

**OSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN
KAYNAKLI BAĞLANTILARININ ULTRASONİK
MUAYENESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet TÜRKER**

Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Program : MALZEME VE İMALAT

MAYIS 2003

**OSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN
KAYNAKLI BAĞLANTILARININ ULTRASONİK
MUAYENESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet TÜRKER
(503001316)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Nisan 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Mayıs 2003**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mirat VURAL
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Adnan DİKKİCİ OĞLU
Doç. Dr. Erdem İBRAHİM**

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

Günümüzde kaynaklı bağlantıların tahribatsız muayenesinde kalıcı belge bırakan yöntemler olarak Radyografik ve Ultrasonik muayeneye başvurulmaktadır. Ülkemizde ekonomik koşullar nedeniyle henüz yeni kullanım imkanını bulmuş olan ultrasonik muayene giderek artan bir oranda sanayide ve endüstride yayılmaya devam etmektedir. Yine sanayide ve endüstride kullanım alanı geniş olan paslanmaz çelikler özellikle de ostenitik paslanmaz çelikler ultrasonik olarak muayenesi çok zor olan, operatörlerin bu muayene için geniş bilgi ve tecrübelerini gerektiren bir malzemedir. Ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynaklı bağlantılarının ultrasonik muayenesi konusu, testlerinin zorluk nedenleri nedeniyle incelenmek üzere seçilmiştir.

Tez çalışmam boyunca bana her türlü desteğini gösteren, özellikle de kaynak ve malzeme konusunda engin fikirlerini benimle paylaşan tez danışmanım Sn. Doç. Dr. Mirat VURAL'a, Ultrasonik testler için bana imkanlarını açan Çekirge Nükleer Araştırma Merkezi Endüstriyel Uygulamalar Bölüm Başkanı ve NDT Uzmanı Doç. Dr. Şinasi EKİNCİ'ye, Yük. Müh. Serdar SARIÇAM'a ve ÇNAEM Personeline, İTÜ Makina Fakültesi Malzeme ve İmalat Teknolojileri araştırma görevlilerinden Yük. Müh. Ahmet AKKUŞ'a ve Ana Bilim Dalı Laboratuvar personeline teşekkürlerimi bir borç bilirim

Mayıs 2003

Mehmet TÜRKER

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. TIG KAYNAĞI	3
2.1. Giriş	3
2.2. TIG Kaynağında Kullanılan Koruyucu Gazlar	5
2.2.1. Koruyucu Gazların Görevleri	6
2.3. TIG kaynağında Kullanılan Elektrotlar	6
2.4. TIG Kaynağında Kullanılan Torçlar	6
2.5. TIG Kaynağında Kullanılan Akım Çeşitleri	7
2.6. TIG Kaynağında Kullanılan Kaynak Makineleri	7
2.7. TIG Kaynağında Elektrodun Tutuşturulması	8
2.8. TIG Kaynağında Çalışma Tekniği	8
2.9. Paslanmaz Çeliklerin TIG Kaynağı	9
2.10. TIG Kaynağının Üstünlükleri ve Kullanma Alanları	10
3. ULTRASONİK MUAYENE	11
3.1. Tahribatsız Muayene İçin Ultrasonik Sistem	11
3.2. Ultrasonik Testin Görevleri	11
3.3. Süreksizliklerin Algılanması	12
3.4. Test Metodu ve Ghaz Teknolojisi	15
3.4.1 Ultrasonik Hata Dedektörü	15
3.4.2 Prob	17
3.4.3 Kırılma ve Dalga Dönüşümü	19
3.4.4 Açılı Domet Probleminin Özellikleri	21
3.4.5 TR (Transmitter/ Receiver) Probu	22
3.5. Yarı-Değer Yöntemi	24

4. OSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN KAYNAKLI BAĞLANTILARININ ULTRASONİK MUAYENESİ	27
4.1. Giriş	27
4.2. Elastik Anizotropi	27
4.3. Değiştirilebilir ve Değiştirilemez Çelikler	30
4.4. Malzemenyi İşleyerek Tanelerin İnceltilmesi	33
4.5. Ses Saçılması	37
4.6. Daha Uzun Dalga Boylarıyla Çalışmalar	40
4.7. TR Tekniğiyle Denemeler	44
4.8. Boyuna Dalgalarla Daha İyi Bir Sinyal-Gürültü Oranı	51
4.9. Boyuna Dalgalı TR Açılı Probu	55
4.10. Görünüşte Olan Belirtiler	58
4.11. Yüksek Sönümlü Problemler	61
4.12. Kaynak Felsefesi	66
4.13. Aynı Hzada Bir Tane Yapısı	67
4.14. Nüfuz Edilemez Geçiş Bölgesi	70
5. YAPILAN ÇALIŞMALAR	72
5.1. Kaynaklı Bağlantıların Hedef Edilmesi	72
5.2. Ultrasonik Muayene	77
5.2.1. Uygulanışı	78
5.2.2. Hedef Edilen Bulgular	80
5.3. Tahribatlı Muayene	81
5.3.1. Uygulanışı	81
5.3.2. Hedef Edilen Bulgular	82
5.4. Bulguların Yorumlanması	89
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	90
KAYNAKLAR	91
EKLER	92
ÖZGEÇMİŞ	93

KI SALT MALAR

T	: Transducer (verici)
R	: Receiver (alıcı)
L	: Boyuna dalga
T	: Enine dalga
IP	: İlk darbe
BE	: Arkadaki darbesi
TR	: Transducer- Receiver

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.1 Ultrasonik Mıyane Sonucunda Erişmiş Bölge Uzunlukları. ...	81
Tablo 5.2 Kaynaklı Bağlantıların Erişmiş Bölge Uzunlukları ve Çarpılma Açıları	86
Tablo 5.3 Kaynak Ağız Uzunlukları ve Kaynaktan Sonraki Erişmiş Bölge Uzunlukları.....	87
Tablo 5.4 Ultrasonik Test Sonuçları İle Tahribatlı Mıyane Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	88

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1 2 1 : TI G kaynağının prensip şeması.....	4
Şekil 1 2 2 : Su soğutmalı bir TI G kaynak ekipmanının temel elemanları.....	5
Şekil 1 2 3 : TI G kaynağında torç ve ilave telin tutuluşu.....	8
Şekil 1 3 1 : Düz de netli prob.....	12
Şekil 1 3 2 : Açılı de netli prob.....	13
Şekil 1 3 3 : Ses alanı.....	13
Şekil 1 3 4 : Tandem Tekniği.....	14
Şekil 1 3 5 : G diş dönüş ölçümünün prensibi.....	15
Şekil 1 3 6 : Arka ci dar yankısı 8 skala çizgisinde.....	16
Şekil 1 3 7 : Süreksizliğe sahip bir test malzemesinde hata yankısı görüntüsü.....	17
Şekil 1 3 8 : Boyuna dalga.....	18
Şekil 1 3 9 : Enine dalga.....	18
Şekil 1 3 10 : Enine dalgalı kırılma ve yansıma.....	19
Şekil 1 3 11 : Kırılma : 1. kritik açı.....	20
Şekil 1 3 12 : 45°nin altında enine dalga kırılması.....	20
Şekil 1 3 13 : Tam yansıma.....	21
Şekil 1 3 14 : Çeliklerde açılı problemlerin kullanılabilir değerler.....	21
Şekil 1 3 15 : Test malzemesinin TR probuyla arka ci dar yankı görüntüsü.....	23
Şekil 1 3 16 : Test malzemesinin TR probuyla algılanan karışma yankısı içerisindeki süreksizlik yankısı.....	23
Şekil 3 17 : Ses Demeti Genişliğinden Daha Büyük Bir Hata (Yankı % Yüksekliği 80 Değerinde).....	25
Şekil 3 18 : Düz De netli Proben Akustik Ekseni Hata Sınırında (Yankı Yüksekliği %40 Değerinde).....	25
Şekil 3 19 : Hatanın Üstten Görünüşü.....	26
Şekil 4 1 : Düşük anizotropik bir malzemenin tane sınırlarındaki düşük saçılma.....	28
Şekil 4 2 : Belirli bir yönde iyi ses iletimine sahip aynı yönlü anizotropik bir yapı.....	28
Şekil 4 3 : Zayıf ses iletimine sahip farklı yönlü anizotropik bir yapı.....	29
Şekil 4 4 : Bir kristal yapının ortalama tane büyüklüğü “ G”.....	29
Şekil 4 5 : Demir- Karbon diyagramı.....	30
Şekil 4 6 : Nor malleştirmeden önceki tane büyüklüğü ve CRT ekran görüntüsü.....	31
Şekil 4 7 : Nor malleştirme den sonraki tane büyüklüğü ve CRT ekran görüntüsü.....	31

