecesi, kaynak dikişi eksenine olan uzaklığın ve sıcaklık değişimi de zamanın fonksiyonu olarak bilinirse; kaynak işlemi sonunda oluşabilecek içyapı, esas metalin özellikleri ve bileşimi göz önünde tutularak bir dereceye kadar önceden tahmin edilebilir. Kaynak sırasında ısının tesiri altında kalan bölge hızlı bir şekilde ısınmakta ve sonrada parça kalınlığı, kaynağa uygulanan enerji ve ön tav sıcaklığının fonksiyonu olarak gene hızlı bir biçimde soğumaktadır. Çeliğin bileşimine göre bu soğuma hızı, kritik soğuma hızını aştığında, genellikle 900 ° C' nin üstünde bir sıcaklığa kadar ısınmış bölgelerde sert, dolayısı ile kırılğan bir yapı elde edilir.

Genellikle, ısının tesiri altında kalan bölge diye adlandırılan bu bölge kaynak bağlantısının en kritik bölgesidir ve birçok çatlama ve kırılmalar bu bölgelerde oluşurlar.

Bütün eritme kaynak yöntemlerinde, özellikle elektrik ark kaynağında soğuma hızı; sertleşme eğilimi fazla olan çeliklerde, gereken önlemler alınmadığı zaman, ısının tesiri altında kalan bölgede, martenzit adı verilen, çeliğin su verme işleminden sonraki sert halini belirten yapının oluşumunu sağlayacak şiddettedir. Kaynak metali için yani erime bölgesi için böyle bir tehlike yoktur; zira elektrot üreticileri tarafından kaynak metalinin bileşimi, hızlı soğuma halinde dahi sertleşme oluşmayacak şekilde hazırlanmıştır.

Isının tesiri altında kalan bölgede sert ve kırılğan bir yapının ortaya çıkması, soğuk çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Kaynaktan sonra ortaya çıkan iç gerilmelerin ,çalışma şartlarındaki zorlamaların ve kaynak banyosundan yayılan

hidrojenin etkilerinin birbiri üzerine çakışması ve sertleşen bölgenin plastik şekil değiştirme özelliğinin azalması nedeni ile kılcal çatlaklar oluşmaktadır. Genellikle yüzeyden görülmeyen bu çatlaklar ,zamanla kritik büyüklüğe erişince ,hiç beklenmedik bir anda ve büyük bir hızla (elik içerisindeki ses hızının yaklaşık 1/3 ü kadar)parçanın kaynak dikişine paralel olarak boydan boya kırılmasına neden olur.

Bir metalsel malzeme ,şayet ısının tesiri altında kalan bölgedeki özellikleri fazla miktarda tahribe uğramamışsa kaynağa uygun olarak kabul edilebilir. Bazı hallerde bu bölgenin özelliklerinin korunması bakımından, özel önlem ve yöntemlere gerek duyulabilir; işte bu gibi durumlarda malzemenin kaynak kabiliyeti özelliğinin incelenmesi gerekir.

Kaynak kabiliyeti kesin ve kantitatif olarak ifade edilmeyen , kompleks bir anlamı olan bir özelliktir. Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün IX no' lu komisyonu kaynak kabiliyetini şu şekilde açıklamaktadır

“Bir metalsel malzeme, verilen bir yöntem ile bir dereceye kadar kaynak edilebilir; uygun bir yöntem uygulanarak metalden bağlantı elde edildiği zaman, bağlantı yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyona etkisi bakımından, belirlenmiş bulunan özellikleri sağlamalıdır”⁽³⁾.

Kaynak kabiliyeti yalnız malzemeye ait bir özellik değildir. Aynı zamanda kaynak yöntemine ve konstrüksiyona da bağlıdır. Bir malzeme bir kaynak yönteminde gayet iyi bir kaynak kabiliyeti göstermesine rağmen diğer bir yöntemde zayıf bir kaynak kabiliyetine sahip olabilir.

Bir metalsel malzeme yüksek derecede kaynak kabiliyetine sahiptir denildiği zaman özel önlemlere başvurulmadan, tatminkar bir kaynak kalitesinin elde edilebileceği anlamı ortaya çıkmaktadır.

Kaynak kabiliyeti malzemeye ve konstrüksiyona ve kaynak yöntemine bağlı olarak değişir, iyi bir kaynak kabiliyeti derecesinde, kaynak bölgesini mekanik ve kimyasal özellikleri mümkün olduğu kadar esas metale yaklaşmış olmalıdır.

Kaynak açısından en önemli nokta bazı tür çeliklerde görülen yüksek sıcaklıktan itibaren hızlı soğuma sonucunda ortaya çıkan sertleşmedir. Çeliğin bileşimine ve soğuma hızına bağlı olarak 64 HRC' ye kadar çıkabilen bu sert yapıya

martenzit adı verilmektedir. Martenzit çok sert ve kırılındır. Sertliği ise içerdiği karbon miktarına bağlıdır.

Uluslararası Kaynak Enstitüsü' nün Kaynak Kabiliyeti Komisyonu, çatlamaya karşı bir emniyet olarak ITAB' de sertliğin 350 HV' i aşmamasını önermektedir. Sertleşme özelliğine sahip elikler ITAB' nin sertliğini düşürmek için en emin yol parçaya kaynaktan önce bir ön tavlama uygulamak ve bu sıcaklık derecesinde kaynağı yapmaktır. Bu şekilde soğuma hızı da, kritik soğuma hızından yavaş bir hıza düşürülmektedir. Birçok kitap yazarlarınca önerilen ikinci bir yöntemde parçaya kaynaktan sonra bir normalizasyon tavlamsı uygulamaktır. Bu şekilde parça normalize edilmiş olduğundan ITAB' de martenzite rastlanmaz.

Kaynakta, eliğin sertleşme eğilimini belirten bir diğer sayının bulunması buna bağlı olarak uygulanacak ön tav sıcaklığını belirten bir formül elde edilmesi için birçok teorik ve uygulamalı çalışma yapılmıştır. Bütün bu çalışmalara dayanarak uygulama da çok kolay bir biçimde sonuca giden bir çözüm geliştirilmiştir. Karbon eşdeğeri olarak adlandırılan bu çözümde çeliğin bileşiminde varolan alaşım elementlerinin miktarları bir formülde yerlerine konarak bir değer hesaplanır ve bu değere bağlı olarak da ön tav sıcaklığı seçilir.

Karbon eşdeğerinin hesaplanması konusunda, literatürde çok değişik formüllere rastlanılmaktadır. Bunlar salt bilimsel açıdan düşünöldüğünde, ne çelikleri sınıflandırmak için kriter olabilmekte ve ne de kaynak kabiliyetinin bir ölçüsü olarak kullanılabilmektedir. Ancak, uygulamada kullanılabilen ve doyurucu sonuçlar veren ampirik bağlantılardır.

1.2.4. Bugün en fazla kullanılan karbon eşdeğer formülleri şunlardır ⁽²⁾:

1. Dearden ve Neill karbon eşdeğer formülü

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{5} \quad (1-1)$$

2. Kihara, Suzuki ve Tamura'nın geliştirdiği karbon eşdeğer formülü

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \quad (1-2)$$

3. B.J. Bradstreet' e göre karbon eşdeğer formülü

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Cr}{10} + \frac{Mo}{10} + \frac{V}{10} + \frac{Ni}{15} \quad (1-3)$$

4. Societe National de Chemindefer (Fransa) nın kullandığı karbon eşdeğer formülü.

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{P}{2} + \frac{Cr}{5} + \frac{Cu}{13} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} \quad (1-4)$$

5. K. Winterton' a göre karbon eşdeğer formülü

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{10} + \frac{Cu}{40} + \frac{Mo}{50} + \frac{Ni}{20} + \frac{V}{10} \quad (1-5)$$

6. Uluslararası Kaynak Enstitüsünün IX No' lu Komisyonuna göre karbon eşdeğer formülü:

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Cu}{15} + \frac{Mo}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{V}{5} \quad (1-6)$$

Bütün formüllerde karbon ve kısmen mangan haricindeki bütün elementlerin etkinlikleri farklı öngörülmektedir.

Bugün, bir çeliğe iyi bir kaynak kabiliyetine sahiptir diyebilmek için aşağıdaki iki hususun bir arada bulunması gerekir ⁽⁴⁾.

Kaynak dan evvel ve sonra iyi bir süneklige sahip olmalıdır.

Kaynak metali esas metal ile karistigi zaman gevrek olmayacak bir kimyasal bileşim vermelidir ⁽⁴⁾.

Bu iki nokta ilk bakışta gayet basit görünmesine rağmen, gerçekte birçok şartların bir araya getirilmesine ihtiyaç gösterilmektedir. Kaynak kabiliyetine ve çatlama rizikosuna tesir eden faktörleri, şöyle gruplandırmak mümkündür.

A-Esas metal

a- Bileşim

b- Kalınlık

c- Isıl işlem durumu

d- Süneklilik

e- Sıcaklık

f- Safiyet ve homojenlik

B- İlave metal

a- Bileşim

b- Akma sınırı ve süneklilik

c- Hidrojen muhtevası

d- Safiyet ve homojenlik

e- Elektrot çapı(kaynak sırasında parçaya verilen ısı miktarı)

C- Diğer Faktörler

a- Erime derecesi (ağız formu)

b- Rijidite

c- Forum faktörü (geçiş)

d- Kaynak sırası

e- Kaynakçının kabiliyet

Çatlamaya tesir eden faktörleri, bir başka şekilde de, aşağıdaki üç grupta toplamak mümkündür⁽⁴⁾.

A- Dış faktörler (direkt kontrol edilebilenler)

a- Esas metalin bileşimi

b- Esas metalin kalınlığı ve sıcaklığı

c- Kaynak ağzının boyutları

d- Rijidite veya zorlama

e- Elektrot örtüsü, çapı ve bileşimi

f- Ark gerilimi, akım şiddeti ve kaynak hızı

B- İç faktörler (in direk olarak kontrol edilebilenler)

a- Soğuma hızı

b- Nüfuziyet miktarı ve dikiş kalınlığı

c- Kaynağın şekli

d- Dış zorlamalardan hasil olan kuvvet dağılımı

e- Kaynak bağlantısının geometrisi

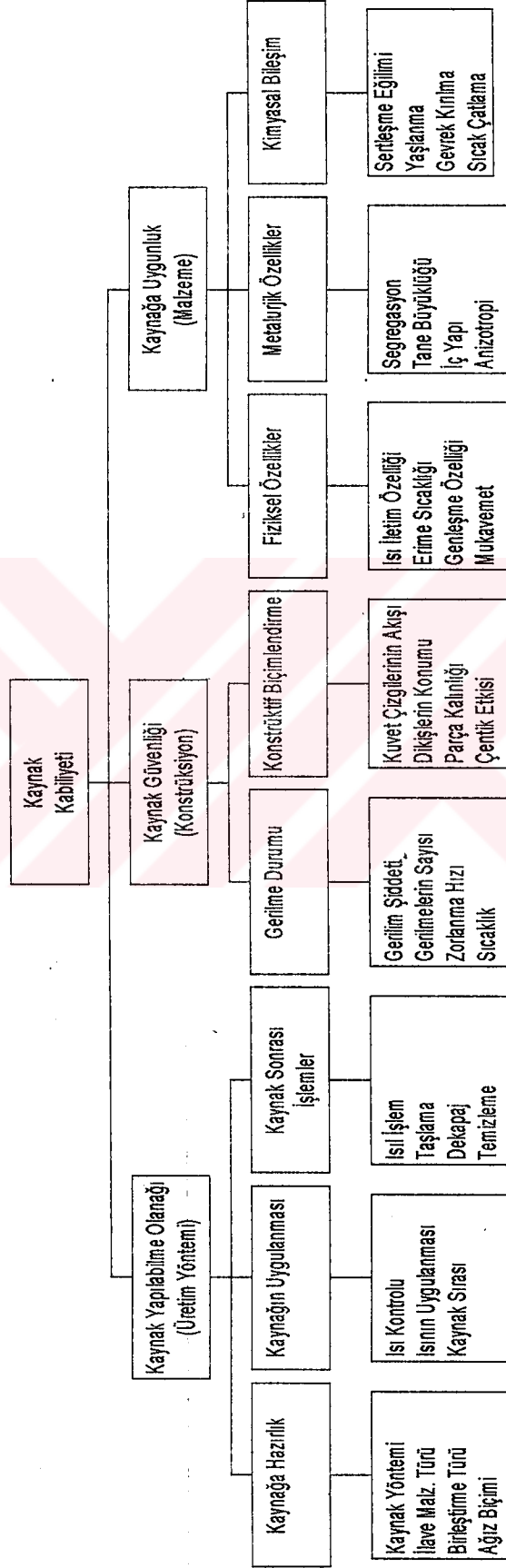
C-Tabii faktörler (deney ile kontrol altında tutulabilenler)

a- Isıl geçirgenlik

b- Çeşitli sıcaklıklardaki fiziksel özellikler

c- Çeliğin allotropik dönüşümleri

Tablo 1 Kaynak Kabiliyetini Etkileyen Faktörlerin Şematik Olarak Gösterilişi⁽³⁾



Bir kaynak bağlantısında soğuk çatlamayı teşvik eden faktörlerin başında ısının tesiri altında kalan bölgenin sertleşmesi gerekir. Yapılan bu çalışmada birçok değişkenler değiştirilerek kaynak bölgesinde de ve ısının tesiri altında kalan bölgedeki iç yapı ve mekanik değişimleri etüt edilmiştir.

1.3. Kaynak İşleminde Sıcaklığın Değişimi

Araştırmacılar tek paso ile yapılan elektrik ark kaynağındaki soğuma hızları ile ilgili olarak, çeşitli matematiksel ifadeler ortaya atmışlardır. Aslında bu matematik analizler basit kabuller üzerine inşa edildiğinden, geliştirme açısından pek uygun değildir. Bu gibi araştırmalarda, deneysel bir ölçme ile elde edilen sonuç, bir matematiksel yaklaşımdan çok daha elverişlidir.

Arzu edilen bir (T) sıcaklığındaki analizde ön tavlama sıcaklığı (T_0), kaynak ısı (I/V), levha kalınlığı (t) olduğuna göre, dikiş dibindeki soğuma hızı için aşağıdaki bağlantılar çıkartılmıştır.

1.3.1. Ön tavlama sıcaklığı için:

Soğuma hızı, $(T - T_0)^{1,7}$ ile orantılıdır.

1.3.2 Isı miktarı (kaynak ısı) için:

Soğuma hızı, $(I/V)^{-1,7}$ ile orantılıdır.

1.3.3. Levha kalınlığı için:

Soğuma hızı, $(1 + (2/\pi)\arctan(t-t_0)/\alpha)$ ile orantılıdır.

(t_0) ve (α) , (T) sıcaklığına bağlı parametrelerdir. Burada yukarıdakilere bağlı olarak bir (P) parametresinden söz edilebilir.

$$P = \left(\frac{T - T_0}{I/V} \right)^{1,7} \times \left(1 + \frac{2}{\pi} \arctan \frac{t - t_0}{\alpha} \right) \left[\frac{0 Cmm}{A.dak} \right]^{(1)}$$

Burada:

T: Arzu edilen kaynak sıcaklığı,

T₀: Ön tavlama sıcaklığı

I / V: Kaynak ısısı

t: levha kalınlığı

Sabitelerin değerleri ise;

$$t_0 \text{ (in)} \dots \frac{T}{0,39}, \frac{T}{0,56}, \frac{T}{0,78}$$

$$\alpha \text{ (in)} \dots 0,08, 0,16, 0,39$$

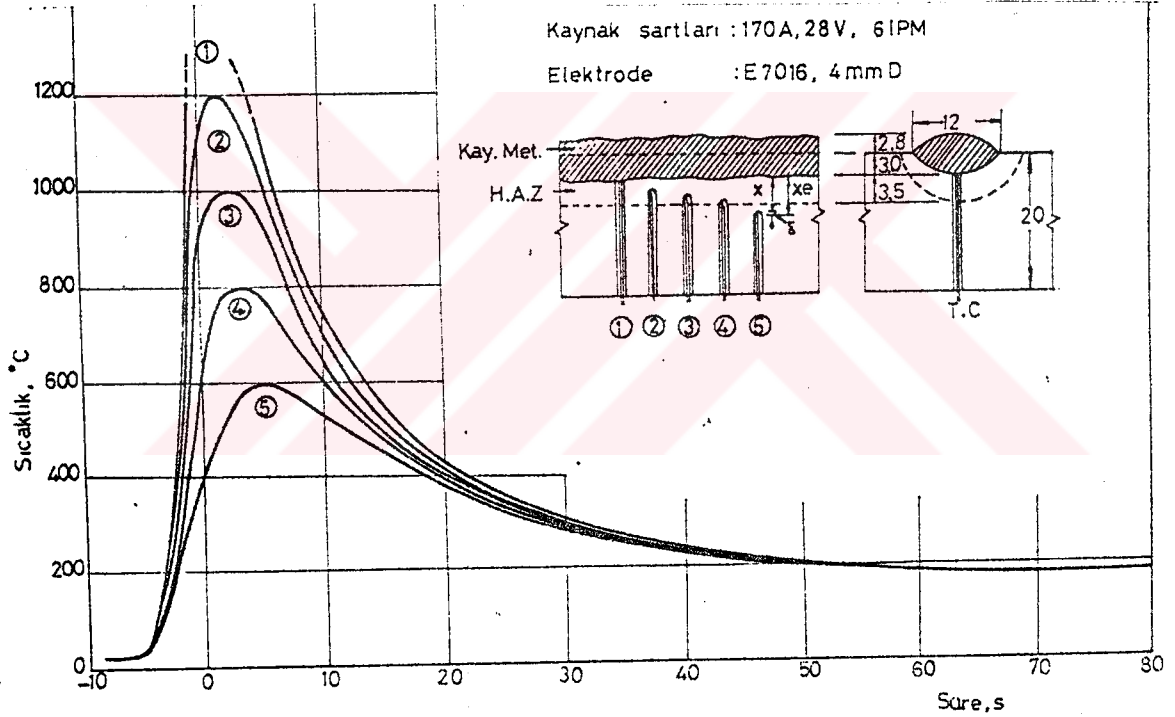
Tek paso ile elektrik ark kaynağı yapılan bir kaynak dikişinin, ısının tesiri altında kalan bölgedeki soğuma hızlarının (P) parametresine bağlı olarak değişimi ön tavlama sıcaklığının, kaynak akımının, kaynak hızının ve levha kalınlığının soğuma hızına etkisi KİHARA, -SUZUKİ, -KANATANI tarafından özetlenmiştir⁽⁵⁾.

Tek paso ile düz olarak elektrik ark kaynağı yapılmış bir kaynak dikişinde, ısının tesiri altında kalan bölgenin çeşitli noktadaki sıcaklık çevrimleri şekil 1.1' de verilmiştir.

Burada kaynak metalinden itibaren çeşitli uzaklıklarda yapılan ölçmeler ile birtakım soğuma eğrileri elde edilmiştir. Kaynak yapılırken, ısının tesiri altında kalan bölgede bir sertleşme meydana gelir. Bu ise arzu edilmez bir durumdur. Bilhassa ısının tesiri altında kalan bölgede oluşan sertleşme, sünekliliği ortadan kaldıracak, dolayısı ile çatlama ve kırılmaya sebep olacaktır⁽⁵⁻⁶⁾.

Tek paso ile düz olarak elektrik ark kaynağı yapılmış bir kaynak dikişinde ve ısının tesiri altında kalan bölgenin (ITAB) çeşitli noktalarında sıcaklık çevrimleri ölçülmüş ve şekil 1.1' de verilmiştir.

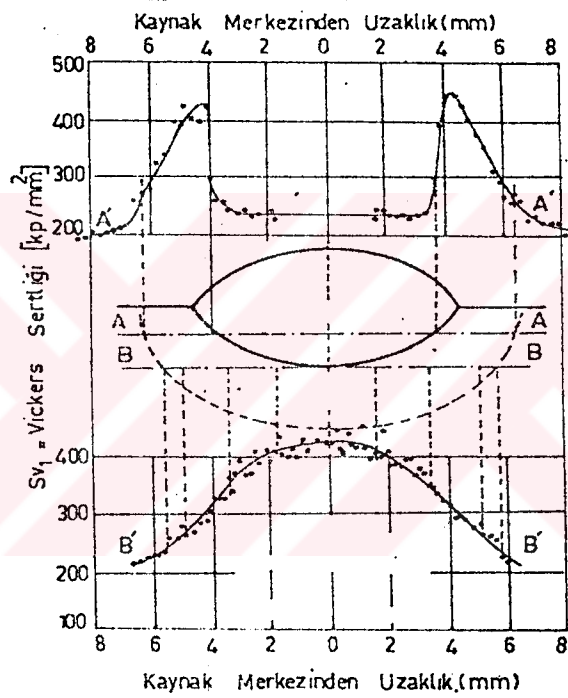
Şekilde kaynak metalinden itibaren çeşitli uzaklıklarda yapılan ölçmeler ile birtakım soğuma eğrileri elde edilmiştir. Kaynak yapılırken, ısının tesiri altında kalan bölgede (ITAB) bir sertleşme meydana gelir. Bu sertleşme arzu edilmeyen bir durumdur. Bilhassa ısının tesiri altında kalan bölgede oluşan sertleşme, sünekliği ortadan kaldırır, dolayısı ile konstrüksiyonun gevrek kırılmasına sebep olabilir.



Şekil 1.1 Tek paso ile elektrik ark kaynağı yapılmış bir kaynak dikişinde, ısının tesiri altında kalan bölgenin, kaynak metalinden itibaren çeşitli uzaklıktaki sıcaklık dağılımı⁽¹⁾.

OKADA ve SUZUKİ⁽⁷⁾, 20 mm kalınlığındaki manganez - silisyum alaşımlı ve yüksek mukavemetli bir çeliğe; 4 mm çapındaki bir bazik elektrotla 170 amper akım şiddetinde ve 150 mm / dak'lık bir kaynak hızı ile düz bir paso çekmiş ve sonra ısının tesiri altında kalan bölgenin sertlik dağılımını ölçmüştür.

Şekil 1-2 'de sertliklerin ölçülmesi iki şekilde yapılmıştır. Bunardan birisi parça yüzeyinin 1 mm altındaki (şekildeki A çizgisi) doğru, diğeri ise, kaynak pasosunun dibine teğet (şekildeki B çizgisi) doğru boyuncadır.



Şekil 1-2 Tek paso ile elektrik ark kaynağı yapılmış bir Mn-Si alaşımlı yüksek mukavemetli çeliğin ısının tesiri altında kalan bölgedeki sertlik dağılımı⁽¹⁾.

SUZUKİ, TAMURA, KAWANA ve HASIGUCHI⁽⁸⁾ yine 20 mm kalınlığındaki mangan - vanadyum - titanyum hafif alaşımlı ve yüksek mukavemetli bir yapı çelikleri üzerinde, OKADA ve SUZUKİ⁽⁷⁾ nin kullandığı aynı kaynak şartlarında araştırmalar yapmış ve maksimum sertliğin, kaynak pasosunun hemen yanındaki iri taneli martenzitik bölgede olduğunu tespit etmişlerdir.

Isının tesiri altında kalan bölgedeki soğuma hızı ile meydana gelen maksimum sertlik arasındaki bağıntı, çeliklerin kaynak kabiliyeti için çok önemli bir indistir.

Bu bağıntıyı yine KIHARA- SUZUKI ve KANATANI ⁽⁹⁻¹⁰⁾ üç yüksek mukavemetli hafif alaşımlı çelikler için ve araştırmalar neticesi doğrulanmıştır.

Soğuk çatlamadaki kritik maksimum sertlik konusu, OTANA ⁽¹¹⁾ tarafından yapılan çalışmalarla araştırılmıştır. OTANA, ısının tesiri altında kalan bölgedeki kritik maksimum sertliğin TEKKEN ⁽¹²⁾ çatlama nedeni ile incelemiştir. 350 kg /mm² vickers olan kritik sertlik değeri TEKKEN çatlama deneyinde de elde edilmiştir.

EVANS - SMOLSEN ve AUGLAND ⁽¹³⁾ ile GRANSON ⁽¹⁴⁾, ısının tesiri altında kalan bölgedeki soğuk çatlama meylini tespit etmek için ,yüksek mukavemetli hafif alaşımlı yapı çeliklerine, kaynak esnasında dikişe dik istikamette bir çekme gerilmesi tatbik ederek uygulama yapmışlardır. Bu çalışmada,çatlama ile ilgili üç faktör belirlenmiştir. Bunlar; dönüşmeler, gerilmeler ve hidrojen miktarıdır.

1.4. Kaynak Parametrelerinin (rejimlerinin) Seçimi .

Kaynak parametreleri kaynak işleminin ve elde edilen kaynak bağlantısının kalitesini belirleyen en önemli etmenlerdir ;bunlar kaynaklanan metal veya alaşım ile kaynak metalinin türü ve kaynak ağız ve parça geometrisi göz önünde bulundurularak belirlenir.

Bu parametreleri , kaynak öncesi belirlenen ve kaynak süresince değiştirilmesi mümkün olmayan parametreler ile birinci ve ikinci dereceden ayarlanabilir parametreler olmak üzere üç ayrı grupta incelenebilir. Kaynak öncesi belirlenen parametreler elektrot türü elektrot çapı ve kaynak akım türüdür. Bunları kaynağa başladıktan sonra değiştirmek ve etkilemek mümkün değildir⁽³⁾.

Birinci derecede ayarlanabilir diye adlandırılan ikinci gruba giren parametreler kaynak dikişini kontrol altında tutan dikişin biçimini , boyutlarını, ark stabilizesini etkileyen değişkenlerdir. Bu parametreler kolaylıkla ölçülebildiği gibi ,gerektiğinde işlemi daha etkin bir biçimde kontrol altına alabilmek için ayarlanabilir. Bu parametreler akım şiddeti,ark boyu ve kaynak hızıdır.

Üçüncü gruba giren parametreler kaynak işlemi esnasında değiştirilebilen, dikişin biçimini etkileyen ,buna karşın ölçülmesi zor olan parametrelerdir ki, örtülü elektrot ile ark kaynağında bunlar, kaynak esnasında elektrotun konumunu belirleyen çalışma ve hareket açılarıdır.

1.5. Kaynak Öncesi Belirlenen Parametreler

1.5.1. Elektrot Türü

Genel olarak elektrot türü seçimi kaynaklanacak malzemenin türü, kalınlığı, geometrisi, bulunduğu ortam ve kaynağın uygulama biçimine göre belirlenir

Elektrot karakterleri kaynak dikişinin nufuziyetine, elektrotun erime gücü üzerine ihmal edilemez etkisi vardır.

Dikişin biçimi de elektrot karakterinin etkisi altındadır; demir tozlu elektrotlar ile daha yaygın ve geniş dikişler elde edilir, demir tozlu veya potasyum bileşikleri içeren rutil karakterli elektrotların nufuziyetleri zayıftır; bazik ve rutil karakterli elektrotlar ise orta derecede nufuziyetli dikişler verir.

1.5.2. Elektrot Çapı

Belirli bir iş için elektrot çapı seçimi genel olarak kaynaklanacak parçanın kalınlığı ve pozisyonuna göre belirlenir. Kalın çaplı elektrotlar yüksek akım şiddeti ile kullanıldıklarında kalın parçalara uygulanır ve bu şekilde hem kaynak ağzında gereken tam erime sağlandığı gibi toplam kaynak süresi de kısalmır.

Bu tür malzemelerin kaynağında ısı girdisinin belirli aralıklarda tutulması gereklidir, bu da ancak uygun elektrot çapı seçimi ile sağlanabilir.

Bir çok hallerde parçanın bir paso ile kaynak edilmesi arzu edilmez; zira her paso bir önceki pasonun kaynak bölgesinde bir temperleme etkisi yaparak mekanik özelliklerini geliştirir. Özellikle bazı tür çeliklerde çok önemli olan bu konu da, elektrot çapı seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır.

Aşırı kalın çaplı elektrot kullanarak gerektiğinden daha kalın kaynak dikişleri yapmak ekonomik olmadığı gibi, çarpılama ve iç gerilim oluşumunu da şiddetlendirmektedir.

1.5.3. Akım Türü

Ark kaynağında uygun elektrot ile doğru akım, gerekse de alternatif akım kullanılabilir. Kaynak akım türü, kutuplanma ve elektrot örtü biçimi, erime gücü ve dikişin nüfuziyetini etkileyen önemli faktörlerdir.

Genel olarak verilmiş bir elektrot için erime gücü kaynak akımının arka sağladığı ısı enerjisi ile orantılıdır; bu enerjinin bir kısmı elektrotun ve örtüsünün ve diğer kısmı da iş parçasının kaynak ağzının erimesinde kullanılmaktadır.

Doğru akım her türlü elektrot ile daha stabil bir ark oluşturur ve kaynak metalin taşınımı alternatif akımdan daha yumuşak bir biçimde gerçekleşir, sıçrama kayıpları azdır, buna karşın ark üfleme tehlikesi vardır. En derin nüfuziyet doğru akımda ters kutuplanma (elektrot pozitif) ile elde edilir, bunu azalan sıra ile alternatif akım ve doğru akım, düz kutuplanma (elektrot negatif) takip eder. Buna karşın doğru akım düz kutuplanma en yüksek, doğru akım ters kutuplanma ise en az erime gücü sağlar.⁽³⁾

1.6. BİRİNCİ DERECEDE AYARLANABİLİR PARAMETRELER

1.6.1. Kaynak Akım Şiddeti .

Kaynak parametrelerindeki değişmelerin kaynak havuzunun şeklini ve ölçüsünü (hacmini) etkilediği bilinmektedir. Yükselen kaynak akımı güç miktarını ve kaynak hacmini yükseltir, bunu hem point - source (nokta kaynağı), hem de distributed - source (dağılmış) kaynak temasıyla çözüme uygun biçimde yapar. Yükselen kaynak akımı diğer bir çok etkiyi de meydana getirir. İlk olarak, daha yüksek bir kaynak akımı Lorentz gücünü artırarak kaynak havuzundaki elektromanyetik hareketi yükseltir. Bu yüzden daha yüksek akım şiddeti daha derin, daha dar kaynaklar oluşturmaya meyillidir⁽¹⁵⁾.

İkinci olarak, Lorentz kuvveti yeterince genişlediğinde kaynak havuzunda ark altında bir vorteks oluşabilir. LIN ve EEGER (1984). Böyle vorteksler 250 amper'in üzerinde 304 tipi paslanmaz çeliklerin GTA kaynaklarından gözlenmiştir⁽⁵⁾.

Üçüncü olarak, daha yüksek akımlar maksimum ısı giriş oranını arkın merkezi altındaki kaynağa kadar yükseltir, aynı zamanda havuz ısını da artırır ve aynı zamanda ısı giriş dağılımını da genişletir (TSAI 1983).

Bu durum kaynak havuzundaki yüzey gerilim ölçülerini değiştirecektir ve böylece sıvı akışı da değişecektir. Kaynak akım şiddetinin artması, diğer değişkenler sabit kalması şartı ile eriyen metal miktarının, dikişin nufuziyeti ile boyutlarının artmasına neden olur. Akım şiddetinin aşırı yükselmesi düzgün olmayan bir kaynak dikişi elde edilmesine neden olur ve ayrıca dikişte çatlaklar ortaya çıkarabilir.

Kaynak akım şiddetinin azalması da diğer değişkenler sabit kalması şartıyla eriyen metal miktarının ve nufuziyetin azalmasına neden olur. Çok düşük akım şiddetlerinde esas metalde erime olmaz ve kaynak metali esas metal ile yeterli bir birleşme yapamaz.

Hess- Merrill - Nippes - Bung ⁽⁶⁾, kaynak akım şiddeti, ark gerilimi ve kaynak hızının soğuma hızına tesirini (EI/V) parametresi ile ifade etmiştir (Kaynak dikişinin birim uzunluğuna düşen ısı miktarı).

Bazı araştırmacılar ise (EI/V) parametresi yerine $(I/V^{1/2})$ parametresini ileri sürmüşlerdir. SUZUKİ ve KUBAYASHİ ⁽⁷⁾ ile KIHARA, SUZUKİ ve KANATANI ⁽⁸⁾ yapmış oldukları araştırmalarda, ısının tesiri altında kalan bölgedeki soğuma hızlarının (EI/V) ve (I/V) parametreleriyle bağıntılarının karşılaştırmışlar ve (I/V) ' nin (EI/V) ' den daha uygun olduğunu görmüşlerdir.

1.6.2. Ark Gerilimi (Ark Boyu)

Ark boyu kaynak esnasında erimiş kaynak banyosunun yüzeyi ile elektrot telinin ucu arasındaki uzaklıktır ve ark gerilimini belirleyen etmendir, ark boyu uzadıkça ark gerilimi yükselir.

Ark boyu, dolayısıyla da ark gerilimi dikişin biçim ve kalitesi bakımından en önemli etmenlerden bir tanesidir. Ark boyunun uzaması yani ark geriliminin artması geniş ve yaygın bir kaynak dikişinin ortaya çıkmasına neden olur. Ark boyunun daha fazla olması düzgün olmayan, çok az nufuziyetli kaynak dikişine sebep olur.

1.6.3. Kaynak Hızı

Kaynak hızı da kaynak dikişinin biçimini ve nufuziyetini etkileyen önemli etmenlerden bir tanesidir. Kaynak hızının artması, diğer değişkenler sabit kalmak şartı ile kaynak dikişinin genişliğinin azalmasına ve optimum bir değere kadar nufuziyetin artmasına neden olur; bu hız değeri aşıldık dan sonra nufuziyetde azalma başlar. Kaynak hızının aşırı artması çok küçük kesitli ve kenarları düzgün olmayan bir kaynak dikişinin ortaya çıkmasına neden olur. Kaynak hızının aşırı azalması aşırı derecede kaynak metalinin ağız üzerine, kenarlarda erime yapmadan yığılmasına ve emniyetsiz bir dikiş oluşumuna neden olur.

1-7 ERİTME KAYNAĞININ PRENSİBİ

Eritme kaynağının prensiplerini, bir metal levha yüzeyi üzerindeki küçük bir alanın erimesini göz önüne alarak anlayabiliriz Şekil (1-3). Katı metal erime sıcaklığına ulaştığında, levha yüzeyi üzerinde mevcut olan oksit filmleri parçalanır ve ya demir ve bakırda olduğu gibi erimiş metale karışır ya da alüminyumda olduğu gibi yüzey üzerinde yüzer.

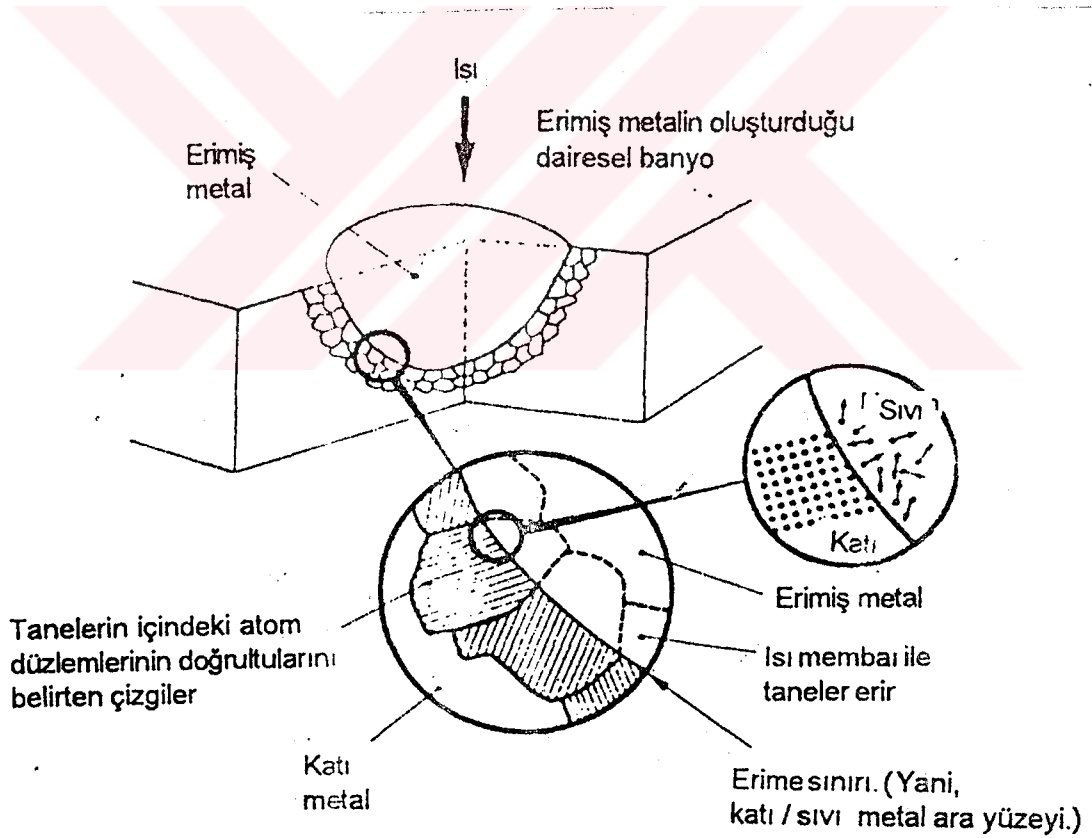
Birleşme çizgisinde iki bölge mevcuttur. Bunlardan biri, ısınmış olmakla birlikte metallerin karakteristik yapısı olan düzenli kafes yapısını hala muhafaza eden katı metaldir. Parlatılmış ve dağlanmış metal yüzeyinin mikroskop altında etüdü ağ şeklinde oluşmuş bir yapının varlığını ortaya çıkarır ⁽¹⁶⁾. Bunlar, içinde atomların düzenli bir şekilde dizildiği (kafes yapısı) tanelerin sınırlarıdır. Tane sınırları atomların diziliş doğrultularının yön değiştirdiği sınırlardır. Şekil 1-3' de sadece iki boyutlu bir modeli göstermekte olup gerçekte atomlar her üç doğrultuda da üniform olarak düzenlenirler.

İkinci bölge, kafes yapısının artık mevcut olmadığı ve içinde atomların düzensiz bir şekilde hareket ettiği erimiş bir banyodur. Eğer sıvı ve katı metal arasındaki ara yüzeyi gözlemleyebilseydik herdir tanedeki kafes yapısının kesilmiş olduğunu ve herdir atom dizisinin sonundaki katı atomların erimiş metalle karşı karşıya kalmış olduğunu görürdük. Erimiş banyo soğumaya bırakılırsa, katılaşma başlar ve katılaşma katı / sıvı metal ara yüzeyinden merkeze doğru tabakalar halinde

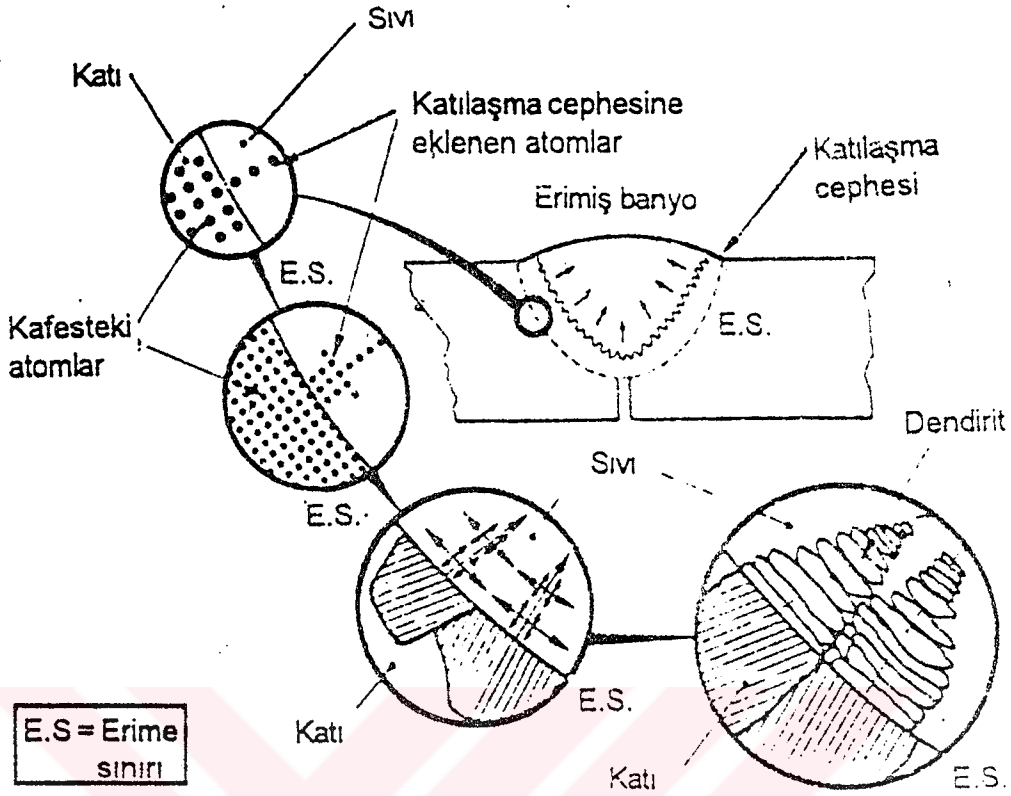
ilerliyormuş gibi görünür (Şekil 1-4). Daha yakından yapılacak bir inceleme, katılaşma mekanizmasının çok daha karmaşık olduğunu gösterir. Banyonun sıcaklığı düşmeye başladıkça, erimiş metal atomları enerjilerini kaybeder. Isı, banyodan levhanın kütlesi yoluyla iletilerek uzaklaştırıldığından yani ısı katı / sıvı ara yüzeyi boyunca geçtiğinden ilk defa bu bölgedeki atomlar kendilerine sabit yerler ararlar. Arayüzeydeki katı atomları, katılaştıran sıvıdaki atomların bağlanabildiği ve bu sayede kafes düzlemlerini erimiş banyoya doğru iletten boş bağlara sahiptirler. Böylece daha fazla atomun bağlanabildiği bir çıkıntı oluşur; bu yolla da katılaşma sınırı kaynak

banyosuna doğru ilerler.