Şekil 4 8	: Bir alaşı melenenti dan N'in γ alanı nı genişletmesi.....	32
Şekil 4 9	: Tavlama dan önceki değıştirilebilir kaynak yapısı.....	33
Şekil 4 10	: Tavlama dan sonraki değıştirilebilir kaynak yapısı.....	33
Şekil 4 11	: a) Isıl işlemden önceki kaba taneli ostenitik kaynak yapısı..... b) Isıl işlemden sonraki kaba taneli ostenitik kaynak yapısı.....	34
Şekil 4 12	: Doğal ince tane yapısına sahip dar bir ostenitik kaynak yapısı...	34
Şekil 4 13	: Soğuk şekillendirme ve yeniden kristalleştirme tavlama sı ndan sonra ostenitik malzeme deki ince yapı..... a) Düşük derecede şekillendirme b) Orta derecede şekillendirme c) Yüksek derecede şekillendirme	35
Şekil 4 14	: Boyuna kaynaklı borudaki kaynakt a tanelerin inceltilmesi..... a) İlk durum b) Cerilme giderme ve ısı l işlemden sonraki durum	35
Şekil 4 15	: Boyuna kaynaklı borular ın kaynaklarını özel ultrasonik testi....	36
Şekil 4 16	: Cerilme giderme işle mi yapı lmış boyuna kaynaklı ostenitik bir borunun otomatik dal dırma testi.....	36
Şekil 4 17	: Yeniden kristalleşmiş ve düzensiz bir yapı..... a) İşlem görmemiş b) Orta derecede işlem görmüş c) Yüksek derecede işlem görmüş	37
Şekil 4 18	: Farklı dal ga boyl u ultrasonik sal ın ın ın ar.....	37
Şekil 4 19	: Enine dal galı açılı bir prob kullanarak kaynak testi ni n yapı lışı...	38
Şekil 4 20	: $\lambda/2$ ortalama tane çaplı bir kaynak yapısı ndaki süreksizlikten gelen kabul edilmez bir yankı.....	39
Şekil 4 21	: Ostenitik kaynaklar daki ortalama tane büyüklüğü.....	40
Şekil 4 22	: Kaynağ ın merkez noktas ından itibaren yarı m(p/2) ve tam(p) atlama mesafesi arasındaki probun hareketi.....	41
Şekil 4 23	: Yakın yüzey süreksizliklerini dolaylı olarak tarama yaparak yakın alan ayırma gücünden vazgeçilmesi..... A= Yakın yüzeyden gelen karışma yankıları E= Süreksizlikten gelen yankı	41
Şekil 4 24	: Probun uygun hareket ettirilmesi yle kaynağ ın tam kesiti ni n testi.....	42
Şekil 4 25	: 4 MHz ve 1 MHz ses dal galar ının düz ve ufak bir yansıtıcı ya (süreksizliğe) belli bir açı da çarp tığı zaman yansıması..... a) Güçlü de net yoğunluğ undan dolayı süreksizlikten gelen hiçbir yankı yok b) Yel paze biçiminde yansıma nedeniyle iyi hata algılama	42
Şekil 4 26	: Tek probla testte büyük düz süreksizliklerden sesi n uygun ol mayan yansıması.....	43
Şekil 4 27	: Tandem net odunu kullanarak hata algılanması.....	43
Şekil 4 28	: Problar ın pozisyonu hata derinliğine bağı lıdır.....	44
Şekil 4 29	: Geniş ses de neti nedeniyle kaynak takvi yerlerinden gelen karışma yankıları.....	45
Şekil 4 30	: Kaynak takvi yesi ni n neden ol duğu karışma yankıları.....	45

Şekil 4 31	: Dar ses demetinin karışma yankılarını önlemesi.....	46
Şekil 4 32	: Daha dar bir ses demeti nedeniyle düşük miktarda saçılma.....	46
Şekil 4 33	: Hata algılamada ses demeti genişliğinin etkisi.....	47
	a) Geniş ses demetiyle test ederken büyük miktarda saçılma	
	b) Dar ses demetiyle test ederken daha az bir saçılma	
Şekil 4 34	: TR açılı bir probun ses demeti şekli.....	48
Şekil 4 35	: 4 MHz enine dalgalı problemin yankılarının karşılaştırılması.....	49
	a) Açılı prob	
	b) TR açılı prob	
Şekil 4 36	: TR açılı probun ses demetinin genişleme bölgesinde daha az hata algılayabilirlik.....	50
Şekil 4 37	: Kaynağın tümalanında istenilen hata algılayabilirliği elde etmek için farklı TR açılı problemleri kullanarak test etme.....	50
Şekil 4 38	: Normal demetli bir prob kullanarak T kaynağı testi.....	51
Şekil 4 39	: Dik olarak tarama yapan bir prob kullanarak iç köşe kaynağı testi.....	51
Şekil 4 40	: Boyuna dalgalarla açılı tarama.....	52
Şekil 4 41	: Belli bir açıda gidilen boyuna dalga ile tarama yaparken enine dalganın ayrılması.....	52
Şekil 4 42	: Karışma seviyesinin çok üstünde boyuna dalga yankısı.....	53
Şekil 4 43	: Bir kural olarak “L” yankısı boyuna dalga yankısıdır.....	53
Şekil 4 44	: Boyuna dalgalarla dolaylı olarak süreksizliği tararken hiçbir boyuna dalga yankısı olmaz.....	54
Şekil 4 45	: Bütün yönlerden direkt tarama.....	55
Şekil 4 46	: Kaynak takviyesi yer bağlantılı yapılmış ise sadece yakın yüzey süreksizliklerine ulaşılabilir.....	55
Şekil 4 47	: Normal sönümlü boyuna dalgalı açılı bir probun zayıf yakın alan ayırma gücü.....	56
	(E_n = Süreksizlikten gelen yankı)	
Şekil 4 48	: Boyuna dalgalı TR açılı probunun daha iyi yakın alan ayırma gücü.....	56
Şekil 4 49	: Hassasiyet eğrileri.....	57
	A=Boyuna dalgalı TR açılı probu	
	B=Boyuna dalgalı açılı prob	
Şekil 4 50	: Boyuna dalgalı TR açılı problemleri kullanırken kalın bir kaynağın 4 test alanına bölünmesi.....	57
Şekil 4 51	: Farklı eğik yüzeylerde boyuna dalgalı açılı bir probun adaptasyonunda hassasiyet eğrisindeki değişim.....	58
Şekil 4 52	: A ve B durumunda taramada süreksizliklerden gelen yankılar, C durumunda taramada ise “görünüşte olan belirti”.....	59
Şekil 4 53	: Birkaç tane sınırlı yankısının birbiri üzerine binerek toplanması.	60
Şekil 4 54	: Yeterince kısa yankı darbeleriyle birbiri üzerine binmemenin olması.....	60
Şekil 4 55	: Karşılaştırma	61
	a) Normal sönümlü prob	
	b) Yüksek sönümlü prob	