(Şekil 1-3)'de bakılacak olursa bu inceleme sonucunda , katılaşma mekanizmasının çok daha karmaşık olduğunu görünür. Banyonun sıcaklığı düşmeye başladıkça erimiş metal atomları enerjilerini kaybeder. Katı / sıvı ara yüzeyi boyunca ilk defa bu bölgedeki atomlar kendilerine sabit yerler ararlar



Şekil 1-3 Erimiş Banyonun Oluşumu



Şekil 1-4 Katılaşmanın ve Dendritlerin Oluşumunun Safhaları.

Çok geçmeden atomlar bu çıkıntılarının yanlarına doğru eklenmeye başlarlar ve bunun sonucunda katı metalde yana doğru bir büyüme (dallanma) meydana gelir ve bu durum komşu katı metal bölgelerinin bir sınırda karşılaşmalarına kadar devam eder. Bu dallanmış katı metale “dendirit” adı verilir ve her bir dendirit katılaşılan kaynak banyosunda bir “ tane” oluşturur. Bu dendiritik şekil bir kere oluştuğundan sonra katı / sıvı ara yüzeyi testere dişi profiline benzer bir hal alır ve tüm sıvı metal katılaşıncaya kadar banyonun merkezine doğru gelişerek ilerler. Başlangıçta eritilmiş olan hacim, şimdi birbirlerine tane sınırlarından bağlanmış dendirit taneleri topluluğundan ibarettir. Komşu dendiritlerin karşılaştığı yerlerde kafes düzlemleri birbirleriyle açı yaparlar ve birleşme yeri katı metalden devam eden tane sınırını oluşturur⁽¹⁶⁾.

Sadece bir noktanın eritilmesiyle gerçekleştirilen yerel bağ, uygulamada çok sınırlı olarak kullanılır. İmalatın çoğunda bağlantı hattının tüm uzunluğu boyunca birleşmeye gerek duyulur. Isı membamı bağlantı hattı boyunca hareket ettirerek bu ihtiyaca kolaylıkla çözüm bulunabilir. Bu yolla birbiri üzerine binmiş bir dizi banyo üretilir. Kaynak banyosunun sürekli önünde erime arkasında ise katılaşıma meydana

gelir. Bu tip bir kaynak banyosu tamamen dairesel olmayıp, ön cephesi yuvarlak arka cephesi de eliptik şekle sahiptir. Isı membranının ileriye doğru hareket etmesi ile levhaya doğru olan ısı iletiminin, banyonun arka cephesindeki sıcaklığı metalin katılma sıcaklığına düşürmesi sonucunda, katılma banyonun arka cephesinde meydana gelir. Tane büyümesinin mekaniği, dendritlerin yukarıya ve kaynak eksenine doğrultusunda ileriye doğru yönelmeleri dışında, sabit dairesel banyo için daha önce açıklanmış olana benzerdir.



BÖLÜM 2

Bu bölümde iyi kaynaklanabilme kabiliyetine sahip olan çeliklerin kaynak rejimlerine bağlı olarak tane yapılarında ve mekanik özelliklerinde ne ölçüde değişme olduğunu incelenecektir.

2-1- DENEYİN YAPILMASI İÇİN GEREKLİ OLAN İLK BİLGİLER

2-1-1 Deneyde kullanılan esas metalin kimyasal bileşimi

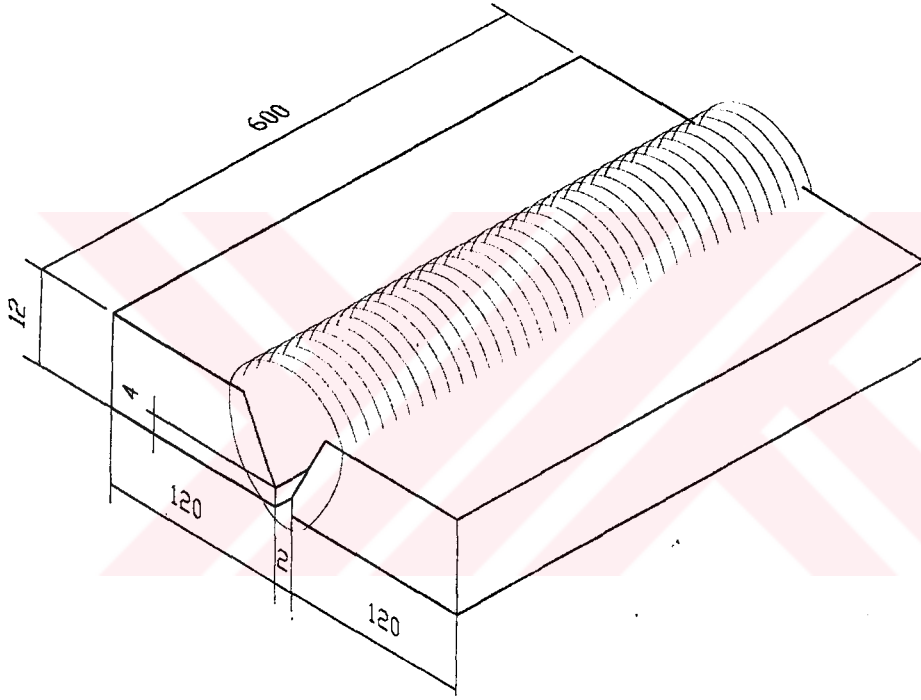
Deneyleerde kullanılan esas metalin kimyasal bileşim değerlerini hesaplamak için metalden analiz için numune hazırlandı ve numuneden alınan analiz sonuçları tablo (2-1)' de verilmiştir.

Tablo (2-1) Malzemenin Spektral analiz sonuçları

Deneyde kullanılan numunenin spektral analizi					
Element	%	Element	%	Element	%
Karbon (C)	0.1958	Silisyum (Si)	0.226	Mangan(Mn)	0.709
Fosfor (P)	0.0300	Kükürt (S)	0.0371	Krom (Cr)	0.0557
Molibden(Mo)	< 0.0010	Nikel (Ni)	0.0779	Alüminyum (Al)	0.00404
Cobalt (Co)	0.00196	Bakır (Cu)	0.0392	Niobium (Nb)	< 0.0021
Titanyum (Ti)	0.00835	Vanadyum(V)	0.0188	Wolfram (W)	0.0236
Kurşun (Pb)	< 0.0020	Kalay (Sn)	< 0.0030	Antimon (Sb)	0.00548
Demir (Fe)	Kalan				

2-1-2 Deney parçasının boyutları

Kaynak dikişinden çekme numuneleri ve metalografik numuneler yapabilmek için şekil (2-1)'de ölçüleri verilen malzeme, ağız açısı 60° olan V ağız formunda frezede hazırlanmıştır.



Şekil 2-1 Kaynaklanacak deney parçasının boyutları.

2.1.3. Deneyin yapılışı

Deney sırasında tam otomatik toz altı kaynak makinası ve güç kaynağı olarak redresör kullanılmıştır. Deney parçası belirli aralıklarda rejimler değiştirilerek kaynatılmıştır. Bu rejler tablo (2-2) gösterilmiştir.

Tablo 2-2 Deney yapımında kullanılan parametreler.

Rejim Parametreleri	Akım şiddeti I	Gerilim U	Kaynak hızı V	Elektrot çapı	Kullanılan toz
Rejimler	A	V	cm /dak	mm	-
1	300	40	50	3,20	OP 1100 kaynak tozu kullanılmıştır.
2	200	32	30	3,20	
3	350	50	70	3,20	

2.1.4. Deneyde kullanılan telin kimyasal analizi.

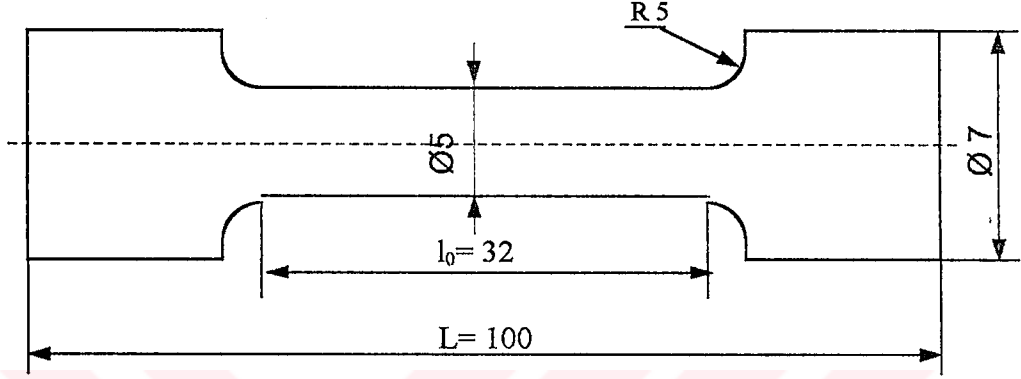
Tam otomatik toz altı kaynak kamakinasında kaynak metaline yakın karbondeğerine sahip toz altı kaynak teli kullanılmıştır.

Tablo 2-3 kullanılan telin kimyasal analizi.

Toz altı teli	C	Mn	Si	Personel	S
	%				
%kimyasal analizi	Max 0,12	0,5	Max 0,07	Max 0,030	Max 0,030

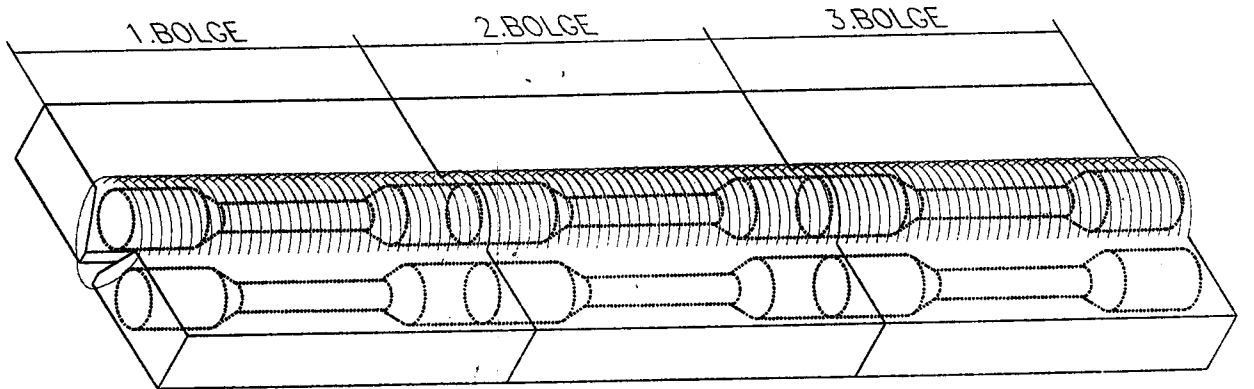
2.1.5. Çekme için kullanılan numunelerin hazırlanması ve ölçülmesi.

Şekil (2-1)'de kaba ölçüleri verilen V dikişli parçalardan kaynak eksenine paralel doğrultularda, kaynak dikişinden (0) ve ITAB' den yuvarlak çekme numuneleri (TS 138) standardına uygun olarak hazırlanmıştır(şekil 2-2).



Şekil 2-2 Standart çekme çubuğu ölçüleri (TSE 138).

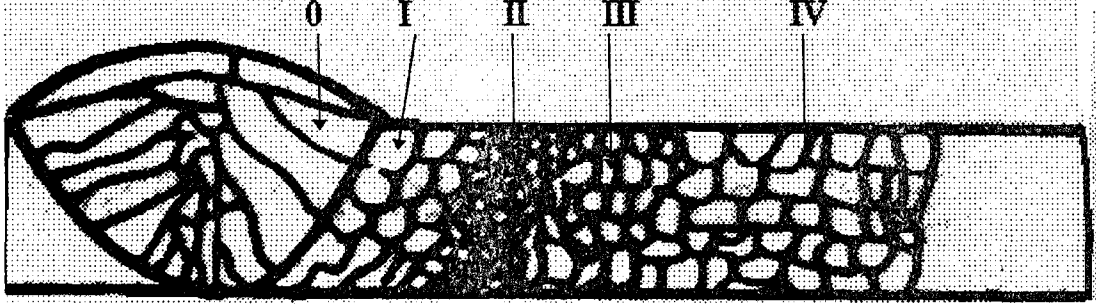
Şekil (2-3)'de rejimlere ait bölgelerden çıkartılan numuneler (TSE 138) standardına uygun olarak işlendi. Şekil (2-2)'de Standarda uygun numuneler 10 tonluk Instron test cihazında deneye tabi tutuldu akma ,çekmek ve kopma yükleri yazıcının grafiği üzerinden okundu



Şekil 2-3 Kaynaklı bağlantıdan standart çekme çubuklarının hazırlanması.

2.2. KAYNAK BÖLGESİNİN ETÜDÜ

Dağlanmış enine mikro yapılarda dört esas bölgeyi ortaya çıkarmak mümkündür.



Şekil 2-4 İncelenen numunelerin kaynak bölgelerinin şematik gösterilişi.

- 0- Eriyen bölge
- I- İri taneli geçiş bölgesi
- II- İnce taneli bölge
- III- Kısmen dönüşmüş bölge.
- IV- Esas metal bölgesi.

2.2.1. Eriyen Bölge. (0),

Kaynak yapılan parçalarda eriyen bölge ekseriya kaynak banyosunda meydana gelen türbülansın dolaylı katılmasından evvel iyice birbirine karışmış esas ve kaynak metalinden ibarettir.

Esas metalin kaynak metaline nispeti çeşitli kaynak usullerine bağlı olup, geniş bir aralık içerisinde değişir. Belirli bileşim ve miktardaki kaynak ve esas metalin karışımından hasil olan eriyen bölgenin hesaplanan bileşimi kimyasal analiz neticesi ile aynı değildir. Buna da sebep bazı alaşım elementlerinin kaynak esnasında yanma dolayısıyla kayba uğramasıdır. Yanma derecesi ısı membana, kaynak yerini çevreleyen atmosfere ve kullanılan kaynak usulüne göre değişir.

İyi kaliteli bir kaynak bağlantısı elde etmek için, kaynak yerini havanın tesirinden korumak veya diğer bir deyimle meydana gelecek kimyasal ve metalurjik reaksiyonları kontrol etmek gerekir.

Eriyen bölgenin katılaşması, kendisini çevreleyen esas metale ısı vermesiyle ve oldukça iri sütunlar şeklinde kristaller meydana gelir.

Üç numunenin de eriyen bölgeleri (0) ısı iletkenlik yönünde uzamış ferrit ve perlitin dökme taneleri yapısına sahip dentrit yapılarıdır

2.2.2. İri Taneli Geçiş Bölgesi (I),

Kaynak metalinin hemen altına tesadüf eden ve kaynak esnasında 1450 ila 1200 ° C arasındaki bir sıcaklığa maruz kalan bölgedir. Yani ergime sınırına bitişik bölgedir.

Burada önce meydana gelen sıvı metal ve esas metalin erimemiş kenarında kristaller meydana gelir ve katılaşma bu bölgede başlar

Ferritin kaba Vidmanşitat tanesine sahiptir. Bu bölgedeki Vidmanşitat yapının puanı 5' e eşittir (yani tanelerin ortalama boyutu 0,0718 mm' dir). Perlit tane etrafında ferrit filesi yerleşmiştir. Bu bölgedeki perlit tanelerinin en büyük ölçüsü 120 - 150 μ ' dur.

500 taneden ortalama olarak ölçülen tanelerin boyutu:

1. Rejimde kaynak yapılan numunede 92 μ ' dur
2. Rejimde kaynak yapılan numunede 101 μ ' dur
3. Rejimde kaynak yapılan numunede 89 μ ' dur

Bu bölgenin uzunluğu kaynak rejimine göre çeşitlidir

1. Rejimde 0,9 mm oluşmaktadır
2. Rejimde 0,9 mm oluşmaktadır
3. Rejimde 1,2 mm oluşmaktadır

2.2.3. İri taneli geçiş bölgesinin yanına yerleşmiş kaynak yapılırken

1200 - 900 °C arasındaki bir sıcaklığa erişen bölge ince taneli

ITAB bölgesidir (II).

İç yapı bakımından birinci bölgeye benzer ve onun bir devamıdır. Fakat daha ince tanelidir. Çünkü bu bölgede sıcaklık halen yeterli derecede yüksektir ve esas metalde yapı değişmesi oluşturabilir

Bu bölge ferrit ve perlitin çeşitli yönlendirmesini gösterir. Bu bölgedeki tanelerin ortalama boyutu

1. Rejimde kaynak yapılan numunede 23 μ ' dur
2. Rejimde kaynak yapılan numunede 28 μ ' dur
3. Rejimde kaynak yapılan numunede 23 μ ' dur

Bu bölgenin uzunluğu kaynak rejimlerine göre çeşitlidir.

1. Rejimde 1,8 mm oluşmaktadır
2. Rejimde 1,2 mm oluşmaktadır
3. Rejimde 0,6 mm oluşmaktadır

2.2.4. Kısmen Dönüşmüş Bölge (III),

İnce taneli bölgenin devamı olup kaynak sırasında A_3 ile A_1 arasındaki bir sıcaklığa maruz kalmaktadır

Kısmen yeniden billurlaşmış bölge olarak bu bölgede ferrit yanı perlitin tanelerinin rekristalizasyonu oluşmaktadır.

Bu bölgede tanelerin ortalama boyutu

1. Rejimde kaynak yapılan numunede 14 μ ' dur
2. Rejimde kaynak yapılan numunede 18 μ ' dur.
3. Rejimde kaynak yapılan numunede 17 μ ' dur

Bu bölgenin uzunluğu kaynak rejimlerine göre çeşitlidir.

1. Rejimde 0,4 mm oluşmaktadır

2. Rejimde 0,9 mm oluşmaktadır.

3: Rejimde 0,9 mm oluşmaktadır

2.2.5. İç yapı bakımından değişmeye uğramayan veya temperlenmiş bölge (IV). (Esas Metal Bölgesi)

Bu bölgenin sıcaklığı kaynak sırasında A_3 noktası altında bulunur ve genel olarak bu bölgede hiçbir faz veya yapı değişmesi olmamıştır. Fakat bu bölgede artık gerilmeler meydana gelebilir.

Çeşitli çeliklerde çeşitli bölgelerin biçim ve boyutları, her bir çeliğin markası için ;kaynak usulü, verilen rejime ve sıcaklığın zamana göre değişimi ve hem de kaynak dan önce, kaynak esnasında ve kaynak dan sonraki ısıl işlemlere bağlıdır.

2.3. KAYNAK REJİMLERİNE BAĞLI OLARAK ÖLÇÜLEN SERTLİK DEĞERLERİ

Yukarıda gösterilmiş olan kaynak dikişinin (Tablo 2-1) rejimleri ve elde edilmiş kaynak bağlantısının her bir 0.5 mm' de sertlik değerleri toplu halde gösterilmiştir.

Tablo (2-4) Kaynak dikişi ve ITAB bölgelerindeki sertliğin HV değerleri.

Numuneler	Kaynak sınırından sonraki mesafe															
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	
1	170	221	170	193	181	221	170	143	170	160	170	128	150	130	140	
2	221	117	170	128	170	170	160	170	170	128	160	160	140	128	130	
3	236	227	297	297	270	236	206	193	296	193	296	293	150	148	160	

Tablo (2-5) Kaynak rejimlerine bağlı olarak yapılan kaynak dikişlerinde oluşan b6lgelerdeki ortalama tane boyutları.

Her 50 6l6mde ortalama tane boyutu											
Numuneler		Aralık									
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1. R E J İ M	1-50	90									
	50-60			60			60	60			
	60-70										
	70-80				75						
	80-90										
1. B Ö L G E	90-100	90	90	90	90		90	90	90	90	
	100-110		105						105		105
	120-130					120				120	120
	140-150					150					
Tanelerin ortalama 6apı 92 μ ' dur.											
2. B Ö L G E	1-10	9	6	6			9		6	6	6
	10-20				18	20		21			18
	20-30	21	21	21		28		27			
	30-40				36		36		30	30	
Tanelerin ortalama 6apı 23 μ ' dur.											
3. B Ö L G E	1-10	9	9	3	3	3	9	6		9	9
	10-20	15	15		18		15	15	15	15	15
	20-30			21					21		
	30-40					36					
Tanelerin ortalama 6apı 14 μ ' dur											

Tablo (2-6) Kaynak rejimlerine bağı olarak yapılan kaynak dikişlerinde oluşan bölgelerdeki ortalama tane boyutları.

Her 50 ölçümde ortalama tane boyutu											
Numuneler		Aralık									
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
2. REJİM 1. BÖLGE	1-50	0				45				45	45
	50-60		60				60	60			
	60-70										
	80-90			90	90					90	
	110-120	120	120			120	120		120		120
	130-140				135	150		135	135		
	140-150	150		150							
Tanelerin ortalama çapı 101 μ ' dur.											
2. BÖLGE	1-10			9							9
	10-20	15	18		18	15		15			15
	20-30			21		21	21		21	21	
	30-40		30		30		36		30		
	40-50	45									
	70-80							81		75	
Tanelerin ortalama çapı 28 μ ' dur.											
3. BÖLGE	1-10	2	6	6		6		6	6		6
	10-20		15	15	12	18	12	18		12	
	20-30						30		30		21
	30-40	36									
	40-50				50					45	
Tanelerin ortalama çapı 18 μ ' dur.											

Tablo (2-7)Kaynak rejimlerine bağı olarak yapılan kaynak dikişlerinde oluşan bölgelerdeki ortalama tane boyutları.

Her 50 ölçümde ortalama tane boyutu											
Numuneler		Aralık									
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
3. R E J İ M 1. B Ö L Ü LÜ	60-70	60	60	60							
	70-80					75	75	75			75
	80-90		90		90		90	90		90	90
	120-130				120				120	120	
	130-140					135			135		
	140-150			150							
Tanelerin ortalama çapı 89 μ ' dur.											
2. B Ö L G E	1-10		9		3	6	9	9			
	10-20					15	21		18	21	
	20-30	30	30	30	30			30		30	
	30-40	36									
	40-50			45					45		
Tanelerin ortalama çapı 23 μ ' dur.											
3. B Ö L G E	1-10	3	9	3	9	3	6	9	3/6	9/3	6/7
	10-20			15		18	11	18			
	20-30	30									
	40-50		45								
	50-60				60						
Tanelerin ortalama çapı 17 μ ' dur.											

2.4. KAYNAK REJİMLERİNE BAĞLI OLARAK BÖLGELERİN GENİŞLİĞİ VE BU BÖLGEDEKİ TANELERİN ORTALAMA ÇAPLARI

Tablo (2-5,6,7)'de kaynak rejimlerine bağlı olarak yapılan kaynak dikişlerinde oluşan bölgelerdeki tane boyutları ve bölge genişliklerinin ortalama değerleri ölçülmüştür. Her rejime ait bölgeden hazırlanan metalografik numuneler optik mikroskop altında kaynak bölgelerinin genişlikleri ve bu bölgelerdeki tanelerin ortalama çapları Tablo(2-8)'de gösterilmiştir.

Tablo 2-8 Tanelerin ortalama genişlikleri ve çapları.

Rejimler	Bölgeler	Bölgenin genişliği	Ortalama tane çapı
-	-	mm	μ (mikron)
1	I	0,9	92
	II	1,8	23
	III	0,4	14
2	I	0,9	101
	II	1,2	28
	III	0,9	18
3	I	1,2	89
	II	0,6	23
	III	0,9	17

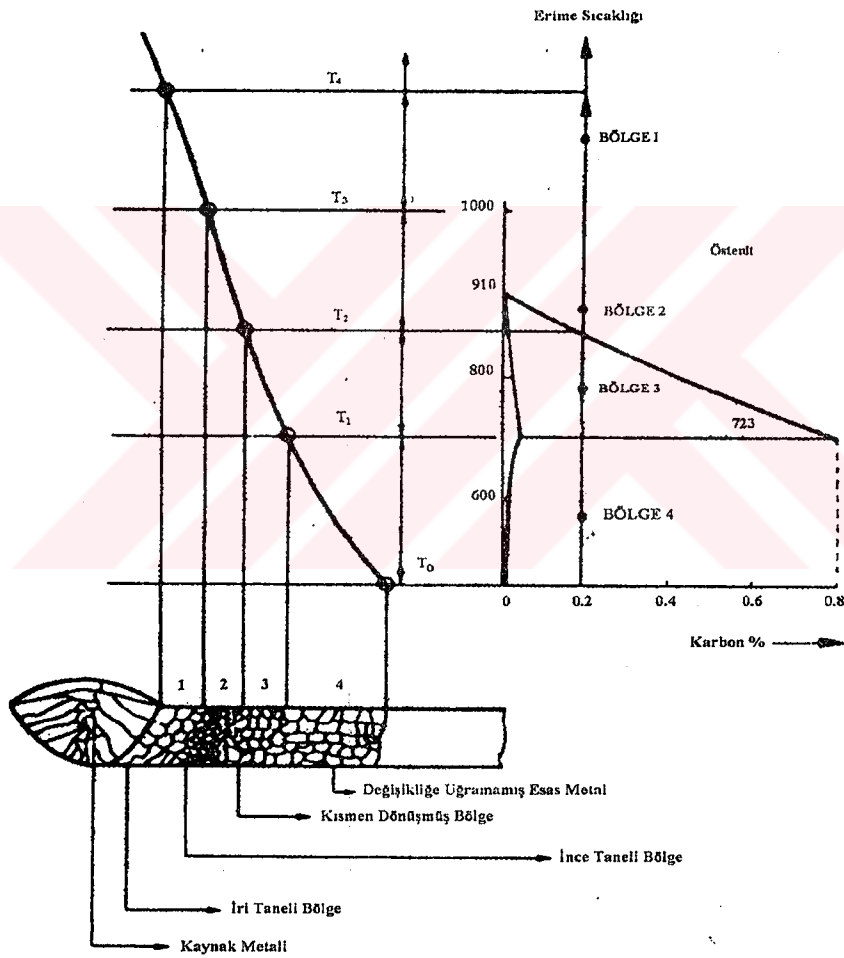
BÖLÜM 3

DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

3.1. KAYNAK REJİMLERİNE BAĞLI OLARAK ISININ TESİRİ

ALTINDA KALANA BÖLGENİN ETÜDÜ

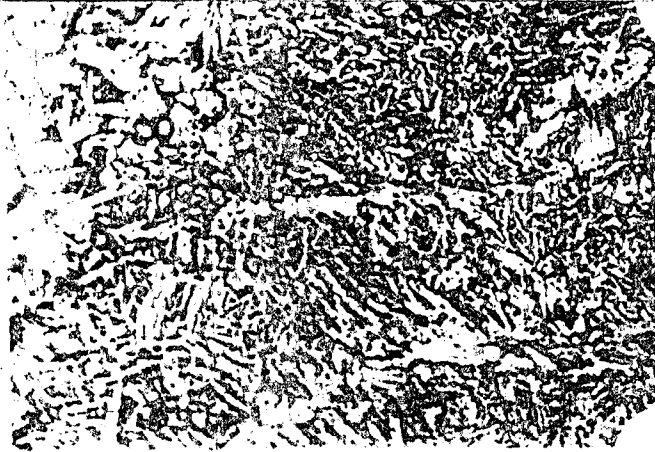
Şekil (2-4)'e uygun olarak yapılan bu tez çerçevesinde incelenmiş %0.20 C'lu çelik kaynak bağlantısının iç yapıları (Şekil 3-2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14)'de gösterilmiştir.



Şekil 3-1 Çeliklerde sıcaklığın ITAB' de mikro yapıya etkisi (Şeklin sağ tarafında kısmi Fe - C denge diyagramı görülmektedir).



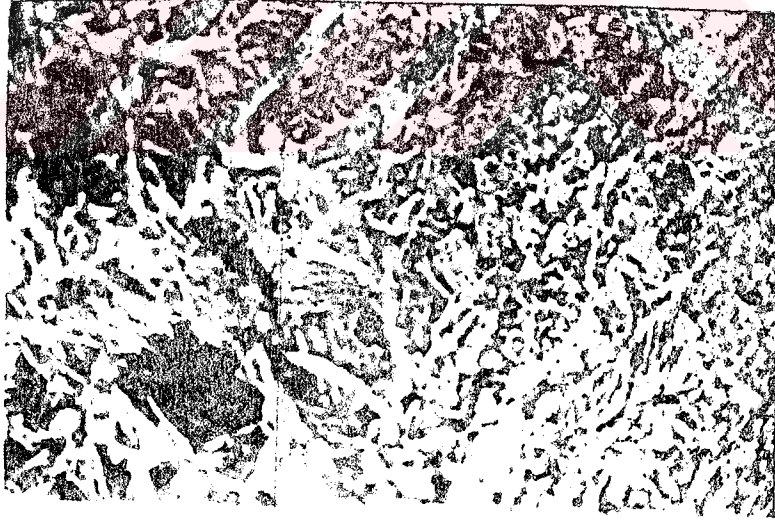
Şekil 3-2 Esas metalin mikro yapısı (ferritik - perlitik, büyütme oranı : 200).



Şekil 3-3 1.rejim I. bölge kaynak metalinin mikro yapısı (ince tanenin ferritik - perlitik, ilave malzeme. Büyütme oranı : 200)



Şekil 3-4 2.rejim I. bölge kaynak metalinin mikro yapısı (ince taneli ferritik - perlitik, ilave malzeme. Büyütme oranı : 200).



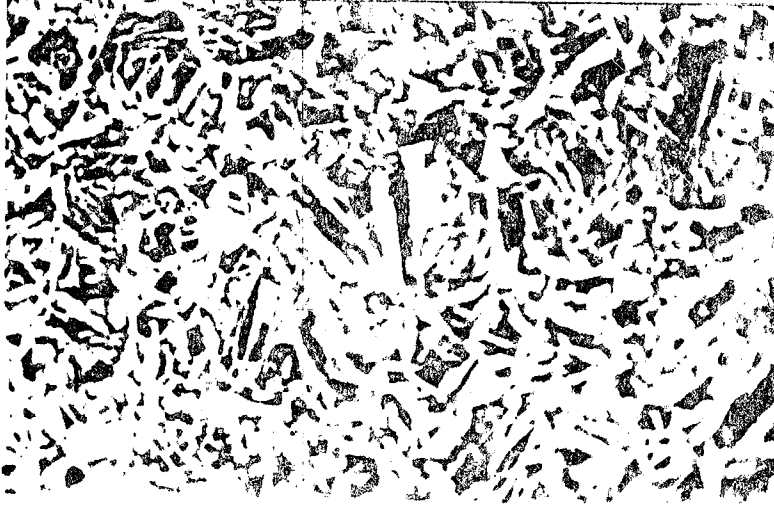
Şekil 3-5 3.rejim I. bölge kaynak metalinin mikro yapısı (ince taneli ferritik - perlitik, ilave malzeme. Büyütme oranı : 200).

3.1.1. İri Taneli Bölge

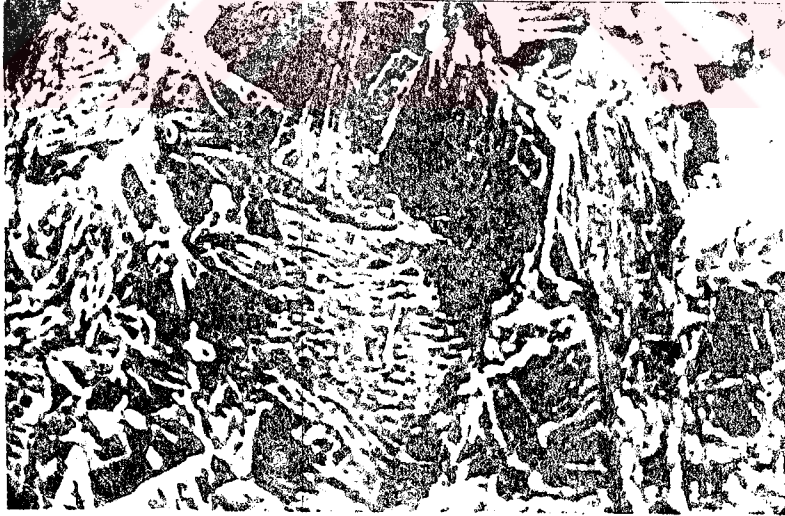
Kaynaklı bağlantıda eriyen bölgenin hemen altında bulunan ve kaynak esnasında 1400 - 1200 °C arasında bir sıcaklığın etkisi altında kalan kısımdır. Bu bölge östenit sıcaklık alanına kadar aşırı ısınmış malzemedir. Bu malzeme tamamen iri tanelidir ve soğuma hızı yeter derecede yüksek ise, kolayca martenzite dönüşebilir. Normal olarak yüksek sertliğe sahip bir bölge oluşur. Şekil 3-6, 7, 8' de Tablo (2-1) de verilen kaynak rejimlerine ait deney malzemesinde iri taneli geçiş bölgesinin iç yapısı verilmiştir.



Şekil 3-6 1.rejim II. bölge kaynak metali iri taneli bölgenin mikro yapısı.,
Büyütme oranı : (200).



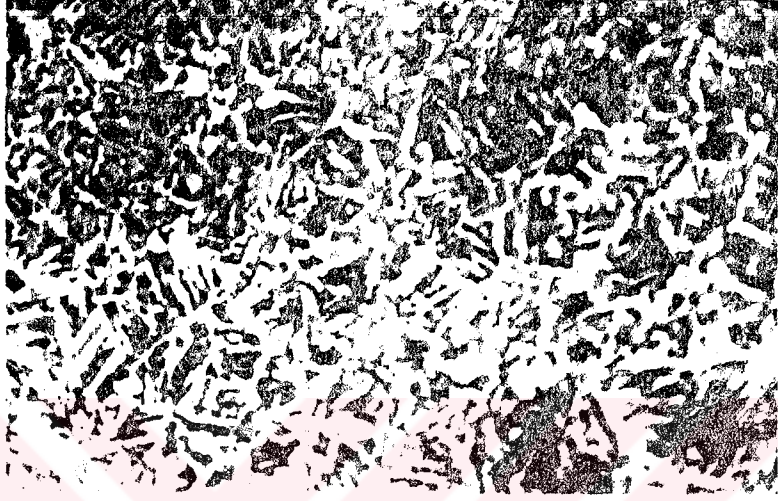
Şekil 3-7 2.rejim II. bölge kaynak metali iri taneli bölgenin mikro yapısı.
Büyütme oranı : (200).



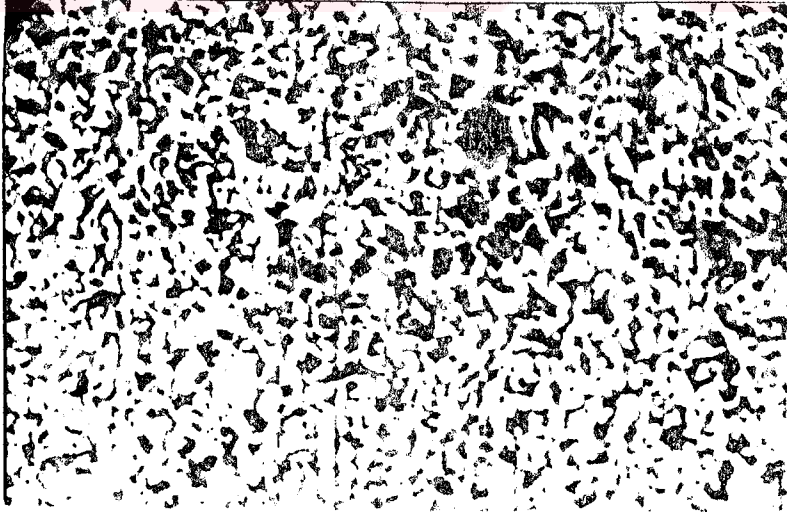
Şekil 3-8 3 rejim II. bölge kaynak metali iri taneli bölgenin mikro yapısı.
Büyütme oranı : (200).

3.1.2. Ufak Taneli Bölge

İri taneli bölgeye komşu olan 1200 ila 900 ° C' lik sıcaklık aralığına maruz kalan, iç yapı yönünden iri taneli bölge ile aynı olan bölgedir. Şekil 3-9, 10, 11' de Tablo (2-1) da verilen kaynak rejimlerine ait deney malzemesinde ufak taneli bölgenin iç yapısı verilmiştir.



Şekil 3-9 1.rejim III:bölge kaynak metali ufak taneli bölgenin mikro yapısı. Büyütme oranı : (200).



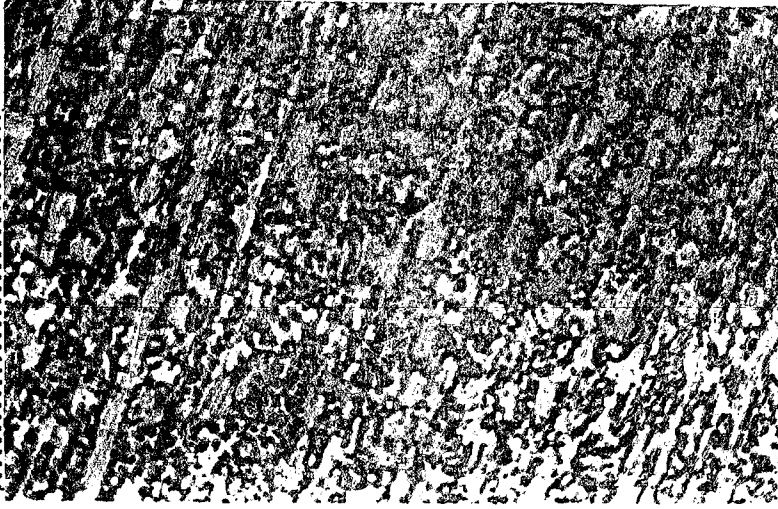
Şekil 3-10 2.rejim III. bölge kaynak metali ufak taneli bölgenin mikro yapısı. Büyütme oranı : (200).



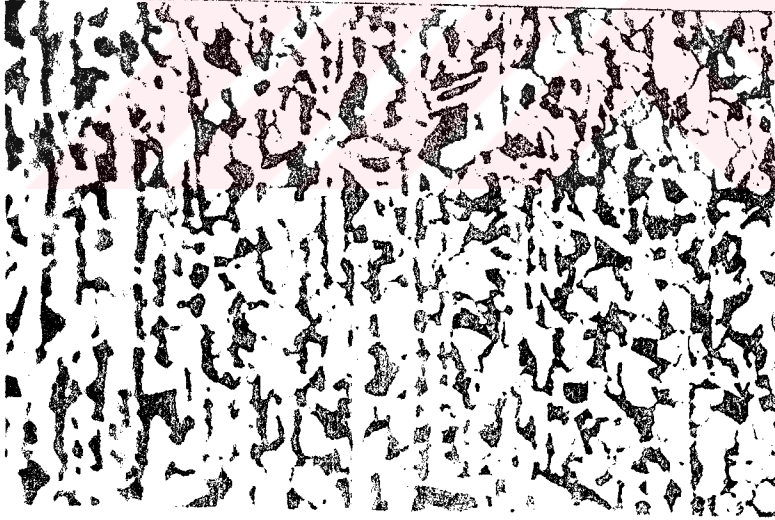
Şekil 3-11 3.rejim III. bölge kaynak metali ufak taneli bölgenin mikro yapısı
Büyütme oranı : (200).