Şekil 4 56	: Br ses darbesi ni n sönüml e me fakt örü ; $d=A_1 / A_2$	62
Şekil 4 57	: Farklı dereceli sönüml emeli salı nı nlar.....	62
	a) $d=3$ b) $d=4$ c) $d>10$	
Şekil 4 58	: Br prob sertifi kası nı n özet i.....	63
Şekil 4 59	: Yüksek sönüml emeli boyuna dal galı açılı probları nı yi yakı n alan ayır nı gücü	64
Şekil 4 60	: Sadece bir boyuna dal galı açılı probl a kalı n bir kaynağ ı n testi... ..	65
Şekil 4 61	: 2 MHz ortaband frekanslı yüksek sönüml emeli boyuna dal galı açılı probun frekans spektrumu	65
	(A = Salı nı mgenli ğ i)	
Şekil 4 62	: Br ostenitik kaynaktaki kristalitin istenilen yönü	67
Şekil 4 63	: Çok pasol u kaynaklar da kristalit istenilen yönde ğ i der, k s n n birkaç pasonun iç i nden.....	67
Şekil 4 64	: İstenilen yön ostenit – ferrit yapı ları nda da gör ülebilir.....	68
	(Siyah böl geler ferrit taneleri)	
Şekil 4 65	: Tane yapısı nı n istenilen yönüne belli bir açı da yapı lan tarama da en düşük ses zayı flama değ erleri.....	68
Şekil 4 66	: Tarama yönü veril neden ostenitik kaynak yapı ları nda ölç ülen ses zayı flama değ erleri.....	69
Şekil 4 67	: Ostenitik kaynak yapı ları nda kristalitin istenilen yönüne dayanarak 45° lik açı da ölç ülen en küçük ses zayı flama değ eri....	69
Şekil 4 68	: Yakı n geçi ş- Kaynak metali/ Esas metal.....	70
Şekil 4 69	: Kaynak metali ile esas metal aras ı ndaki iri tane yapısı	70
Şekil 4 70	: Çok düzensiz kaynak nüfuzi yeti nedeni yle ses de meti ni n kırıl ması ve ayrıl ması. Bu nedenle de düşük hata algı layabilirlik veya geçi ş böl gesi nde yüksek ses zayı flaması	71
Şekil 4 71	: Nüfuzi yeti n düzgün olmas ı şartıyla test hatası nı n algılanmas ı nda he n n he n n hi ç bir zorluk yok	71
Şekil 5 1	: Kaynaklı Parçaları n Boyutları.....	73
Şekil 5 2	: Kaynağ ı Yapılacak Üst Parçaları n Kaynak Ağ zı Boyutları.....	74- 75
Şekil 5 3	: T Kaynağ ı nı n Şe matik Gösterili ş i.....	76
Şekil 5 4	: Yapılan Kaynaklı Bağlantılardan Bri	76
Şekil 5 5	: Testte Kullanılan US M 25 Ghaz ı	77
Şekil 5 6	: Ultrasonik Testi n Şe matik Gösteri mi.....	78
Şekil 5 7	: Kaynaklı Ostenitik Paslanmaz Çeliklerin Ultrasonik Mıayenesi.....	79
Şekil 5 8	: Eri meyen Böl ge Uzunluğ unu Bul mak İç i n Kullanılan Yarı- Değ er Yöntemi nde Ekran ı n %80 Yüksekli ğ e Ayarlanması	79
Şekil 5 9	: Eri meyen Böl geden Alınan Yankı nı n %40 Ekran Yüksekli ğ i Görünt üs ü	80
Şekil 5 10	: 1 Nolu Parça’ nı n Mikroskobik Fot oğ rafı	82
Şekil 5 11	: 2 Nolu Parça’ nı n Mikroskobik Fot oğ rafı	82
Şekil 5 12	: 3 Nolu Parça’ nı n Mikroskobik Fot oğ rafı	83
Şekil 5 13	: 4 Nolu Parça’ nı n Mikroskobik Fot oğ rafı	83
Şekil 5 14	: 5 Nolu Parça’ nı n Mikroskobik Fot oğ rafı	83
Şekil 5 15	: 6 Nolu Parça’ nı n Mikroskobik Fot oğ rafı	84

Şekil 5 16	: 7 Nö l u Parça' nı n Mı k r o s k o b i k F o t o ğ r a f ı	84
Şekil 5 17	: 8 Nö l u Parça' nı n Mı k r o s k o b i k F o t o ğ r a f ı	84
Şekil 5 18	: 9 Nö l u Parça' nı n Mı k r o s k o b i k F o t o ğ r a f ı	85
Şekil 5 19	: 10 Nö l u Parça' nı n Mı k r o s k o b i k F o t o ğ r a f ı	85
Şekil 5 20	: E r i n e m i ş B ö l g e U z u n l u k l a r ı İ l e Ç a r p ı l m a A ç ı l a r ı E ğ r i s i	86
Şekil 5 21	: K a y n a k A ğ z ı U z u n l u k l a r ı İ l e E r i n e m i ş B ö l g e U z u n l u k l a r ı E ğ r i s i	87
Şekil 5 22	: U t r a s o n i k T e s t S o n u ç l a r ı İ l e T a h r i b a t l ı M u a y e n e S o n u ç l a r ı n ı n K a r ş ı l a ş t ı r m a E ğ r i s i	88

SEMBOL LİSTESİ

A_1	: En yüksek salınımın genliği
A_2	: Bir sonraki salınımın genliği
C_1	: 1. ortamın ses hızı
C_2	: 2. ortamın ses hızı
c	: Ses hızı (km/s)
D	: Kristalin efektif çapı
d	: Sönüm faktörü
f	: Frekans (MHz)
N	: Yakın alan uzaklığı
p	: Alınma mesafesi
s	: Ses yolu (mm)
t	: Gidiş dönüş süresi (μ s)
α	: Geliş açısı
α	: Ses zayıflama faktörü
β	: Yansıma veya kırılma açısı
γ	: Genişleme açısı
λ	: Dalga boyu (mm)

OSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN KAYNAKLI BAĞLANTILARININ ULTRASONİK MUAYENESİ

ÖZET

Ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynaklı bağlantıları sanayi de ve endüstride sık rastlanan bağlantı şekillerindendir. Özellikle bu tür paslanmaz çeliklerin kaynağında ortaya çıkan metalurjik sorunlar (Krom karbür çökmesi ve Tanelerarası korozyon, Bıçak izi etkisi korozyonu, Sigma fazı oluşumu) ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynaklarını daha dikkat edilir hale getirmiştir. Bununla beraber kaynak teknolojisi ilerleneye kaydettikçe bu ilerleneyeyle beraber ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynak kabiliyetleri artmış ve sorunlar üstesinden gelinir duruma gelmiştir.

Bu çalışmada ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında en çok kullanılan TIG kaynağını kullandık. Özellikle de ostenitik paslanmaz çeliklerde TIG kaynağının üst ünlükleri bir kez daha görüldü.

Ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynak diğışlerini ultrasonik testinde karşılaşılan en büyük sorun kaynak malzemesinin yapısından ileri gelmektedir. Kaynak metalinin katılaşması sırasında kaba (iri) taneli, dendritik ve bu dendritik yapıdan dolayı meydana gelen anizotropik bir yapı oluşur. Kaba taneli yapılarda, ultrasonik dalgaların tane sınırlarında yansıma ve kırılma sonucu saçılma uğramaları test edilebilirliğine etki eden en önemli sorundur. Kaynak metalinde oluşan dendritik yapı ortam anizotrop hale getirmektedir. Dendrit oluşumu ve tane yönelmesinden dolayı, dalgaların yayılma yönü de Snell Kırılma kanununa göre hesaplanan yayılma yönünden farklı olmaktadır. Dolayısıyla, ultrasonik dalgalar doğrusal olarak değil, yön değiştirerek yayılmaktadır. Bu, ultrasonik dalgaların büyük ölçüde zayıflamasına, hata belirtilerinin yapı belirtilerinden zor ayırt edilmesine (Sinyal- Gürültü oranının azalması) ve hata yerinin belirlenmesinde yamallara neden olabilmektedir.

Ostenitik paslanmaz çeliklerin kaynaklı bağlantılarının ultrasonik testi için son yıllarda değışikliklerde özel problemler geliştirilmiştir. Özellikle kaba (iri) taneli bu tür malzemeler içi tek ve çift kristalli boyuna dalga açılı problemler ve özel durumlarda odaklamalı problemler kullanılmaktadır. Boyuna dalgaların kullanılması nedeni, sınır yüzeylerdeki empedans farklılığından daha az etkilenmelerinden dolayı, kaba taneli yapılar ve dendritler tarafından daha az etkilenmeleridir. Aynı zamanda enine dalgalara göre dalga boyu 1.8 kat daha uzun olduğundan, zayıflatılmaları daha az olmaktadır. Boyuna dalgaların dezavantajı, enine dalga dönüşümünden dolayı yansıma kayıpları nedeniyle yüzeyden başlatan çatlakların zor dedekte edilmesidir. Bunun için ek bir yüzey çatlağı testi yapılmaktadır.

THE ULTRASONIC TESTING OF AUSTENITIC STAINLESS STEELS WELDED JOINTS

SUMMARY

The welded joints of Austenitic stainless steels are the frequently used weldments in industry. Especially the metallurgical problems (Carbide precipitation and intergranular corrosion, Knife line corrosion, The precipitation of sigma phase) which occur in this kind of stainless steels must be paid attention. However while the welding technology develops, the weldability of austenitic stainless steels increase with this developing and these metallurgical problems are solved.

In this study, TIG welding which is frequently used at the welding of austenitic stainless steels is used. Especially the superiorities of TIG welding at the austenitic stainless steels have been seen one more time.

The major problem encountered in the testing of austenitic welded joints is the structure of weld metal. During the solidification of weld metal, coarse grained and dendritic structure are occurred. Also due to this dendritic structure, an anisotropic structure is occurred. In the coarse grained structures, the scattering of the ultrasonic waves because of its refraction and reflection is the most important problem for the testability of this structures. Dendrites occurring in the weld metal make the structure anisotropic. Because of the dendritic and anisotropic structure, the direction of propagation of the waves is different from the estimated direction of propagation according to the Snell refraction law. So the ultrasonic waves propagate by deflecting not linear. This causes ultrasonic waves are attenuated and the flaw indications are distinguished from the structure indications difficultly (decreasing of signal-noise ratio) and to be mistaken about the location of flaw.

At recent years, special probes have been developed at different types for the ultrasonic testing of austenitic welded joints. Especially for coarse grained structures like austenitic stainless steel, single and double crystal longitudinal probes, and at special conditions focused probes are used.

The cause of the using of longitudinal waves is obstructed less by the coarse grained structures and dendrites due to be affected less from the difference of impedance at boundary surfaces. At the same time because of the wave length of longitudinal waves be 1.8 times taller than the wave length of transverse waves, its attenuation is more less. The disadvantage of the longitudinal waves is to be detected surface cracks difficultly owing to reflection losses that the mode conversion of the transverse waves cause. For this it must be made a additional test of surface cracks.

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Günümüzde rekabet nedeniyle sadece üretmek yeterli olmamakta aynı zamanda ürünlerin güvenilir, kaliteli, çevre dostu ve ekonomik olması gerekmektedir.

Tüketici beklentilerini artması ve pazar koşullarının ağırlaşması, firmaları yeni üretim teknikleri ve kalite güvence stratejileri geliştirme zorunda bırakmıştır. Dünyadaki mütahh rekabet bir teknoloji savaşını başlatmış, firmalar artık sadece üretimi değil, sürekli olarak gelişen, güvenilir ve sonuçta tüketicinin ihtiyaçlarını cevap veren ürünleri üretmek için çaba sarf etmektedirler.

Kalite güvence stratejilerinin geliştirilmesiyle birlikte ürün ve tesis güvenilirliğinin sağlanmasında tahriatsız muayene yöntemlerinin önemi artmıştır.

Tahriatsız muayene terimi, bir malzeme veya bileşene zarar vermesizin veya kullanımı etkilemesizin, malzeme özellikleri hakkında bilgi veren malzeme test yöntemlerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Tahriatsız muayene sadece mal ürünlerin değil, aynı zamanda yarı mal ve hatta hiç işlemlenmiş malzemelerin kalite kontrolünde önemli rol almaktadır. Tahriatsız muayene üretimi süreçlerini her aşamasında, ürün kalitesinin izlenmesinde ve yeni bir ürün geliştirilmesi sırasında kullanılabilir.

Kaynaklı bağlantılarda kalıcı belge bırakması açısından kullanılan tahriatsız muayene yöntemleri Radyografik ve Ultrasonik yöntemlerdir. Ultrasonik test, Radyografik teste göre avantajları nedeniyle tercih edilmektedir. Ama yine de birbirini tamamlayan testlerdir. Ultrasonik muayenenin tek dezavantajı gerçekten eğitilmiş ve tecrübeli operatörlere ihtiyaç duyulmasıdır.

Özellikle bu çalışmada kullanılan osteritik paslanmaz çeliklerin kaba taneli, dendritik ve anizotropik yapısı son yıllara kadar çoğu ultrasonik operatörünü bıktırmış fakat tecrübelerini artırmıştır.

Çalışmanın amacı; austenitik paslanmaz çeliklerin kaynaklı bağlantılarının erime bölgesini ostenitler için üretilmiş özel problemlerle test etmek ve bu bölgeyi tahribatlı muayene ile inceleyerek her iki sonucu da karşılaştırmaktır.