3.1.3. Dönüştürmüş Bölge

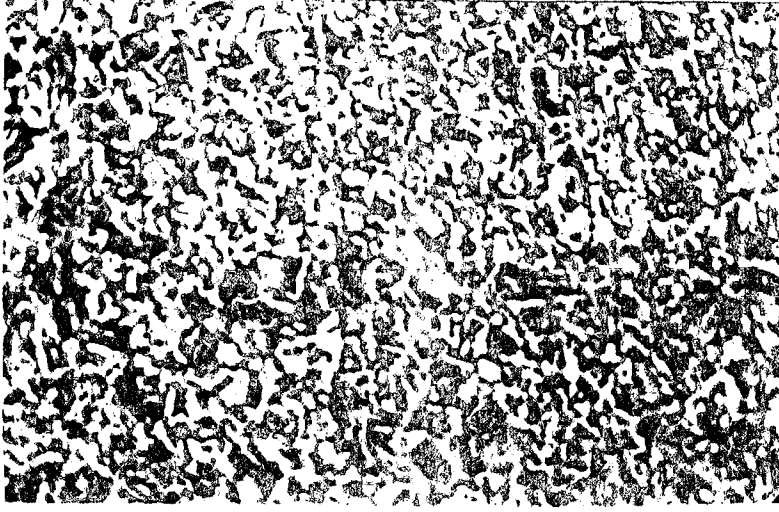
Ufak taneli bölgenin devamı olan bu kısım, kaynak işlemi sırasında (A_3) ile (A_1) arasında bir sıcaklığın etkisi altında kalmaktadır. Bu nedenle iç yapı kısmen östenite dönüşmüştür. Soğuma sırasında bu bölgede az bir miktar martenzit oluşabilir. Şekil 3-12, 13, 14' de tablo (2-1) da verilen kaynak rejimlerine ait deney malzemesinde kısmen dönüştürmüş bölgenin iç yapısı verilmiştir.



Şekil 3-12 1.rejim IV. bölge kaynak metali kısmen dönüşmüş bölgenin mikro yapısı. Büyütme oranı : (200).



Şekil 3-13 2.rejim IV. bölge kaynak metali kısmen dönüşmüş bölgenin mikro yapısı. Büyütme oranı : (200).



Şekil 3-14 3.rejim IV. bölge kaynak metali kısmen dönüşmüş bölgenin mikro yapısı. Büyütme oranı : (200).

3.1.4. Temperlenmiş Bölge

Kaynak işlemi sırasında (A_1)' in altında bir sıcaklığa yükselmiş olan bu bölge dönüşüme uğramamıştır. Fakat malzeme kısmen temperlenmiştir.

ITAB' de martenzit, genellikle çıkardığı bazı sorunlardan dolayı istenmez. Bunlardan ilki, bu bölgenin özelliğini ilgilendirir. Yapı sert ve genelde gevrek olur, bu nedenle de pek istenmez. Bu gevreklik normal olarak karbon oranı arttıkça artar.

İkinci olarak martenzitin varlığı kaynak metalinde olduğu gibi ITAB'de soğuk çatlağa neden olabilir. Yalnız başına martenzit çatlamanın nedeni değildir. Martenzite ek olarak iki faktöre daha ihtiyaç vardır. Bunlarda hidrojen ve kalıntı gerilmelerdir. Kaynakta bu üç faktör kontrol edilirken, bu tip çatlama kaynak metallerinden daha çok ITAB bölgelerde görülür ve dikiş altı çatlağı olarak karşımıza çıkar.

ITAB' nin sertliği genellikle martenzit oluşumunun en iyi belirtisidir. Çatlama 250 Hv sertliğe kadar çak az görülürken 450 Hv sertliğine yaklaştığında daha çok görülür. Ön tavlama yapılmadan kaynak yapıldığında sert martenzitik bir ITAB' ye

haiz olan çelik de, çatlamaı engellemek amacıyla sert martenzitik yapıyı önlemek için ön tavlama yada sonradan tavlama yapılabilir.

550 - 650 ° C arasında yapılan bir sonradan tavlama kaynak da kalan gerilimleri azaltır. Yalnız dikiş altı çatlağı önlemek isteniyorsa, kaynak sonrası çok daha düşük sıcaklıklarda bir nihai tavlama uygulanabilir. Kaynak dikişini 200 ° C' dan birkaç saat bekleterek mevcut hidrojen bir çatlak oluşturmada önce çelikten uzaklaştırılabilir. Bu nedenle, çatlama eğilimli bu tür çeliklerin kaynağında, kaynak dan önce ön tavlama ve bu ön tav sıcaklığını kaynak tamamlandıktan sonra birkaç saat korumak genellikle uygundur.

3-2 AKMA GERİLİMİ

Metal konstrüksiyonların en çok düşük ve orta dayanımlı az ve düşük alaşımlı (ötektoid altı) çeliklerden kaynak yardımı ile yapılmaktadır. Kaynaklı konstrüksiyonların en tehlikeli bölgesi birleştirilen bölgedir. Burada meydana gelen metalurjik etkiler metalin iç yapısını dengeden çıkarır ve bu bölgenin plastikliği azalır, dayanımı artar. Bunların dışında kaynak banyosunun katılaşması sırasında çeşitli iç ve dış noksanların meydana gelme ihtimalleri yüksektir. Bu ve benzer hataların sonucunda dış kuvvet etkisinden kaynak dikişinin kırılmasına sebep olabilir. Kaynak dikişinin plastiklik ve süneklik özelliklerinin değişmesi sonucunda bu bölgenin akma gerilim değerlerinin değişmesine neden olur.

Bütün projeler dikiş metalinin akma gerilimine göre hesaplanır. Bu söz konusu çelikler HMK yapıya sahip olduklarından gevrek kırılmaya daha yatkındırlar. Yani sıcaklığın azalması gerilim şemasının bir eksenden iki- üç eksenliye değişmesinden ve dinamik kuvvet etkilerinden yüksek plastikliğe sahip olan dikiş metali akma geriliminin değişmesiyle gevrek hale geçmesi mümkündür.

Bundan dolayı yani akma gerilimi sıcaklığa bağlı olduğundan akma geriliminin (σ_{ak}) geriliminin çeşitli düşük (77-293 K) sıcaklıklarda kalması özel cihazlar ve soğutucu kameralar gerektirir. Bundan dolayı (σ_{ak}) nın düşük sıcaklıklardaki değerlerinin doğrulamak ve bu değerleri elde etmek için formüller kullanılmıştır.

1. Bunlardan biri N.A. Makutov formülüdür ⁽¹⁷⁾ .

$$\sigma_{ak} = \sigma_{ak}^0 \exp \left[\beta_T \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \quad (3-1)$$

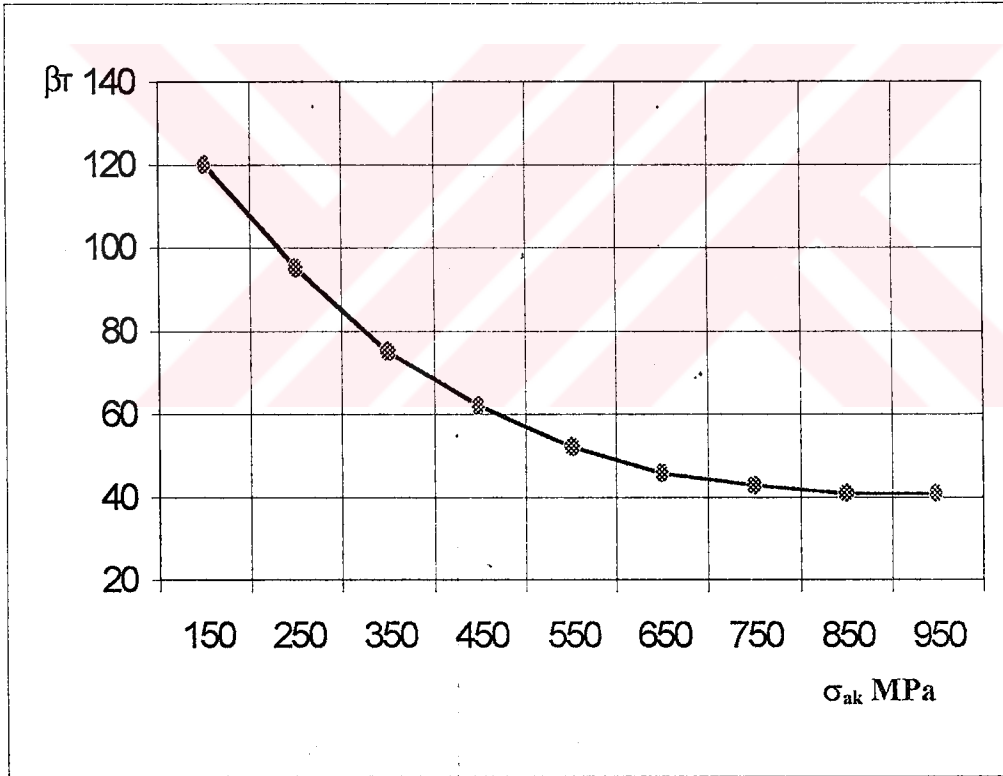
Burada;

σ_{ak}^0 - Oda sıcaklığındaki (293 K) deneyi yapılan numunenin akma gerilim değeri.

β_T - Özel grafikten alınan akma gerilimine bağlı olan parametre.

T_0 - 293, K,

T - Sıcaklık,



Şekil (3-15) Akma Geriliminin Sıcaklığa bağlılığını hesaplamada kullanılan β_T 'nin grafiksel gösterilişi ⁽¹⁷⁾.

Tablo 3-1 ' de N.A. Makutov formülü ile hesaplanan σ_{ak} ' nin sıcaklığa bağlı değerleri gösterilmiştir.

Tablo (3-1) Kaynak rejimlerine bağlı olarak yapılan kaynak dikişleri ve ITAB bölgesi mekanik özelliklerinin detay sonuçları.

Kaynak Rejim	Bölgeler	% δ	σ_{ak} MPa	$\sigma_{çek}$ MPa	T* K	S _{kop} MPa
1. Rejim	Kaynak dikişi	26	380	410	79	878
	ITAB Bölgesi	31	360	380	95	780
2. Rejim	Kaynak dikişi	33	440	470	75	930
	ITAB Bölgesi	39	300	380	76	922
3. Rejim	Kaynak dikişi	28	360	380	94	781
	ITAB Bölgesi	24	370	390	87	822
Esas Metal		56	290	410	73	991

2. Düz numunelerin gevrek kırılma sıcaklığını belirlemek için kullanılan formül ⁽¹⁷⁾

$$T^* = \left[\frac{1}{T_0} - \frac{\ln S_{kop} / \sigma_{ak}}{\beta_T} \right]^{-1} \quad (3-2)$$

Burada:

S_{kop} 293, K Sıcaklığındaki Kopma Değeri

T₀ - 293 , K

β_T - Özel grafikten akma gerilimine göre bulunur.

3- N. A. Makutov formülü ile tablo (3-1) de elde edilen sıcaklığa bağlı akma gerilim değerlerini V. D. Yaraşeviç formülü ile doğrulamak mümkündür.

Akma gerilimin sıcaklığa bağlılığını VD Yaraşeviç teorik formülle bulmuştur ⁽¹⁸⁾ :

$$\sigma_{ak} = \sigma_0 + A e^{-\alpha T} ; \quad (3-3)$$

Burada;

σ_{ak} - akma gerilimi,

σ₀ - akma geriliminin sıcaklığa bağlı olmayan değeri, yani akma geriliminin atermik kısmı,

$$A = [\sigma_{ak}(0) - \sigma_0] ;$$

σ_{ak}(0) - Akma geriliminin 0 K, sıcaklığındaki değeri.

$$\alpha = \alpha \frac{R}{H_0} \ln \frac{\dot{\epsilon}_0}{\dot{\epsilon}} \quad \text{Akma geriliminin sıcaklığa ve şekil değiştirme hızına}$$

hassaslığını gösteren katsayı

H₀ - Aktivasyon enerjisi ölçüsüne sahip olan katsayı;

•

ε₀ - Şekil değişme hızı ölçüsüne sahip olan katsayı (metaldeki dislokasyon durumunu gösterir.

•
 ε - Şekil değişme hızı, S_n^{-1}

R - Gaz sabiti

T - Sıcaklık, K.

N. A. Makutov formülü ile elde edilen akma geriliminin sıcaklığa bağlı değerlerini V.D. Yaraşeviç' in teorik formülü ile hesapladığımızda bulunan değerler tablo 3-2 de gösterilmiştir.

Tablo (3-2) Kaynak rejimlerine bağlı olarak incelenmiş malzemenin sıcaklığa bağlı akma gerilimleri

Malzeme		$\alpha \cdot 10^{-2}$	σ_0	$[\sigma_{ak}(0) - \sigma_0]$	Malzemenin sıcaklığa bağlı akma gerilimi
		K^{-1}	MPa	MPa	$\sigma_{ak} = \sigma_0 + [\sigma_{ak}(0) - \sigma_0] \exp(-\alpha \cdot T)$
1. Rejim	Kaynak dikişi	$1,542 \cdot 10^{-2}$	360	1750	$\sigma_{ak} = 360 + 1750 \exp(-1,542 \cdot 10^{-2} \cdot T)$
	ITAB Bölgesi	$1,621 \cdot 10^{-2}$	340	2050	$\sigma_{ak} = 340 + 2050 \exp(-1,621 \cdot 10^{-2} \cdot T)$
2. Rejim	Kaynak dikişi	$1,481 \cdot 10^{-2}$	420	1550	$\sigma_{ak} = 420 + 1550 \exp(-1,481 \cdot 10^{-2} \cdot T)$
	ITAB Bölgesi	$1,679 \cdot 10^{-2}$	280	2300	$\sigma_{ak} = 280 + 2300 \exp(-1,679 \cdot 10^{-2} \cdot T)$
3. Rejim	Kaynak dikişi	$1,609 \cdot 10^{-2}$	340	2000	$\sigma_{ak} = 340 + 2000 \exp(-1,609 \cdot 10^{-2} \cdot T)$
	ITAB Bölgesi	$1,650 \cdot 10^{-2}$	350	1850	$\sigma_{ak} = 350 + 1850 \exp(-1,650 \cdot 10^{-2} \cdot T)$
Esas Metal		$1,730 \cdot 10^{-2}$	270	2550	$\sigma_{ak} = 270 + 2550 \exp(-1,730 \cdot 10^{-2} \cdot T)$

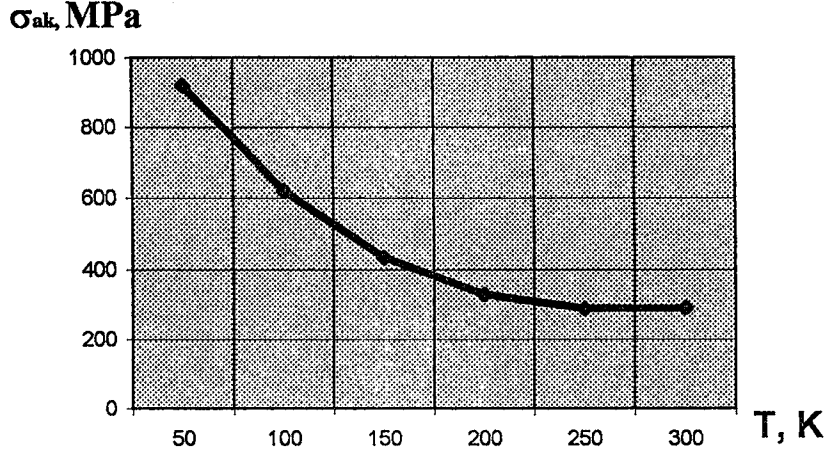
Tablo (3-3) Kaynak rejimlerine bağı olarak akma geriliminin sıcaklığa bağı değerleri

Esas Metal						
	Sıcaklık T, K					
	77	100	150	200	250	293
σ_{ak} MPa	920	640	430	350	310	290
σ_0 MPa	270					
$\sigma_{ak} - \sigma_0$ MPa	650	370	160	80	40	20

I. Rejim Kaynak Dikiş						
σ_{ak} MPa	900	690	510	440	400	380
σ_0 MPa	360					
$\sigma_{ak} - \sigma_0$ MPa	540	330	150	80	40	20

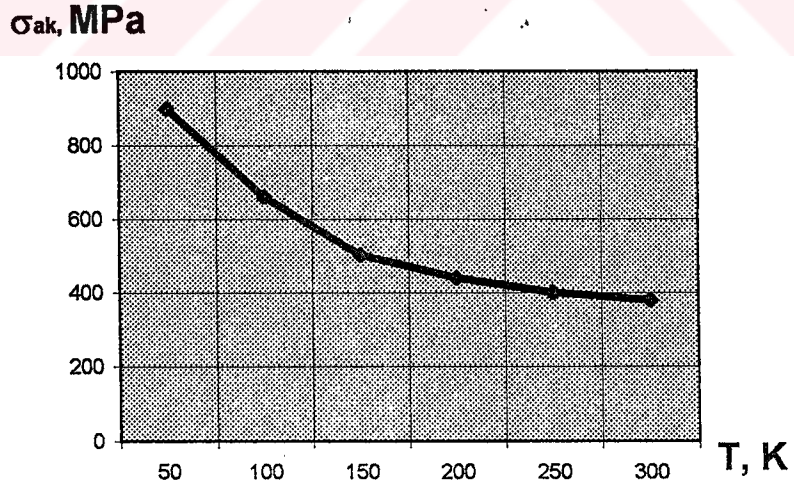
I. Rejim ITAB Bölgesi						
σ_{ak} MPa	940	700	500	420	380	360
σ_0 MPa	340					
$\sigma_{ak} - \sigma_0$ MPa	600	360	160	80	40	20

Esas Metal Akma Geriliminin Sıcaklığa Bağlılığı



Şekil 3-16 Esas metal akma gerilim grafiği.

1. Rejim Kaynak Dikişi Akma Geriliminin Sıcaklığa Bağlılığı



Şekil 3-17 I. Rejim kaynak dikişi akma gerilim grafiği.

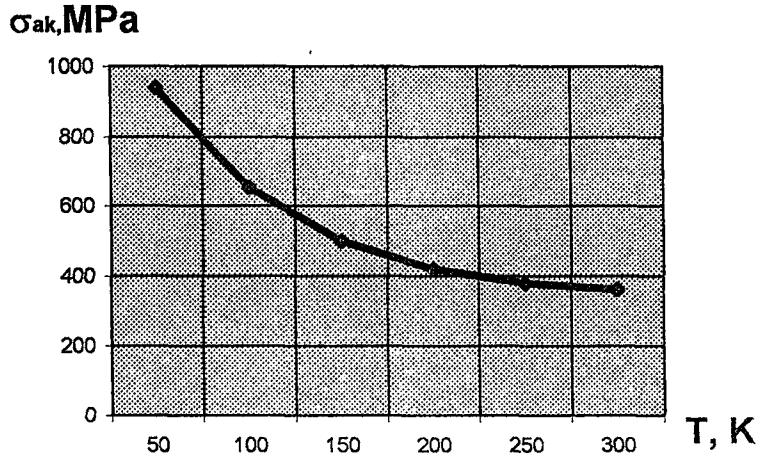
Tablo (3-4) Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma geriliminin sıcaklığa bağlı değerleri

Esas metal						
	Sıcaklık T, K					
	77	100	150	200	250	293
σ_{ak} MPa	920	640	430	350	310	290
σ_0 MPa	270					
$\sigma_{ak} - \sigma_0$ MPa	650	370	160	80	40	20

II. Rejim Kaynak Dikişi						
σ_{ak} MPa	900	720	560	500	460	440
σ_0 MPa	420					
$\sigma_{ak} - \sigma_0$ MPa	480	300	140	80	40	20

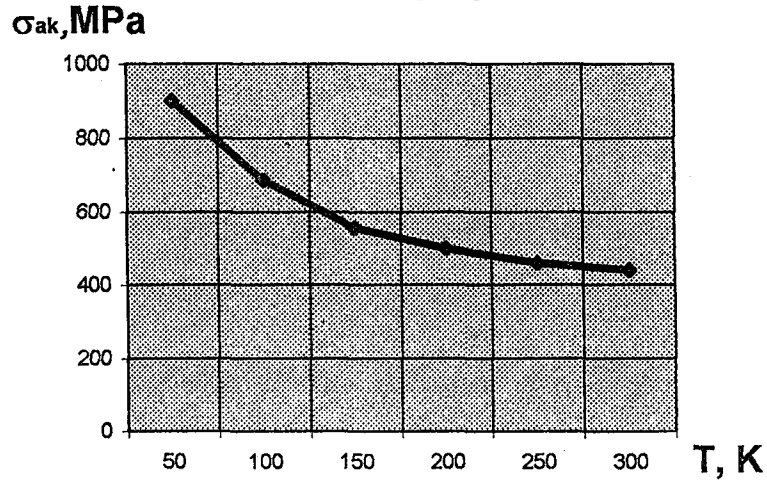
II. Rejim ITAB Bölgesi						
σ_{ak} MPa	940	660	440	360	320	300
σ_0 MPa	280					
$\sigma_{ak} - \sigma_0$ MPa	660	380	160	80	40	20

1. Rejim ITAB Bölgesi Akma Geriliminin Sıcaklığa Bağlılığı



Şekil 3-18 I. Rejim ITAB bölgesi akma gerilim grafiği.

II. Rejim Kaynak Dikişi Akma Geriliminin Sıcaklığa Bağlılığı



Şekil 3-19 II. Rejim kaynak dikişi akma gerilim grafiği.

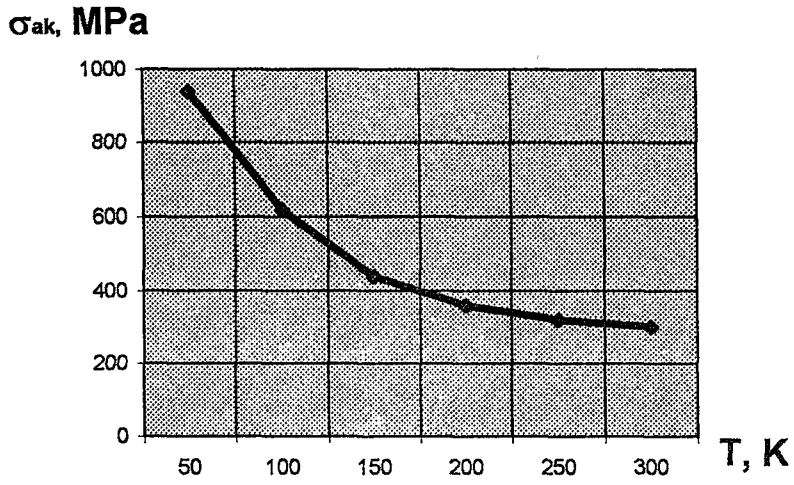
Tablo (3-5) Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma geriliminin sıcaklığa bağlı değerleri

Esas Metal						
	Sıcaklık T, K					
	77	100	150	200	250	293
σ_{ak} MPa	920	640	430	350	310	290
σ_0 MPa	270					
$\sigma_{ak} - \sigma_0$ MPa	650	370	160	80	40	20

III. Rejim Kaynak Dikişi						
σ_{ak} MPa	890	670	490	420	380	360
σ_0 MPa	340					
$\sigma_{ak} - \sigma_0$ MPa	550	330	140	80	40	20

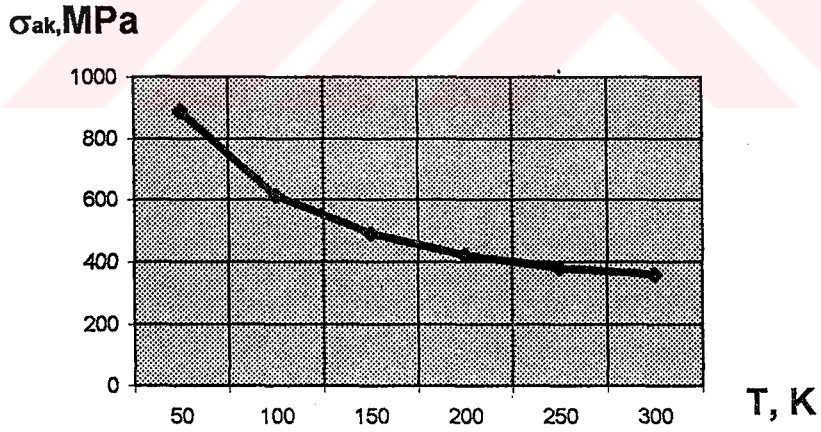
III. Rejim ITAB Bölgesi						
σ_{ak} MPa	890	680	500	430	390	370
σ_0 MPa	350					
$\sigma_{ak} - \sigma_0$ MPa	540	330	150	80	40	20

II. Rejim ITAB Bölgesi Akma Geriliminin Sıcaklığa Bağlılığı



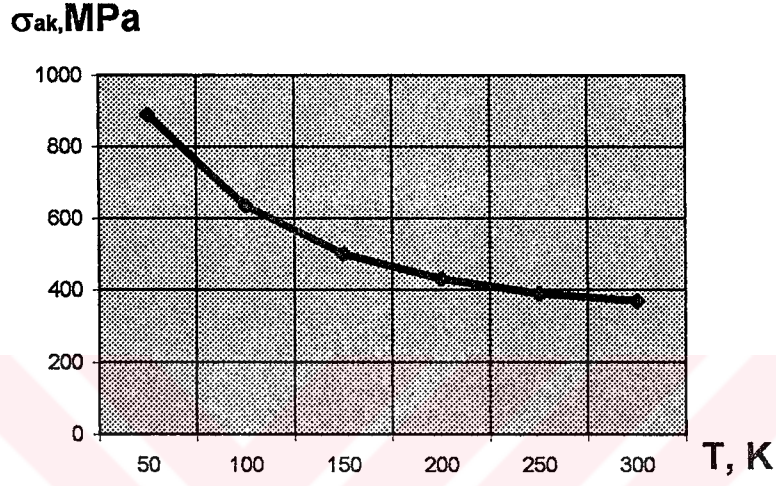
Şekil 3-20 II. Rejim ITAB bölgesi akma gerilim grafiği.

III. Rejim Kaynak Dikişi Akma Geriliminin Sıcaklığa Bağlılığı



Şekil 3-21 III. Rejim Kaynak dikişi akma gerilim grafiği.

III. Rejim ITAB Bölgesi Akma Geriliminin Sıcaklığa Bağlılığı

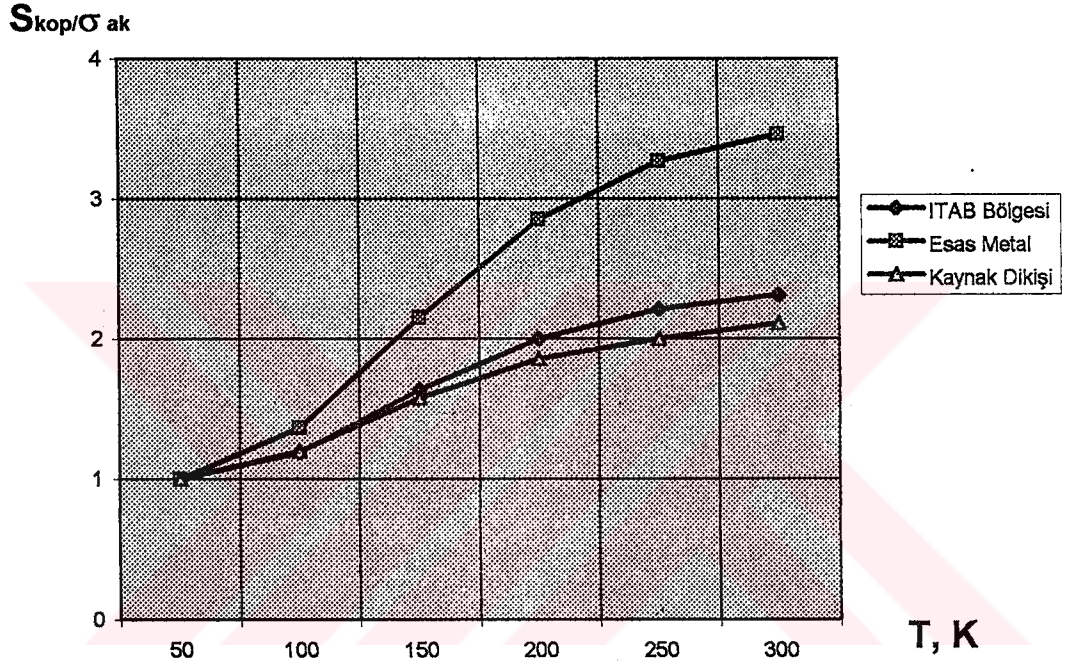


Şekil 3- 22 III. Rejim ITAB bölgesi akma gerilim grafiği.

Tablo 3-6 Kaynak rejimlerine bağı olarak S_{kop} / σ_{ak} oranlarının sıcaklığa bağı değerleri.

Esas Metal						
Sıcaklık , Turist						
σ_{ak} , MP	77	100	150	200	250	293
	S_{kop} / σ_{ak}	943	722	460	350	303
S_{kop} / σ_{ak}	1.05	1.37	2.15	2.83	3.27	3.46
I. Rejim Kaynak Dikişi						
σ_{ak} , MPa	894	734	533	440	397	379
S_{kop} / σ_{ak}	0.982	1.19	1.64	2	2.21	2.31
I. Rejim ITAB Bölgesi						
σ_{ak} , MPa	928	745	520	420	376	358
S_{kop} / σ_{ak}	0.840	1	1.5	1.85	2	2.17
II. Rejim Kaynak Dikişi						
σ_{ak} , MPa	796	772	588	500	458	440
S_{kop} / σ_{ak}	1.168	1.20	1.58	1.86	2	2.11

Esas Metal, I. Rejim Kaynak Dikişı ve I. Rejim ITAB Bölgesi
S_{kop} / σ_{ak} Oranlarının Sıcaklığa Bağlılığı



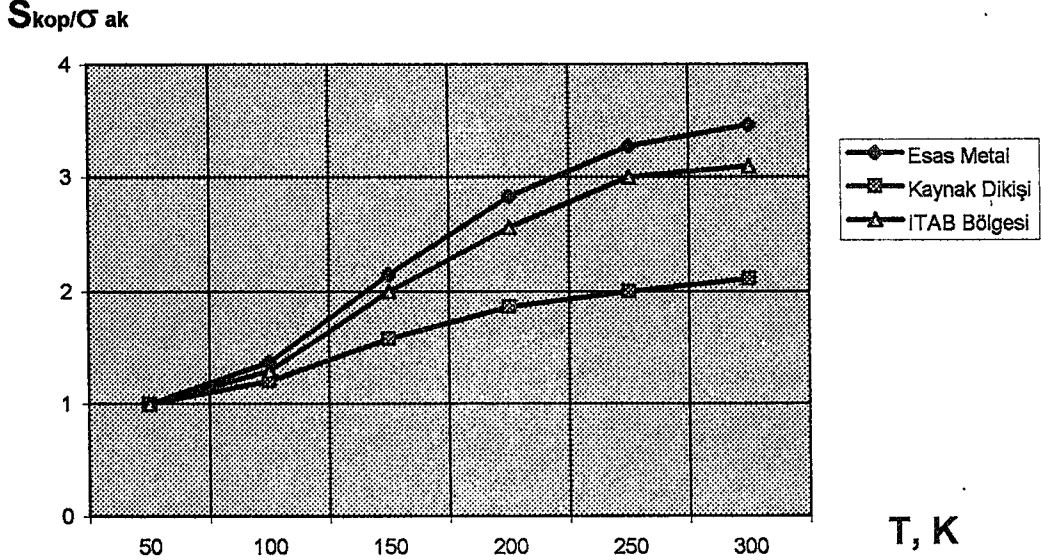
Şekil 3-23 Esas Metal, I. Rejim Kaynak Dikişı ve I. Rejim ITAB bölgesi

S_{kop} / σ_{ak} oranlarının grafiği.

Tablo 3-6 Kaynak rejimlerine bağı olarak S_{kop} / σ_{ak} oranlarının sıcaklığa bağı değerleri.

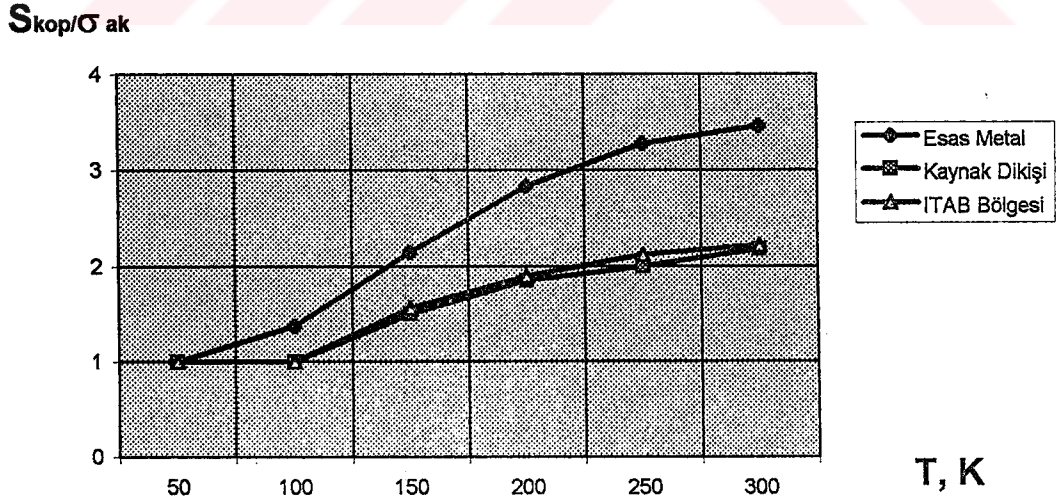
II. Rejim ITAB Bölgesi						
Sıcaklık , Turist						
σ_{ak} , MPa	77	100	150	200	250	293
		911	710	465	360	314
S_{kop} / σ_{ak}	1.020	1.29	2	2.56	3	3.10
III: Rejim Kaynak Dikişı						
σ_{ak} , MPa	919	740	519	420	376	358
S_{kop} / σ_{ak}	0.849	1	1.5	1.85	2	2.18
III. Rejim ITAB Bölgesi						
σ_{ak} , MPa	902	735	526	430	387	369
S_{kop} / σ_{ak}	0.911	1	1.56	1.9	2.12	2.22

Esas Metal, II. Rejim Kaynak Dikiş ve II. Rejim ITAB Bölgesi
S_{kop} / σ_{ak} Oranlarının Sıcaklığa Bağlılığı

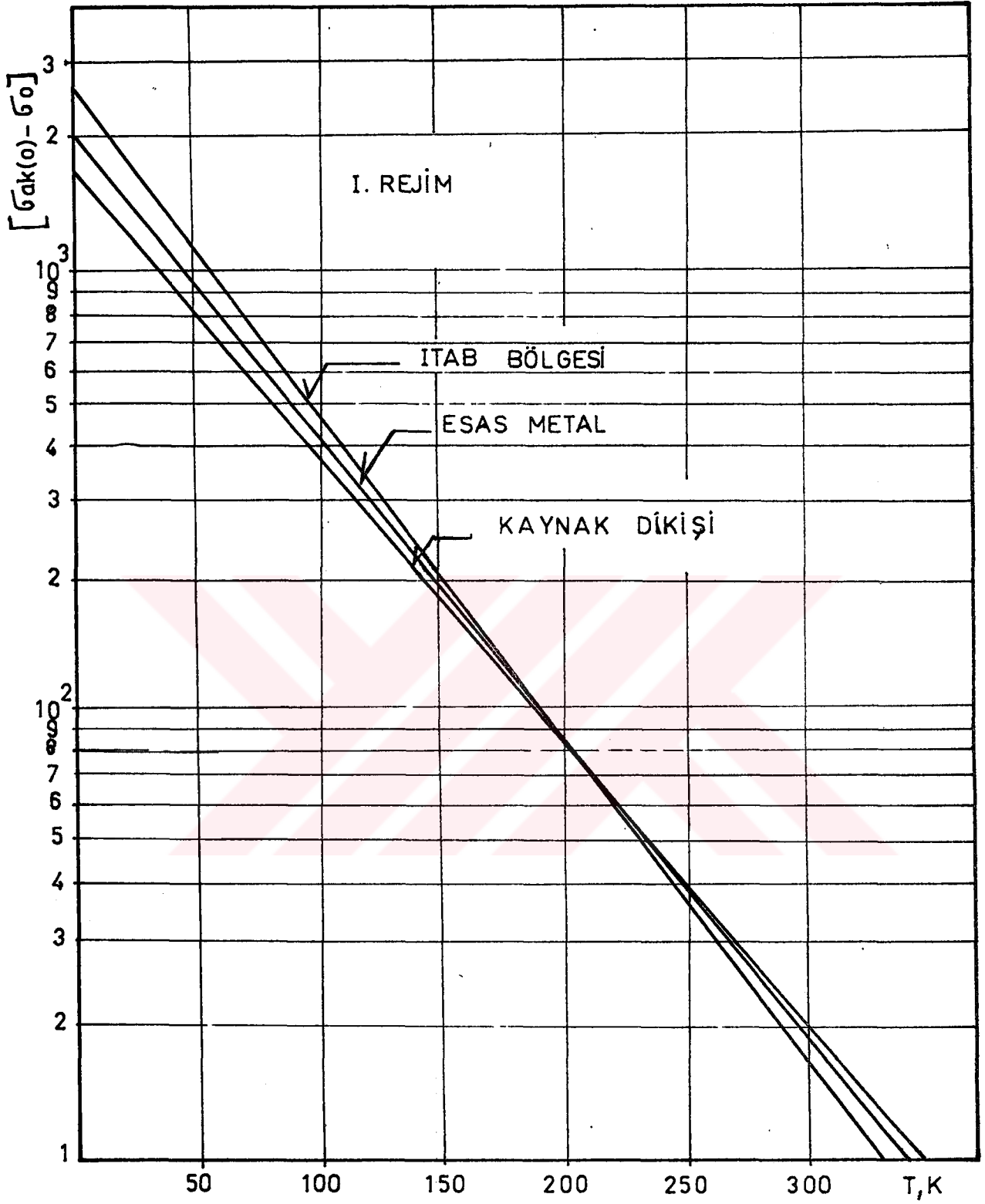


Şekil 3-24 Esas Metal, II. Rejim Kaynak Dikiş ve II. Rejim ITAB bölgesi
S_{kop} / σ_{ak} oranlarının grafiği.

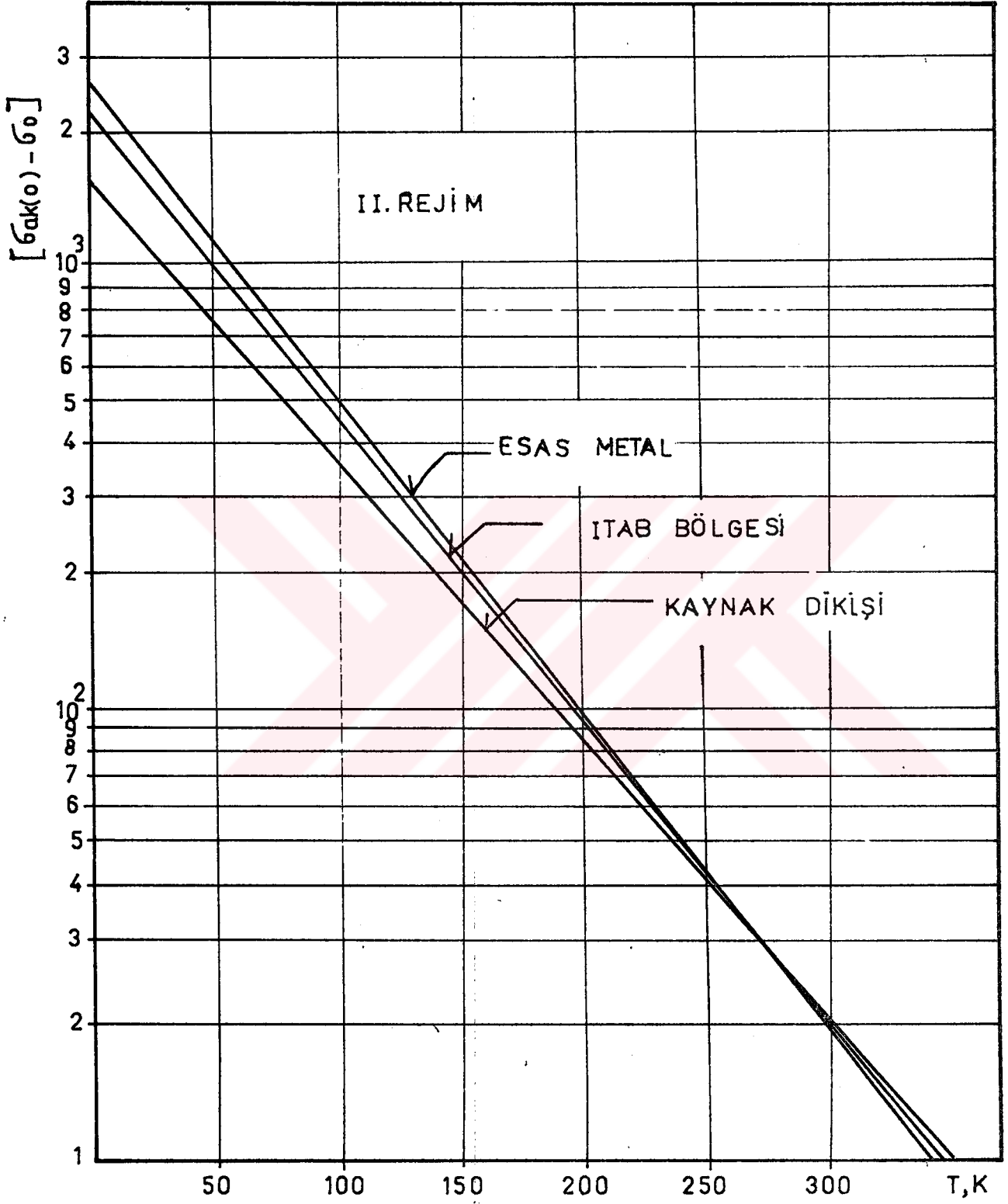
Esas Metal, III. Rejim Kaynak Dikiş ve III. Rejim ITAB Bölgesi
S_{kop} / σ_{ak} Oranlarının Sıcaklığa Bağlılığı