2. TIG KAYNAĞI

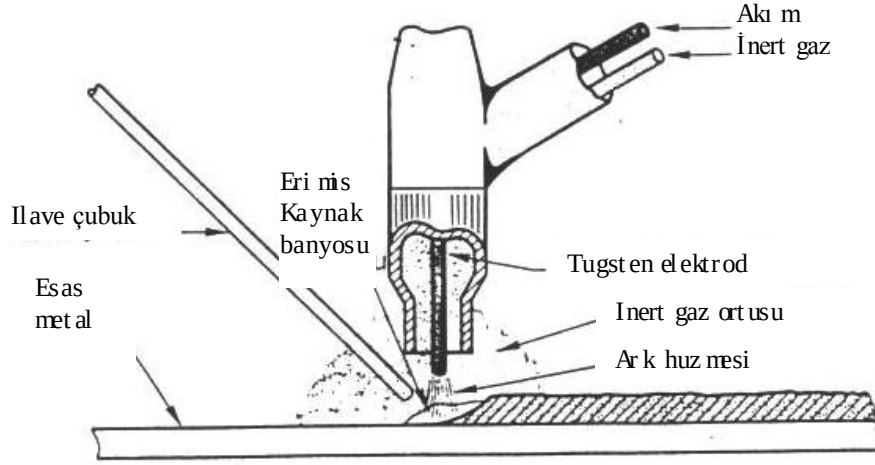
2.1. Giriş

TIG kaynağı, esas olarak bir ark kaynağı şeklindedir. Özellikle alüminyum, magnezyum, titanyum gibi hafif metallerin kaynağına uygundur. 1940-1960 döneminde geliştirilen bu yöntem günümüzde önemli bir kaynak yöntemi olarak geçerli hale gelmiştir.

TIG kaynak yöntemi için elektrik akımı su ve gazın her an sağlanması ve kontrol edilmesi gerektiğinden bu yöntemde kullanılan ekipman ark kaynağında kullanılanlara göre daha karışık ve pahalıdır.

Yöntem yaygın olarak TIG adıyla anılır. TIG kaynağı, elektrik ark kaynak yönteminin daha ileri bir aşamasıdır. Bu prosesin tam adında “Tungsten” kelimesi arka elektrik akımını iletenyi sağlayan erimeyen elektrodu, “Inert” kelimesi, diğer elementlerle kimyasal olarak birleşmeyen bir gazı ve “Gaz” kelimesi de erimiş banyo ve ark örtün kaynak bölgesini çevreleyen, havayı uzak tutan malzemeyi simgeler. Bu kaynak yöntemi, Heliarc veya Argonarc olarak da anılmaktadır. TIG yöntemiyle genellikle diğer kaynak yöntemleriyle oluşturulan kaynaklara göre daha üstün özellikte dikişler elde edilir.

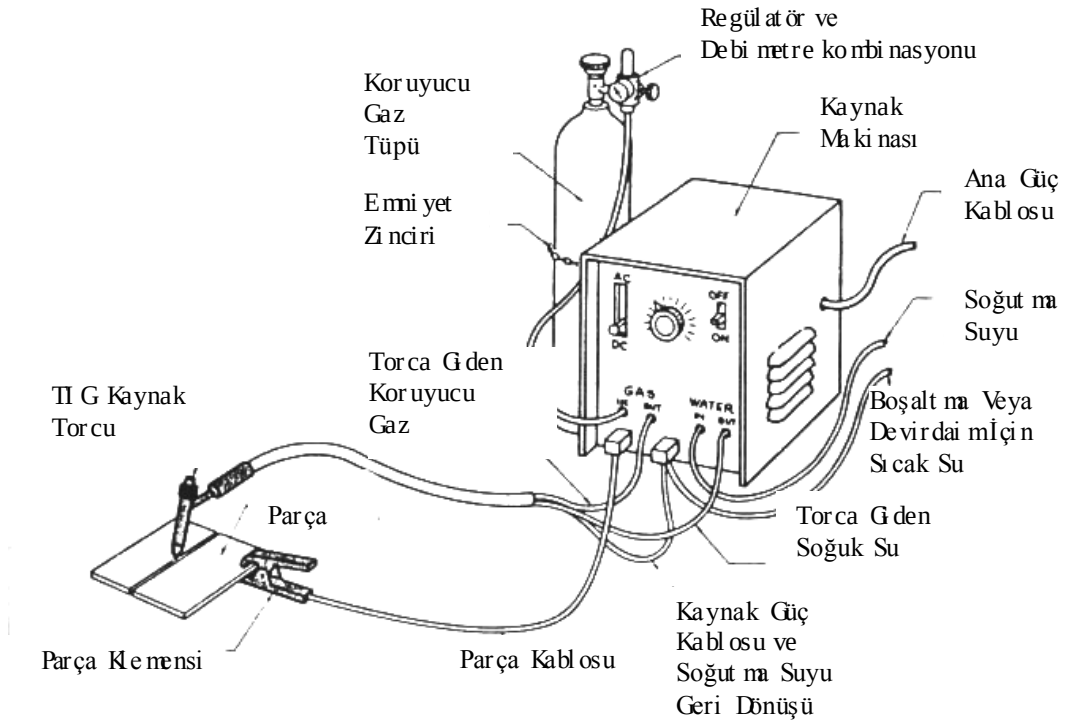
TIG kaynağında ark, tungsten elektrod ile parça arasında serbestçe yanar. Koruyucu gaz, argon, helyum veya bunların karışımından oluşur. Koruyucu gazın soy bir gaz olması dolayısıyla oksidasyon ve nitrür teşekkülü gibi istenmeyen durumlar önlenmektedir.



Şekil 2.1 TIG Kaynağı'nın Prensi p Şe ması

Şekil 2.1, TIG kaynağı'nın prensip şemasını göstermektedir. Enerji üreticinin bir kutbu tungsten elektroda diğeri parçaya bağlıdır. Ark, sadece bir elektriklekeni ve ark taşıyıcısı olan tungsten elektrod (sürekli elektrod) ile parça arasında yanar. Kaynak metaline (kaynak teli veya çubuğuna) kural olarak akım yüklenmemiştir. Kaynak bölgesine yandan veya önden, ya elle sevk edilen çubuk veya ayrı bir sevk aparatından sevk edilen tel for mundadır.

Tungsten elektrod ile erimiş banyo ve ilave metalin erimiş haldeki ucu atmosferden, elektrodun bulunduğu bir koruyucu gaz me msi inden elektrodla eşeksenli olarak beslenen bir inert koruyucu gaz ile korunur.



Şekil 2.2 Su Soğ ut m alı B ir T i G Kaynak Eki p m a n ı n T e m e l H e m a n l a r ı

2.2 T i G Kayna ğ ı n d a K ulla n ı l a n K ör u y u c u G a z l a r

T i G kayna ğ ı n d a baş l a n ğ ı t a hel yu m d a h a s o m r a argon g a z ı k u l l a n ı l m ı ş t ır. Her i k i g a z d a t e k a t o m l u v e i n e r t g a z d ır. B u n e d e n l e d i ğ e r e l e m e n t l e r l e b i r l e ş m e z l e r, r e n k s i z v e k o k u s u z o l u p y a n m a z l a r. H e l y u m g a z ı h a v a d a n h a f i f k e n, a r g o n h a v a d a n a ğ ı r d ır. A n c a k a r g o n h a v a d a n a ğ ı r o l m a s ı n e d e n i y l e e r i m i ş m e t a l i d a h a i y i k o r u r. Y ü k s e k a k ı m ş i d d e t i n i n k u l l a n ı l m a s ı g e r e k e n h a l l e r d e d a h a y ü k s e k a r k g e r i l i m i s a ğ l a y a n h e l y u m g a z ı k u l l a n ı l ır. Ç ü n k ü b u g a z d a h a y ü k s e k a r k g e r i l i m i v e r i r.

H a f i f m e t a l v e a l a ş ı m l a r ı n n k a y n a ğ ı n d a k u l l a n ı l a n a r g o n g a z ı n n ç o k s a f o l m a s ı g e r e k i r (% 99.995). İ ç e r i s i n d e b u l u n a b i l e c e k s u b u h a r ı, o k s i j e n v e a z o t g i b i s a f i y e t s i z l i k l e r k a y n a ğ ı n k a l i t e s i n i d ü ş ü r ü r. B u n e d e n l e p a s l a n m a z ç e l i k, b a k ı r v e a l a ş ı m l a r ı n n k a y n a ğ ı n d a o k s i j e n v e a z o t u n o r a n l a r ı s ı r a s ı y l a % 0,1 v e 1,5' u n a l t ı n d a o l m a s ı g e r e k i r.