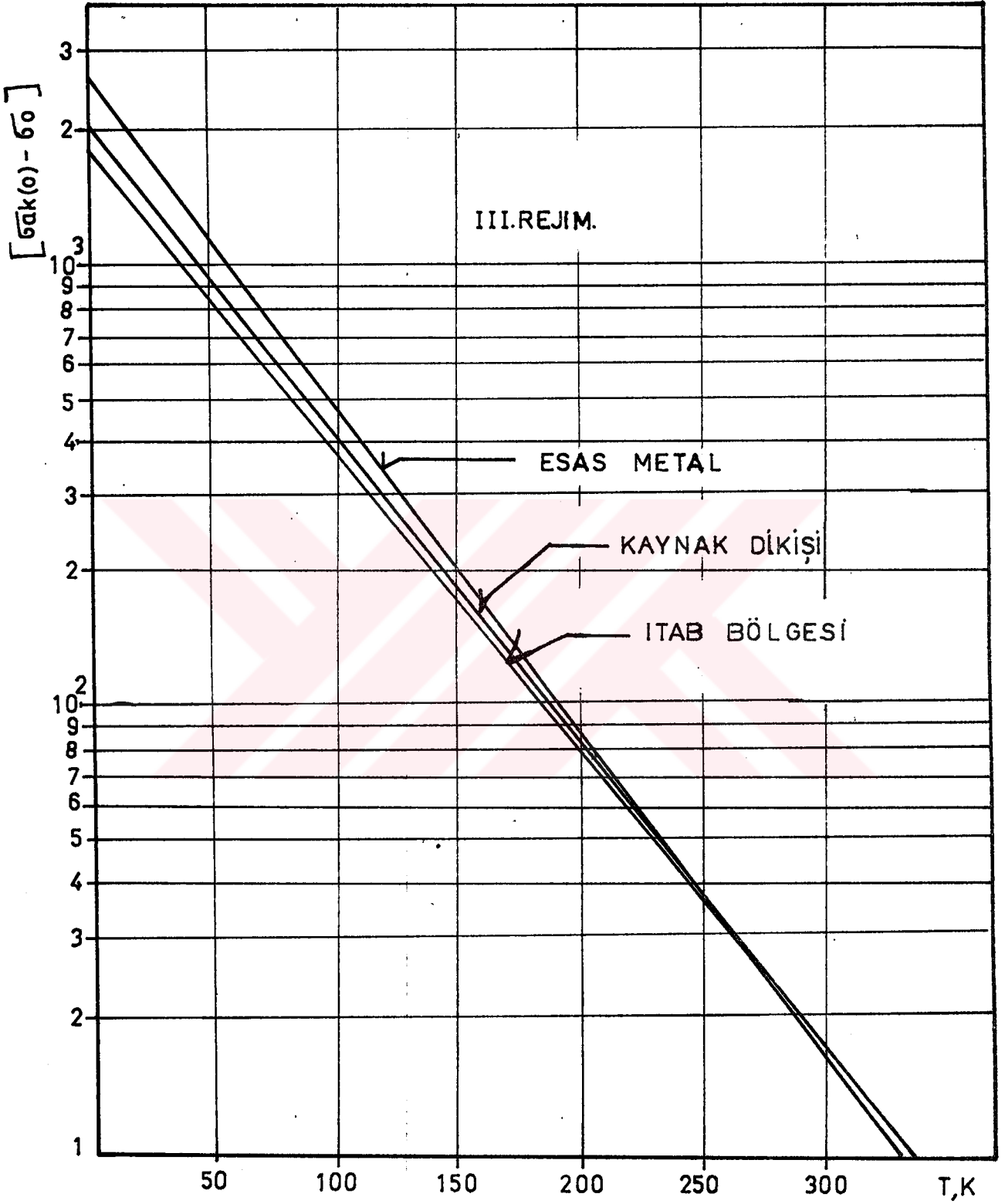
Şekil 3-25 Esas Metal, III. Rejim Kaynak Dikiş ve III. Rejim ITAB bölgesi S_{kop} / σ_{ak} oranlarının grafiği.



Şekil 3-26 Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma gerilimi sıcaklığa bağlı değerlerinin logaritmik ölçüde gösterilmesi.



Şekil 3-27 Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma gerilimi sıcaklığa bağlı değerlerinin logaritmik ölçüde gösterilmesi.



Şekil 3-28 Kaynak rejimlerine bağlı olarak akma gerilimi sıcaklığa bağlı değerlerinin logaritmik ölçüde gösterilmesi.

3.3. Kaynak Bağlantılarının Hatalarını Başka Benzer Cinsten Hatalarla

Sınıflandırmak

Kaynak bağlantılarının hataları düz olmayan geometrik şekillere sahiptir, bundan dolayı bu hataların bulunduğu bölgelerde meydana gelen gerilim konsantrasyonunu tam doğru bir şekilde hesaplamak mümkün değildir.

Fakat bu gerilim konsantrasyonunu yaklaşık olarak hesaplamak mümkündür. Eğer çeşitli gerçek hataların onlara benzeyen geometrik biçimlere sahip hatalar ile değiştirildiğinde gerilim konsantrasyonlarının hesaplanması mümkündür.

3.3.1. Gerilim konsantrasyonlarını hesaplarken şu parametreler esas alınır

Çentik derinliği (t);

Çentik ucunun yarıçap yuvarlaklığı (ρ);

Çentikler arasındaki mesafe ($2a$);

Parçanın (numunenin) kalınlığı (δ);

3.3.2. Nispi oranlar:

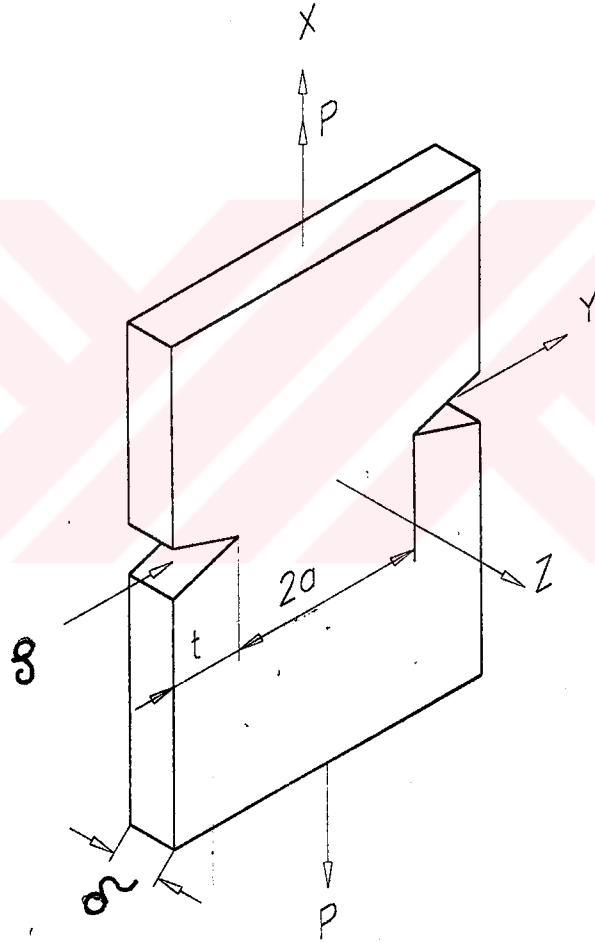
t/ρ , ρ/δ , $2a/\delta$ vb.

Dış kuvvet etkisinden iş parçasında (numunede) gerilim konsantrasyonunun hesaplanmasında kullanılan geometrik parametrelerin t , ρ , $2a$, δ ve onların oranlarına bağımlı olarak düzlemsel gerilim ($\sigma_z=0$) veya düzlemsel şekil değişme ($\epsilon_z=0$) meydana gelebilir.

Kırılma açısından en tehlikelisi düzlemsel şekil değiştirmedir ($\epsilon_z=0$; $\sigma_x \neq 0$, $\sigma_y \neq 0$, $\sigma_z \neq 0$). Çünkü bu durum parçanın veya numunenin gevrek kırılmasına neden olur. Böylelikle, kaynak bağlantılarının en tehlikeli kırılması gevrek kırılmadır. Aynı zamanda bağlantının geometrisine bağlı olan (σ_1/σ_2) orantısı ile ifade edilir.

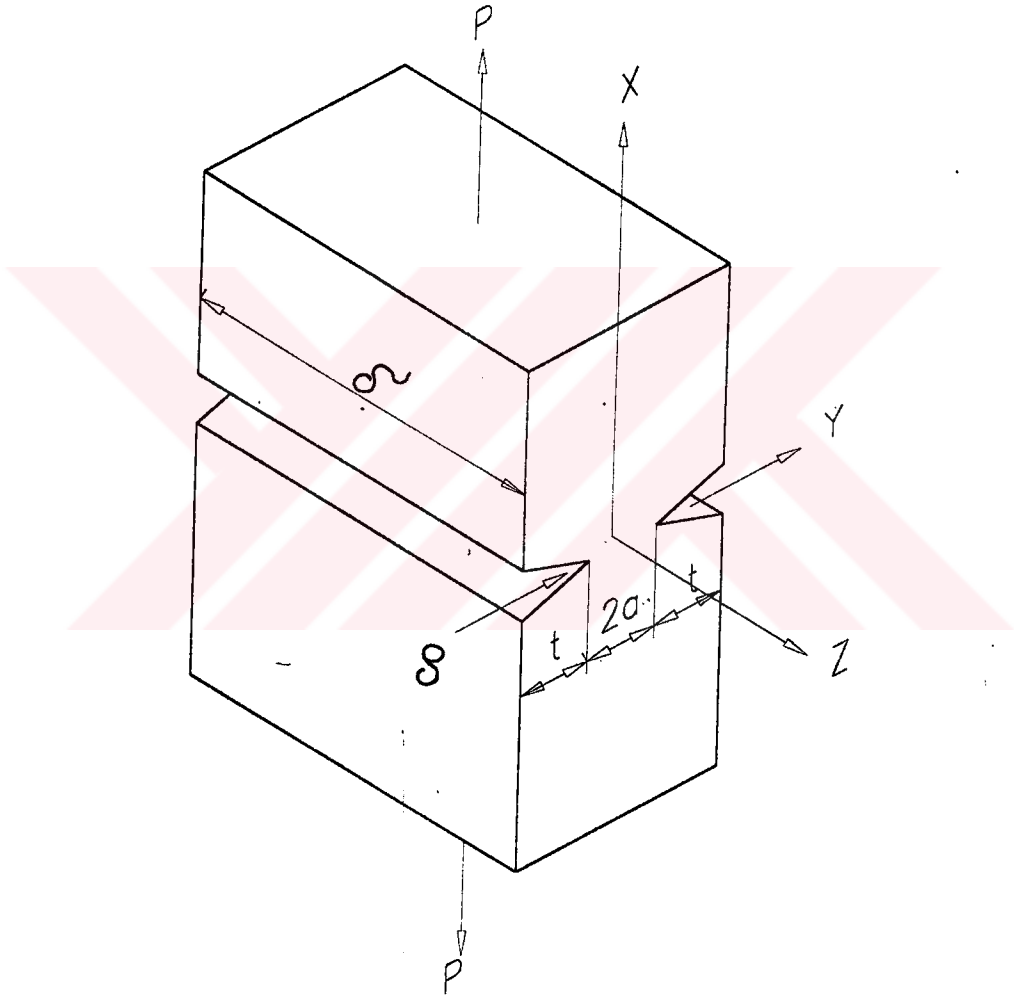
Şekil 29,30,31' de çeşitli gerilim şemalarını oluşturan numunelerin geometrik ölçüleri gösterilmiştir. Tablo 3-7' de ise kaynak bağlantılarında karşılaşılan hatalara benzeyen gerilim konsantrasyonları için özel formüller ile hesaplanarak elde edilen değerler gösterilmiştir. (σ_1 / σ_j) oranlarının değerleri verilmiştir. Bu orantı değerleri ne kadar büyük çıkarsa gevrek kırılma tehlikesi okadar büyük olur.

Parçanın (numunenin) gevrek kırılma sıcaklık sınırı (T_{gev}) ise deney yardımı ile tespit edilmiştir. S_{kop} / σ_{ak} ve (σ_1 / σ_j) ' lerin eşitliklerinden hesaplanarak elde edilir.



Şekil 3-29 Her iki tarafı hiperbolik çentikli düzlemsel gerilimin meydana gelişi.

Burada $(\sigma_z = 0; \rho > \delta)$ dir.

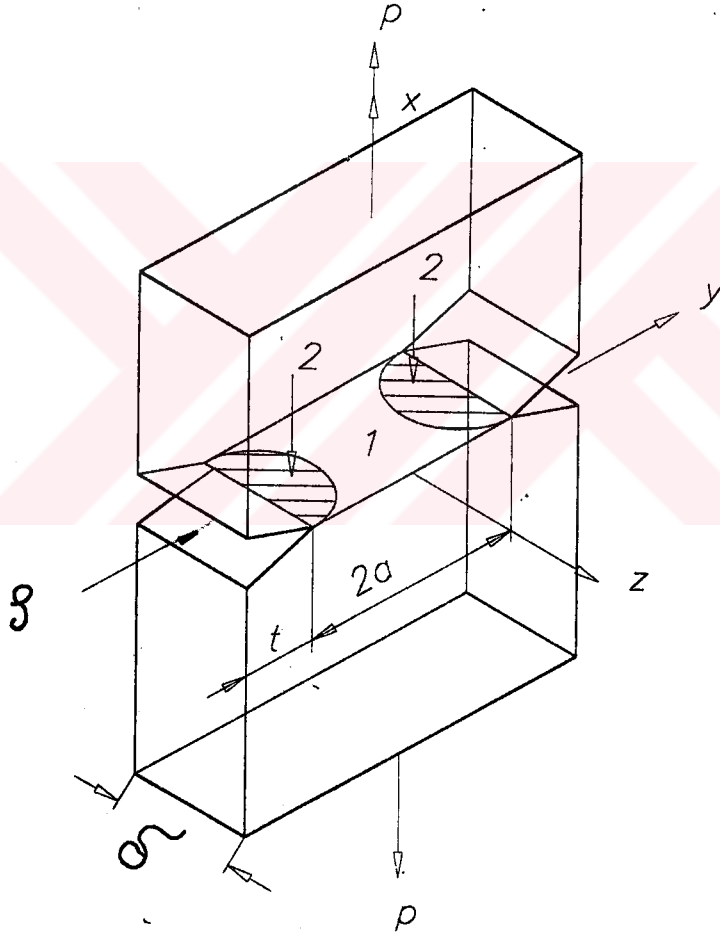


Şekil 3-30 Genel düzlemsel şekil değişiminin meydana gelmesi.

Burada; $(\sigma_z = \sqrt{(\sigma_x + \sigma_y)}, \rho \ll \delta, 2a \ll \delta$

Üçüncü şekilde ise şekil 3-29' da ve 3-30' da meydana gelen gerilmelerin birbiri ardınca oluşması: Burada ($\rho \ll \delta$, $2a \gg \delta$) dir.

I. Bölgede düzlemsel gerilme meydana gelir. II. Bölgede ise genel düzlemsel şekil değişme haline geçmektedir.



Şekil 3-31 Düzlemsel gerilmenin birbiri ardınca oluşması.

Tablo 3-8 Gevrek Kırılma Sıcaklığında (T_{gev}) çeşitli hatlar için gerilim hal sertliğinin (σ_1 / σ_j) oranlarının ortalama değerleri ⁽¹⁸⁾.

Hatanın Görünüşü ve Biçimi	Max (σ_1 / σ_j)
Yarıçap yuvarlaklığı metal kalınlığının iki katı olan tüm konstrüksiyonlar için	1,15
Küresel gözenekler	1,10
Silin dirik tek tek yerleşmiş gözenekler	1,27
Birbirine yakın yerleşmiş iki Silin dirik gözenekler arası metal için	1,45
Elips görünüşündeki ρ' e eşit olan cüruf kalıntılarının büyük çap=2t ve en küçük yarıçap yuvarlaklığı	
t/ $\rho \leq 10$ ise	1,30
t/ $\rho \leq 100$ ise	1,70
t/ $\rho \rightarrow \infty$ ise	2,56
Uzun veya uzanmış nufuziyeti az olan derinliği 2t 'ye eşit ve yarıçap yuvarlaklığı ρ' ya eşit olan	
t/ $\rho \leq 10$ ise	1,6
t/ $\rho \leq 100$ ise	2,0
t/ $\rho \rightarrow \infty$ ise	2,56
a / $\rho > 10$ ve yarıçap yuvarlaklığı ρ olan, en küçük kesiti 2a' ya eşit iki tarafı derin dış çentikli biçiminde uzanmış hatalar için	2,6
Kaynak alın dişlerinin dikiş kalınlığı geçiş yarıçapı esas metalden küçük, köşe dikişlerindeki yenme olukları için	1,4

3.4. KAYNAK KALİTESİ VE MUKAVEMETİ

3.4.1. Kaynak kabul kriterleri

Bazen gözenekler ve inklüzyonlarla öylesine dolu kaynak dikişleri üretilebilir ki, bunların kullanılabilceği bir uygulamayı hayal etmek bile güç olur. Buna rağmen bir kaynak dikişinin kendisini iyi veya kötü olarak nitelendirmek yanlıştır. Bir kaynağı kötü olarak nitelendirdiğimizde, gerçekte kaynağın kafamızdaki amaca uygun olmadığını kastederiz. Ancak herhangi bir kişinin uygun gördüğü bir kalitenin, diğer çalışma alanları için çok yüksek veya çok düşük olabileceğine dikkat edilmelidir. Örneğin nükleer reaktördeki bir alın kaynağını ele alalım. Reaktör devreye girdikten sonra, her ne kadar istenmese de, kaynakta tamirat gerektiren bir hata oluşabilir. Bundan daha önemlisi, kritik bir bağlantının hasarı felaketlere de neden olabilir. Bu nedenle reaktörde önemli hatalar içeren bir kaynağı kullanma riskine girmek asla savunulamaz. Buna karşılık bir depolama tankında göz önüne alınması gerekli temel faktörlerden biri kaynağın korozyona direnci olabilir. Yüksek mukavemet çalışma sırasında her zaman temel bir gereklilik olmadığından, nükleer reaktörlerde derhal reddedilmeye sebep olabilecek hatalar depolama tankında zararsız olarak kabul edilebilir⁽¹⁶⁾.

Yukarıda verilen uygulamaları kıyaslamak kolay olmakla birlikte, bir kaynağın kabul edilebilir haldeki kalitesi için hassas bir tanım yapmak çok daha zordur. Genellikle bu tanım, gözeneklik, yanma oluşu, kaynak metali ile levha arasındaki birleşme azlığı, çatlaklar veya kaynakta hap solmuş cüruf parçaları gibi hataların mevcudiyetine bağlı olarak yapılır. Burada “hata” teriminin bu anlamda kullanılmış olması talihsizliktir. Çünkü böyle bir yaklaşım birinin veya birden fazlasının kaynakta mevcut olmasının kaynağı hemen hatalı hale getirdiğini ima etmektedir. Ancak yukarıda bahsedildiği gibi bu hataların izin verilebildiği hallerde mevcuttur. Gerçekte, bir kaynak kalitesi şartnamesinin esası, hatalı olarak sayılmayacak ve bu nedenle reddedilemeyecek bir kaynakta mevcut olabilecek hataların sayısını ve boyutunu belirlemektir.

Burada amacımızın birtakım hatalar içeren kaynaklar üretmek olduğu sonucunu çıkarmamak gerekir. Aksine, kaynakçı yukarıda belirtilen hataların oluşumundan kaçınmak için gerekli yöntem ve teknikleri daima kullanmalıdır. Ancak

gerçek pek mükemmel olmadığı için hataların oluşacağını biliriz ve kabul standartlarımız sadece düzeltme işleminin uygulanmasını gerektiren noktayı belirler.

Bir yapının veya bir elemanın tasarımcısı aşağıda örnekleri verilen çok sayıda kriteri göz önüne alarak çalışmak zorundadır.

Mekanik özellikler,

Korozyon dayanımı,

Oksidasyon dayanımı,

Aşınma dayanımı,

Sızdırmazlık,

Vakum sızdırmazlığı,

Rijitlik.

Kaynaklar için hazırlanan kabul standartları, yukarıda belirtilen tasarım kriterleri için söz konusu uygulama için önemli olanları ile ilişkili her hatanın önemini yansıtmalıdır. Bununla birlikte kaynak bağlantılarının çeşitli tipten çekme yükleri altında nasıl davrandığı konusuyla, yani mekanik özelliklerle daha sık ilgileniriz.

Alın kaynaklı bağlantıların mukavemeti incelendiğinde, kaynaklı yapının tasarımcısı mukavemet hesaplarını, seçmiş olduğu esas metalin özelliklerini göz önüne alarak yapar. İdeal olarak kaynak metali en azından esas metalinkine eşit özelliklere sahip olmalıdır. Pratikte, kaynak metali bir döküm yapısına sahiptir ve kaynaklı konstrüksiyonlarda kullanılan metallerin çoğunda kullanılan kaynak metali esas metalden daha düşük mukavemete sahiptir. Bunun en önemli istisnası yapı çelikleridir. Yapı çeliklerinde kaynak metalinin akma dayanımı, esas metalinkinden daha büyüktür. Bağlantı mukavemetine kaynağın etkisinin açık bir şekilde anlaşılması gerekir. Böylece tasarımcı hesaplarında bu etkiyi göz önüne alma imkanı bulabilir. Diğer taraftan yorulma gibi bazı yükleme hallerinde, bir kaynak bağlantısının mevcudiyeti müsaade edilebilir, maksimum gerilmeleri otomatik olarak azaltır. Kaynak metali ile esas metal arasında tüm kalınlık boyunca her noktada bağlantının sağlandığı bir alım kaynağı düşünüldüğünde, dikişin üst ve alt tarafındaki kaynak metali fazlalığı, boyutları hassas bir şekilde kontrol edilmediğinden, hesaplarda bir kesit artışı olarak göz önüne

alınmaz. Bu durumda alım kaynağının yük taşıyan dikiş kalınlığı esas metalin kalınlığına eşittir. Göz önüne alınması gereken iki durum mevcuttur; bunlardan biri kaynak metalinin akma dayanımının esas metalinkinden büyük olduğu, ikincisi ise küçük olduğu durumlardır.

Kaynak metalinin akma dayanımının önemi, bir kaynak dikişi içeren deney parçasının çekme deneyi sırasındaki davranışına bakarak görebiliriz. Kaynak dikişi, uygulanan gerilmeye dik yönde olup yüzeyi, deney parçası yüzeyi ile aynı düzlemde olacak şekilde işlenmiştir. Kaynak metali ve esas metal temelde aynı cins malzeme olduklarından, aynı elastik modülü değerine sahiptirler ve bu nedenle yük elastik bölgede iken üniform olarak şekil değiştirirler. Kaynak metali daha yüksek akma dayanımına sahip ise, alıma önce kaynaktan uzakta bir yerde esasa metalde başlar ve boyun teşekkülü eşliğinde devam eder. Bu bölgedeki gerçek gerilme, kesit boyun teşekkülü nedeniyle azaldığından, kaynak metalindeki gerilmelerden daha hızlı artar ve kırılma esas metalde meydana gelir. Tamir kaynağının orijinal parçalardan daha yüksek mukavemete sahip olduğu şeklinde sıkça ifadelere rastlanmaktadır. Ancak bu görüşün sadece akma dayanımı esas metalden daha yüksek olan ve çekme yükü altındaki kaynaklar için geçerli olduğunu akılda tutmak gerekir.

Çeliklerin kaynağında, genelde uygun mekanik özelliklere sahip, bir başka deyişle esas metalinkinden daha yüksek değerlerde mekanik özellikleri olan dolgu metali seçme imkanı vardır. Bir çok demir dışı metal ve alaşımlarında durum genelde böyle değildir. Bu malzemeler; kaynak metalinde de ortaya çıkan bir döküm yapısına sahip olduklarında mekanik özellikleri kötüleşir. Aynı zamanda bu tür metallerde kaynak metalindeki çatlama ihtimalini en aza indirmek veya bundan kaçınmak için düşük dayanım veren dolgu metali kullanmak gerekir. Bu nedenle demir dışı metal ve alaşımlarında esas metalden daha düşük mukavemete sahip kaynak metali ile karşılaşmak olağandır ve bunun sonucu olarak çekme deneyinde, akma önce kaynak metalinde başlar. Kırılma kaynak metalinde oluşur ve bağlantının çekme mukavemeti esas metalinkinden daha düşüktür ⁽¹⁶⁾.

Isının tesir altında kalan bölgenin ısıl çevrinden dolayı mekanik özelliklerin değiştiği bilinmektedir. Yapı çeliklerinde, ITAB' deki esas metal ya az etkilenmiş veya etkilenmemiş halde kalır ya da sertleşir. Sertleşmiş yapılarda bilinmesi gereken en önemli olay, bağlantının çalışma sırasındaki performansını ciddi bir şekilde etkileyebilecek çatlama riskidir. ITAB' da herhangi bir çatlak mevcut değilse sertleşme bağlantının çekme dayanımının değerlendirilmesi sırasında göz önüne alınmaz. Örneğin soğuk haddeleme gibi soğuk şekil verme yoluyla veya ısıl işlem yoluyla sertleştirilmiş malzemelerde durum çok farklıdır. Bu malzemelerde ITAB' deki mukavemet sertleşmemiş veya tavllanmış haldeki değerlere düşer. Örneğin çok düşük sıcaklık tesislerinde ve süper yapılarda kullanılan 5083 alüminyum-magnezyum alaşımının soğuk şekil verilmiş haldeki çekme mukavemeti 340 N/mm^2 ye kadar düşebilir. Bu ise kaynak bağlantısında tekrar iyileştirme imkanı bulunmayan önemli bir mukavemet kaybıdır. Benzer şekilde, borularda profillerde ve pencere ekstrüzyonlarında kullanılan 6082 Alüminyum-magnezyum-silisyum alaşımı 295 N/mm^2 çekme mukavemetine sahipken kaynaktan sonra ITAB' deki mukavemet 210 N/mm^2 'ye düşer. Bağlantıyı ısıl işlem uygulayarak ITAB' deki mukavemeti tekrar artırmak mümkün olmakla birlikte pratikteki zorluklar bu tür bir işlemi uygulanamaz hale getirir ⁽¹⁶⁾.

3.4.2. Kaynak Hatalarının Etkisi

Bir kaynağın mukavemeti konusunda bilgi verirken kaynak metalinin hiçbir hata içermediği varsayılmıştır. Bu nadiren ulaşılan ideal durumdur. Fabrika veya şantiye şartlarında gerçekleştirilen kaynakların çoğu en azından bir veya iki küçük hata içerir. En çok rastlanan hatalar; yanma oluşu, çatlaklar, gözeneklik, cüruf kalıntıları, erime azlığı ve nüfuziyet azlığıdır.

İlk anda bu hataların bir kaynak enine kesitinde enine çekme gerilmelerinin etkisi doğrultusunda süreksizlikler oluşturdukları izlenimi uyanır. Bu izlenim bizi, hataların etkin yük taşıyıcı alanı azaltması nedeni ile önem kazandığı sonucuna götürülebilir. Gerçekte, bir çok halde akma, levha yerine kaynakta meydana gelmeden önce kesitte % 28 'e kadar varan bir azalma tolerans edilebilir ve bu azalmanın tüm kaynak dikişi boyunca olması gerekir. Bu mertebedeki bir kesit azalması genelde yetersiz nüfuziyeti nedeni ile oluşabilir, buna karşılık yanma oluşu, gözeneklik, çatlaklar, cüruf kalıntıları ve erime azlığının kesitte bu ölçüde önemli bir kayıp

oluşturması pek olası değildir. Bu durum hataları kabul etmememiz için bir başka nedenin var olduğu sonucunu doğurur⁽¹⁶⁾.

3.4.3. Gerilme Konsantrasyonları

Çekme yüküne maruz kalan düz bir levhayı göz önüne aldığımızda levha kesitindeki gerilme üniform olarak dağılır. Eğer levhanın merkezine a yarıçapında bir delik delinirse levhanın genişliği 2a kadar azalır. Yük daha küçük bir kesit tarafından taşındığı için gerilme konsantrasyonu artar. Gerçek gerilme dağılımı üniform olmayıp deliğin kenarlarında yüksektir ve delikten bir miktar uzakta orijinal σ_1 değerine düşer. Delik tarafından gerilme akış çizgilerinde oluşturulan süreksizlik, gerilme yığılmasına neden olmuştur. Bu gerilme konsantrasyonunun yığılma etkisinin şiddeti süreksizliğin şekline bağlıdır. Dairesel bir delikte yığılma faktörü (çentik faktörü) düşük olup değeri 3'e eşittir. Buna karşılık keskin bir çentik, çentik faktörünün 10 değerine kadar yükselebildiği gerilme yığılmalarına neden olur. Bu nedenle, hataların gerçek öneminin bunların gerilme yığılmaları oluşturmasından kaynaklandığını anlamış oluyoruz. Yukarıdaki açıklamalardan şu sonuca varmak mümkündür⁽¹⁶⁾.

Gaz gözenekleri ve cüruf kalıntıları gibi nispeten dairesel hatalara çatlak gibi keskin hatalardan daha hoşgörülü davranabiliriz. Bu görüşün uygulamadaki geçerliği çeşitli standartlarda da görülebilir. Buna örnek olarak basınçlı kaplarla ilgili B5 5500 İngiliz standardında belirtilen hata kabul kriterleri aşağıda verilmiştir.

<u>Hata Tipi</u>	<u>Kabul Kriteri</u>
Gözenek-İzole	Levha kalınlığına bağlı olarak çap 6mm'den büyük olamaz.
Gözenek-dağılmış	Radyografide görülen kaynak metali alanının %20 ila %3'ü
Cüruf kalıntısı	Uzunluğu levha kalınlığına nümerik olarak eşit olabilir
Yetersiz kök nüfuziyet	Müsaade edilmez.
Erime azlığı	Müsaade edilmez
Çatlaklar(herhangi bir tipi)	Müsaade edilmez

3.4.4. Çentik sünekliliği

Bir hatanın öneminin ne olduğunu tam olarak anlayabilmek için söz konusu hatanın mevcut olduğu malzemenin göz önüne alınması gerekir. Uygulanan çekme gerilmelerinin doğrultusuna dik olan bir çatlak kendi ucunda yüksek bir gerilme yığılması oluşturur.

Sünek malzemede akma, çatlak ucunu saran bölgede meydana gelir ve çatlağın uzunluğu artarken çatlak açılmaya, yani yüzeyleri birbirinden uzaklaşmaya başlar. Çatlağın bundan sonraki davranışı çeşitli faktörlere bağlı olup bazı hallerde çatlak ilerlemeyebilir. Eğer çatlak elemanın tüm genişliği boyunca ilerlerse nihai kırılma önemli ölçüde plastik deformasyon belirtileri ile meydana gelir. Diğer taraftan bazı malzemelerde çok az çatlak açılmasını takiben çatlak hızla parça içine doğru ilerler ve görünürde hiçbir plastik şekil değişimi oluşturmadan kırılmaya, bir başka deyişle “gevrek kırılmaya” neden olur. Bu tip malzemelere çentik-gevrek malzemeler adı verilir ve yukarıda belirtilen çentik-sünek malzemelerle karşılaştırıldıklarında, bunlar düşük çentik sünekliliğine sahip malzemeler olarak da tanımlanabilirler.

Karbon ve karbon-manganez çelikleri sıcaklığa bağlı olarak hem çentik-sünek hem de çentik-gevrek davranışlar gösterdiklerinde, bu çeliklerden üretilen yapıların tasarımlarında çentik-gevrek davranış dikkatle göz önüne alınması gerekli problemlerden biridir. Bir çelik levhadan kesilen deney parçası üzerine -60°C den $+60^{\circ}\text{C}$ 'a kadar değişen bir sıcaklık aralığındaki farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen bir dizi Charpy çentik darbe deneyi sonuçları, kırılmaya kadar, absorbe edilen enerjinin üst sıcaklıklarda yüksek olduğu ve sıcaklık düştükçe çok düşük değerlere doğru belirgin bir düşme gösterdiği görülmüştür⁽¹⁶⁾.

Absorbe edilen enerjideki bu geçişin olduğu sıcaklığa “geçiş sıcaklığı” adı verilir ve bu sıcaklık çeliğin birleşimine, tane büyüklüğüne ve maruz kaldığı ısı ve mekanik işlemlere bağlıdır. Geçiş sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda erime azlığı ve çatlak gibi düzlemsel hatalar, gevrek kırılma şeklinde davranışa neden olurlar ve bunun sonucunda hızla ilerleyen gevrek kırılmalar oluşabilir. Bundan dolayı bazı standartlar erime azlığını kabul etmeye daha eğimli iken bazı standartlar ise yakarıda değinilen

riskler nedeniyle düzlemsel hatalara karşı herhangi bir hoşgörü göstermez. Genel olarak, önemli uzunluktaki çatlaklara asla izin verilmez.

3.4.5. Kabul standartlarının oluşturulması

Çok az istisna dışında, farklı otoriteler tarafından oluşturulan ve kullanılan kabul standartları geçmiş deneyimlere dayanır ve bunların amacı “emniyetli çalışma şartlarını” hazırlamaktır. Kaçınılmaz olarak bu bazen tasarımda en iyi veya en etkin malzemeyi kullanabilme serbestisini ortadan kaldırır. Ancak bu, yapının çalışma şartlarına dayanma güvencesi için ödenen küçük bir bedeldir⁽¹⁶⁾.

Bir kabul standardı tanımlamaya çalışan herhangi birinin karşı karşıya kaldığı bir problemde, ölçme işlemlerinin kesin sonuç vermeyen bir özelliğe sahip olmasıdır. Genel mühendislikte bir milin çapının $100 \text{ mm.} \pm 0,1 \text{ mm.}$ olması şartını koşmak göreceli olarak kolaydır. Çünkü kalite kontrol elemanı bunu kolaylıkla ölçebilir ve $100,1 \text{ mm.}$ 'den büyük veya $99,9 \text{ mm.}$ den küçük parçalara sahip milleri reddeder. Buna karşılık bir bağlantıda müsaade edilebilecek maksimum gözenek miktarı nasıl belirtilebilir? Kaynağın her 10 mm. si başına bir gözenekten fazla olmayacak diyebiliriz ve bu yeterli görülebilir, ancak karşılık olarak sorabileceğimiz bir sürü soru ortaya çıkar. Hangi çaptaki gözeneği kabul edebiliriz? Bu bir ortalama mıdır? 30 mm. uzunluk içindeki 10 mm. nin ortasında üç gözeneğin bulunması kabul edilebilir mi? Benzer şekilde bir kaynakta uzunluğu olduğu kadar derinliği de olan erime azlığını nasıl ölçebiliriz?

Bu problemlere kolay bir cevap mevcut değildir ve büyük ölçüde hem standardın yazarına, hem de kabul kriterini yorumlayan kaynak kalite kontrol elemanının deneyimine bağlıdır. Hızla gelişen “Kırılma mekaniği” tekniği bu konuda çok daha kusursuz bir yaklaşım önermiştir. Bir düzlemsel hatanın bulunduğu yeri ve boyutunu ve hatanın etrafındaki gerilim konsantrasyonunu biliyorsak ve malzemenin çentik sünekliğini bir şekilde ölçebiliyorsak, hatanın çalışma sırasında ilerleyerek hasara sebep olup olmayacağını önceden belirlemek mümkün olmaktadır⁽¹⁶⁾.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR

Bu çalışmada toz altı kaynağı değişik rejimlerde uygulanarak kaynak dikişinin ve ITAB bölgelerinin mekanik özellikleri ve tane yapılarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

1.12' mm lik levhalarda üç rejimde yapılan dikişlerde;

1-1 ITAB'deki ortalama maksimum sertlik artan akım değeri ile değişmektedir. Bu yüksek sertlik değerleri 297 HV'e kadar çıkmaktadır.

1-2 Akım şiddetinin ve kaynak hızının azalması durumunda bölgelerdeki ortalama tane çapları büyümekte ve bölgelerin genişlikleri de artmaktadır.

1-3 Akım şiddeti ve kaynak hızının azalması kaynak metalinin σ_{ak} değerini yükseltmektedir. En düşük σ_{ak} değeri (Esas metalinkine yakın)akım şiddetinin ve kaynak hızının düşük olduğu ITAB'de görülmüştür.

1-4 Kaynak rejimlerinin değiştirilmesi ile malzemenin plastik ve sünekliği üzerine ve en önemlisi onun akma gerilimine etkisi görülmüştür.

KAYNAKLAR

1) J.A:Brooks and K.W.Mahin

Solidification and Structure of Welds ,Pages : 37-53 ,1990,.

2) K.VARATHARAJAN , A.K.TYAGI, R.KRISHNAN ,R.K. SING RAMAN.

"Microstructure and oxidation resistance of different regions in the welding of mild steel." Journal of Materials Science Letters 13, Pages: 1618-1621 ,1994,

3) Pr. Selahattin ANIK ,Pr.Kutsal TLBENTC,Yad.Doc.Dr.Erdin KULU

rtl Elektrot İle Elektrik Ark Kaynağı , 1991.

4) Pr. Selahattin ANIK. "Kaynak Tekniği (ciltIII)"

İT Ktphanesi , Sayı : 1030, 1975.

5) KHARA, SUZUK, KANATANI.

"Weld Hardning of High Streng Steels and Predition of Optimum Welding Conditions"

Trans. of Nbat. Res. Ins. for Met. 1(1959) No.1.

6) KHARA , SUZUK , TAMURA .

"Researches on Weldable High Strenth Steels "

The Society of Naval Architects of Japon , Tokya , 1957 .

7) OKADA . M - SUZUK , H.

Welding Metallurgy - Welding Seress. Vol .4 , J.W.E.S. ,1965.

8) SUZIK, TAMURA, KAVANA, HASHIGUCHI.

"A Metalorjical study on the weld heat efected zone in steel with a reproducing Apparatus for weld thermal Cycles".

The Journal of J.W.S., Vol. 24, No. 2, and 5, 1957

9) KHARA, SUZUK, KANATANI

"Studies on Weld Hardnig of Steel"

The Journal of JVS , Vol .26 , No .2 ,1957 .

10) KHARA ,H - SUZUK , H -TAMURA ,H .

"A Review of Studies on Weldabl High Strenht Steels".

Monthly Reports of T.T.R. I. Vol .6 , No .7 ,1956.

- 11) OTANA, M.
"Crack Test of Structural High Tensile Mn - Si Steels By Slot Type Speicmen"
The Journal of J.W.S., Vol. 25, No. 5, 1956.
- 12) ANIK, S.
"Çatlama Meylini Tespit Etme Usullerine Genel Bir Bakış."
O. Kaynak Tekniği , K.T.4 , 1967.
- 13) EVANS, G.M. - SIMONSEN, T. - AUGLAND,B.
"Implant Weldability Testing of Carbon Manganese Steels".
International Instutue of Welding
- 14) GRANSON, H.
"The Implant Metot for Studing the Weldability of High Strength Steels".
Metal Construction and Brithish Welding Journal 1969.
- 15) Rybicki .E:F.
Weld Residual Stresses İn Pipes , Pages: 327-334 ,1980..
- 16) L.M. GOURT
Kaynak teknolojisinin Esasları,1996.
- 17) YARAŞEViÇ, V.D.
"Metallerin Düşük Sıcaklıklarda Termoaktivasyon Plastik Deformasyonun
Mekanizması"
Matal Bilgisi ve Metallerin Fiziği, s.856-865, 1971.
- 18) MAKUTOV,N.A.
"Konstriksiyon elementlerinin Gevrek Kırılmaya Mukavemeti, M.,
Maşinostroyeviç, s.272, 1981.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet ÇAKMAKKAYA ,1964 yılında KILIÇYAKA'da doğdu. İlk öğrenimini Kılıçyaka'da tamamladı. Orta öğrenimini Bucak Kocaaliler Ortaokulunda ,Lise 1.sınıfı Bucak Lisesinde okuduk dan sonra 1981-1982 öğretim yılında Bolvadin Lisesinden mezun oldu.1983-1984 öğretim yılında G.Ü Teknik Eğitim Fakültesi Metal İşleri Öğretmenliğine girdi ve 1988 öğretim yılında girdiği fakülteden mezun oldu.1988-1994 yılları arasında Afyon Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesinde atölye ve meslek dersleri öğretmenliği görevinde bulundu.

1995 yılında AKÜ Bolvadin Meslek Yüksek Okulu Kaynak Programında öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. Evli ve iki çocuk babası olan Mehmet ÇAKMAKKAYA halen aynı okulda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

AKÜ FÜZÜLENGÖRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