A r g o n g a z ı, 150-180 a t m b a s ı n ı ç t a v e i ç e r i s i n d e 6 i l e 9 m³ g a z i ç e r e n t ü p l e r d e t a ş ı n ır. T ü p t e k i b a s ı n ı ç, b a s ı n ı ç d ü ş ü r m e m a n o m e t r e s i y l e k u l l a n ı l a b a s ı n ı ç n a d ü ş ü r ü l ü r.

2.2.1. K r yucu Gazları n Görevleri

Gazaltı ark kaynağı nda koruyucu gazların yerine getirmesi gereken fonksiyonlar ş unlardır.

Eri miş metal den ve yüksek sıcaklı ğ a  ı kan  evre kısı m dan ol uş an kaynak b l gesi ni ta na n n  rt m eli dir.

- Kaynak metal ini n soğuma h ız ı nı n ayarlan ması na kat k ı da bul un mal ı.
- Kaynak yapılan metal veya alaşı m ı nı n reaksiyonu uygun ol mal ı.
- İstenen ark karakteristi ğ i ni ve da m ı a ge  i ş i ni sa ğ la mal ı.
- Kaynak h ız ı na uygun ol mal ı.
- Kolay bul unabil m eli ve ucuz ol mal ı.
- Kaynak d   ki ş i nden beklenen mekani k özelli klerin ol uş umuna kat k ı da bul un mal ı.

2.3. TIG Kaynağı nda Kullanılan Elektrodlar

TIG kaynağı nda kullanılan elektrodlar saf tıngsten veya tungstenin toryum ve zirkonyum ile alaşı mlandırıl ması yla elde edilen elektrodlardır. Bu elektrodlar genellikle silindirik çubuklar olup, tungsetn metalinin yüksek erime sıcaklı ğ ı (3390  C) nedeniyle döküm yöntemiyle de ğ il sinterlenerek ve bağlayıcı ile birleştirilerek i nal edilir.

2.4. TIG Kaynağı nda Kullanılan Torçlar

TIG kaynak torçları uyguladı ğ ı ak ı m ş i ddetlerine göre hava veya su soğut mal ı olarak iki  eş ittir. Hava soğut mal ı da 160-200 Amper ak ı m ş i ddetine, su ile soğut mal ı da ise daha yüksek ak ı m ş i ddetlerine (600 Amper) kadar yüklenme söz konusudur.

2.5 II G Kaynağı nda Kullanılan Akım Çeşitleri

II G kaynağı nda doğru veya alternatif akım kullanılabilir.

2.6 II G Kaynağı nda Kullanılan Kaynak Makinaları

Prencip bakımından kaynak makinası olarak normal elektrik ark kaynağı ndan bilinen kaynak jeneratörleri, redresörleri ve transformatörleri kullanılabilir. Fakat günümüzde II G kaynağı nda genellikle redresörler tercih edilmektedir.

Bunun başlıca sebebi de bilindiği gibi bir redresörün önce bir transformatör ve transformatörden çıkan düzeltici redresör elemanlarından müteşkil olmasıdır. Kaynak yapılan malzemeye göre bazı hallerde alternatif akım ihtiyacı olduğundan, bu gibi durumlarda, redresör devreden çıkarılarak kaynak akımı yalnız transformatörden alınmakta, doğru akım gerekli olduğu hallerde ise, redresör devreye sokulmaktadır.

Görevlerini sıralayacak olursak; transformatör şebeke akımını kaynak akımına çevirir; yani gerilimi düşürür, akım şiddetini yükseltir. Redresör ise kaynak akımını doğru akıma çevirir.

Redresörlerin bu önemli üstünlüğünden başka, diğer kaynak makinalarına nazaran aşağıdaki üstünlüklere sahiptir:

- Çalışması sessizdir.
- Soğutma gayesiyle kullanılan vantilatör hariç döner kısımları yoktur.
- Isınma dolayısıyla akım düşmesi azdır.
- Yük değişimlerine hızlı cevap verir.

2.7. TIG Kaynağı nda Elektrodun Tut u ş t u r u l m a s ı

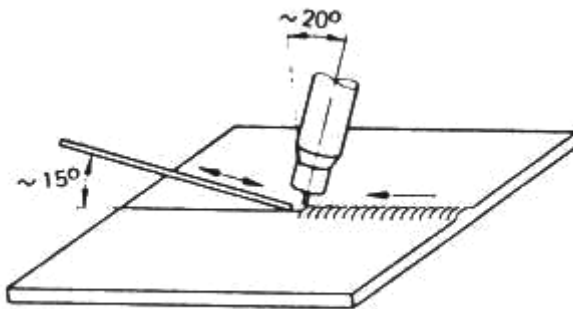
Bir ark ın ol u ş m a s ı ve s ü r e k l i l i k g ö ş t e r m e s i, elektrod-i ş p a r ç a s ı n e s a f e n i n b i r e l e k t r i k y ü k ü t a ş ı y ı c ı s ı i l e i l e t k e n h a l e g e l m e s i i l e m ü m k ü n d ü r. B u d u r u m e l e k t r o n l a r v e i y o n l a r s a y e s i n d e ol u ş u r. A r k ı n t u t u ş t u r u l m a s ı s ı r a s ı n d a ol u ş a n y ü k s e k s ı c a k l ı k s a y e s i n d e, k o r u y u c u g a z e l e k t r i k s e l b a k ı m d a n i l e t k e n h a l e g e l i r. B a ş l ı c a t u t u ş t u r m a Ő e k i l l e r i a Ő a ğ d a d ı r:

- a) Elektrodun Parçaya Temasıyla Tut u ş t u r m a
- b) Yüksek Frekans Girişimi İle Tut u ş t u r m a
- c) Yüksek Gerilimli İmpulslarıyla Tut u ş t u r m a
- d) Doğru Akımla Tut u ş t u r m a Alternatif Akımla Kaynak
- e) Alternatif Akımda Arkın Tut u ş t u r u l m a s ı

2.8. TIG Kaynağı nda Çalışma Tekni ğ i

TIG kaynak yöntemiyle hemen hemen tüm pozisyonlarda kaynak yapılabilirse de, yatay pozisyon tercih edilmelidir.

Arkı tutuşturduktan sonra çapraz hareketlerle başlangıç noktası sıvı hale getirilmelidir. Daha sonra birleştirme kaynağında tercihen sola kaynak tekni ğ i kullanılarak esas kaynak işleminin başlatılır. Torç kaynak yönüyle yaklaşık 20° açı yapılmalıdır.



Şekil 2.3 TIG Kaynağı nda Torç ve İlave Teli n Tutul u ş u

2.9. Paslanmaz Çeliklerin TIG Kaynağı

Kaynak edilebilen bütün paslanmaz çeliklere TIG kaynağı yöntemi uygulanabilir.

Bu yöntemde kullanılan elektrod uçları toryum, seryum ve lantan ile alaşımlandırılan tungstenden imal edilmiştir. Bu elektrodların en büyük avantajı, saf tungsten elektrodlara göre daha kararlı bir arka sahip olmaları ve daha yüksek kaynak akımları ile kullanılabilirlerdir.

Koruyucu gaz genellikle argon olup, özellikle kalın parçaların kaynağında helyuma da helyum + argon karışım gazları da kullanılabilir. Argon gazının en büyük avantajı akış hızının düşük olması ve buna bağlı olarak helyuma göre daha stabil bir ark oluşması ve ark voltajının daha düşük seviyede tutulmasıdır. Düşük voltaj kullanımı, ince sacların bağlantı bölgesinde yanık oluşmadan kaynak edilebilmesi açısından çok önemlidir.

TIG kaynağı için geliştirilen dolgu malzemeleri, otomatik kaynak uygulamalarında kullanılacaksa kangala sarılan, eğer elle beslenerek kullanılacaksa doğrultularak çubuk haline getirilen dolutlardan üretilir.

TIG kaynağında kullanılan DC güç üniteleri sabit akım özelliğine sahip olmalı ve kaynak devresi yüksek frekanslı voltaj ile donatılmış olmalıdır. Yüksek frekans sadece arkın tutuşturulması aşamasında gereklidir. Elektrod iş parçasına yaklaştırıldığında, yüksek frekans tungsten elektrod ile iş parçası arasındaki boşluktan atlayarak kaynak arkını oluşturur. Arkın bu şekilde elde edilmesi sırasında tungsten elektrod iş parçasına değmeyeceği için paslanmaz çeliğin tungsten tarafından kirlenmesi olasılığı büyük ölçüde azalır. Derin nüfuz yetli dikeylerin elde edilmesi için kaynak işleminin düz kutuplama ile (DC-) yapılması gerekmektedir.

Bir miktar tungsten kirliliğine neden olmasına rağmen, elektrodun yüksek frekans kullanılmadan iş parçasına sürtülmesi ile de ark oluşturabilir. Ancak karbon kirlenmesine neden olabileceği için tungsten elektrod karbon bloklar üzerine kesinlikle sürtülmemelidir.

Paslanmaz çeliklerin kaynağında otomatik TIG kaynağı yöntemi de kullanılabilir. Ark voltajı ark uzunluğu ile orantılıdır. Üretilen bir sinyal sayesinde ark voltajı kontrol ünitesi otomatik olarak devreye girer. Bağlantılarda ek dolgu malzemeleri kullanılabileceği gibi, özellikle ince sacların birleştirilmesinde sadece bağlantıyı oluşturan kenarların eritilmesi ile de kaynak yapılabilir. “Soğuk” dolgu

metalleri kullanılıyorsa, tel besleme işlemini her zaman kaynak banyosunun önünden yapılmalıdır.

Paslanmaz çelik boru ve sacların TIG yöntemi ile kaynağında, birbirlerine yakın konumda yerleştirilen tungsten elektrodların kullanılması ile kaynak hızı önemli ölçüde yükseltilebilir. Bunun yanında, birden fazla tungsten elektrodun aynı anda kullanılması ile, özellikle yüksek hızlarda gerçekleştirilen uygulamalarda karşılaşılan kenar yanığı problemleri de ortadan kaldırılır.

2.10. TIG Kaynağının Üstün Özellikleri ve Kullanım Alanları

Genel olarak hafif metal ve alaşımlarla, bakır ve paslanmaz çeliklerin kaynağında kullanılan TIG kaynağı ile 15 mm kalınlığa kadar parçaların kaynağı yapılabilir. Ayrıca kaynak kabiliyeti kötü olan bronzlar, titanyum alaşımı, zirkonyum gibi malzemelerin kaynağı gözeneksiz olarak yapılabilir.

TIG kaynağının üstün özellikleri şunlardır:

- Kaynak hızı yüksektir.
- Kaynak ısısı bir bölgeye teksif edilebilir.
- Isıl distorsiyonlar azdır.
- Kaynak dişileri temizdir.
- Kaynaktan sonra dişinin temizlenmesi ne لزوم yoktur.
- Kolay mekanize edilebilir.

3. ULTRASONİK MUAYENE

3.1. Tahribatsız Muayene İçin Ultrasonik Sistem

Ultrasonik prensip katı malzemelerin ses dalgaları için iyi iletici olduğu gerçeğine dayanır. Bu vasıta ile dalgalar sadece sınırlarda yansır. Aynı zamanda iç hatalar tarafından (malzeme ayırmaları, inklüzyonlar vs) yansıtılmaktadır. Malzeme ile ses dalgalarının etkileşimi daha güçlüdür. Dalga boyu ne kadar küçük olursa, dalga frekansı o kadar büyük olur.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3.1)$$

c= ses hızı (km/s)

f= frekans (MHz)

λ = dalga boyu (mm)

Ultrasonik dalgalar, 0,5 MHz ile 25 MHz arasındaki frekans aralığında kullanılmalıdır. Dalga boyu bu formül den mm olarak çıkar. Daha düşük frekanslarda iç hatalarla dalgaların etkileşimi o kadar az olur ki algılanması şüphelidir. Her iki test metodu radyografi ve ultrasonik test, iç hatalar için farklı test parçalarını muayene etmede çok sık olarak kullanılır.

Bugün çoğu testi daha ekonomik ve hiçbir riski olmayan ultrasonik test metoduyla yapmak mümkündür. Diğer yandan özel test problemleri daha önceleri olduğu gibi radyografi kullanılarak çözülmektedir. Çok yüksek emniyet gereksinimi duyulduğu durumlarda (örneğin nükleer reaktörler, uzay endüstrisi) her iki metotta kullanılır.

3.2 Ultrasonik Testin Görevleri

Ultrasonik testin görevleri şunlardır:

- Yansıtıcıların algılanması
- Yansıtıcıların konumu, mevkisi

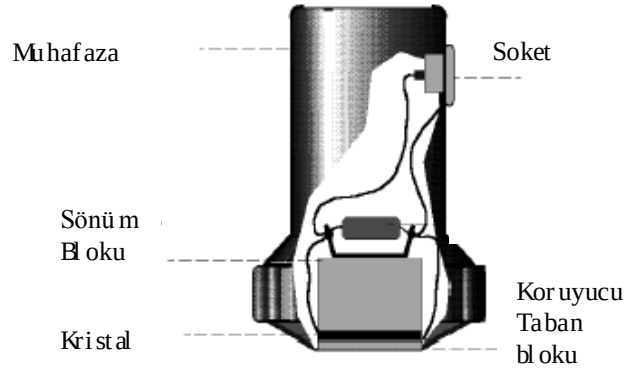
- Yansıtıcıların değerlendirilmesi

- Yansıtıcıların teşhisi (yansıtıcı tipi, oryantasyonu gibi)

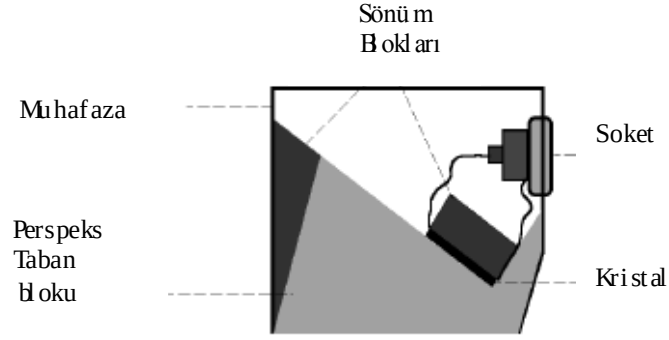
“Yansıtıcı” kelimesinin kullanılması yerine, ultrasonik operatörleri “süreksizlik” terimini kullanırlar. Bu, bir hata olması beklenen test cisminin içindeki bir “düzensizlik” olarak tarif edilir. Gerçekte konumlandırma, değerlendirme ve teşhis yapıldıktan sonra, test cismini etkileyen bir hatanın olup olmadığını belirlemektir. İzin verilemeyecek bir düzensizlik anlamına gelen hatanın varlığı kesin olmadığı sürece genellikle “Süreksizlik” terimi kullanılır.

3.3 Süreksizliklerin Algılanması

Ultrasonik operatör için esas alet “prob”dur (Şekil 3.1, 3.2). Son derece kısa elektrik darbeleriyle uyarılan piezoelektrik element ultrasonik darbeyi gönderir. Diğer yandan aynı element, ultrasonik bir sinyal aldığı anda bir elektrik sinyali üretir. Böylece bir salınım yapmaya sebep olur. Prob bir sıvı veya birleştirici macunla test numunesinin yüzeyine bağlıdır. Böylece probdan ses dalgaları test numunesi içine gönderilebilir.

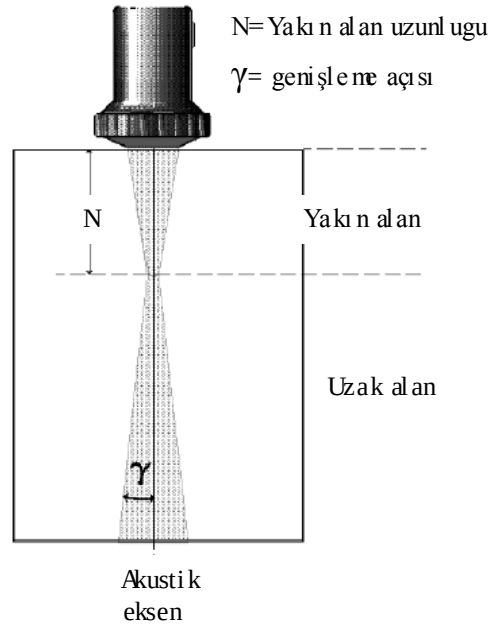


Şekil 3.1 Diz De metli Prob



Şekil 3.2 Açılı De netli Prob

Her probun kesi n bir yönü vardır. Yani Ultrasonik dal gal ar sadece test numunesi ni n kesi n bir böl ümünü kapsar. Ultrasonik test içi n tesirli alana “ses de neti” denir. Ses de neti, uygulanan prob içi n ve ses dal gal arı ni n içi ne yayıl dı ğı mal ze me içi n özelli ktir. Bir ses de neti kabaca odak la ma alanı; yakı n alan, yayıl ma alanı; uzak alan olarak ayrılabilir (Şekil 3.3)



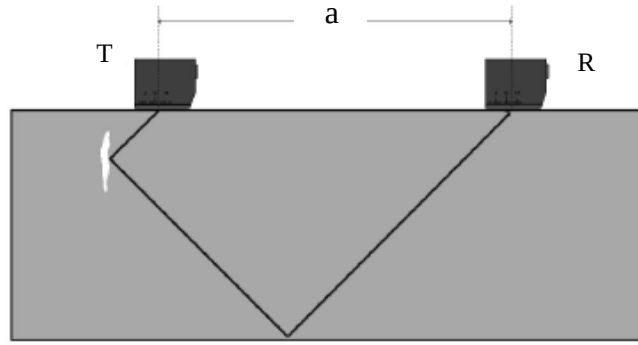
Şekil 3.3 Ses Alanı

Yakı n alan uzunlu ğu “N” ve geniş le me açısı, probun çapı na ve frekansı na ve testi yapı lan mal ze me ni n ses hızı na ba ğlı dır. De net merkezi, akustik eksen adı nı alır.

Ses dalgasının yansıyan kısmı prob tarafından alınmazsa, süreksizliğin algılanma olasılığı yoktur. Algılanma olasılığı sadece ses dalgası düzlemsel süreksizliğe dik olarak çarptırıldığında yükselir. Bu test numunesi içerisinde hapsolmüş süreksizliklere uygulanır.

Dikey süreksizliklerin bulunduğu kalın test örneklerinde durum başkadır. Çünkü süreksizlikten ve test örneğinin yüzeyinden yansıyan ses dalgaları proba döner. Bu durumda ses dalgalarının yansıyan kısımlarını almak için ikinci bir prob kullanılır. Böylece süreksizliklerin bulunmasına imkan verilir.

Bu tip testle, “Tandem tekniği”; probun biri verici olarak kullanılırken diğeri alıcı olarak kullanılır. Her iki prob da test numunesinin üzerinde hareket eder fakat aralarındaki mesafe sabit olmalıdır. Tarama, test numunesinin farklı derinliklerindeki dik pozisyonda olan süreksizlikleri için prob aralığına bağlı kalınarak yapılır. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4 Tandem Tekniği

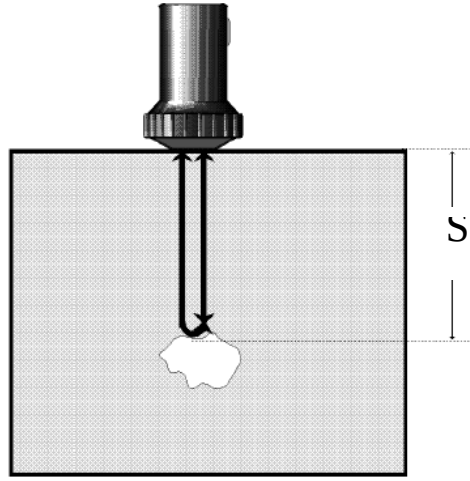
İnce test numunelerinde açılı tarama ile düzlemsel süreksizliklere dik olarak çarptırılmadığı durumlar olmasına rağmen, daha komplike Tandem metoda karşın kullanıcı, uygun tarama açısıyla ve test frekansıyla, algılama hassasiyeti daha iyi olan tek probu testi tercih eder.

Tabii ki dik olarak çarptırılmayan süreksizliklerin algılanma olasılığı düşüktür. Ne var ki, bu eksiklik başka bir açıyla veya daha düşük bir frekanslı prob kullanarak telafi edilir. Bu tür prosedürler, kaynak testi için bulunan ayrıntılı açıklamalarda bulunabilir.

3.4 Test Metodu ve Gaz Teknolojisi

3.4.1 Ultrasonik Hata Dedektörü

Süreksizliklerin konumu hakkında bir bilgi verebilmek için, probdan yansıtıcıya ve tekrar geriye yani ses darbesinin gidiş dönüş süresini (time of flight) ölçmek için test numunesine kısa ses darbeleri gönderilir. Bu, başlangıç zamanı ve dönüş zamanı tamolarak tayin edildiğinde mümkündür. Test numunesinin ses hızı bilindiği sürece, basit bir hesaplama yaparak yansıtıcının uzaklığını böylece test numunesindeki tam yerini saptamak mümkündür. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5 Gidiş Dönüş Ölçümünün Prensipleri

Bu prensibin kullanıldığı metoda “Darbe-Yankı metodu” adı verilir.

Zaman ölçümü, elektrik transimiyon darbesiyle başlar (İlk darbe). Bu, prob kristalinde ses darbesini başlatan son derece kısa elektrik boşalmasıdır. Bu darbe malzemeni niçine doğru harekete başlar ve süreksizlikten veya karşı duvardan yansır ve tekrar proba döner. Alınan salınımlar, zaman ölçümünü durduran elektrik darbelerine çevrilir. Yansıtıcının uzaklığı, aşağıdaki formülle derhal tespit edilebilir:

$$S = \frac{c \cdot t}{2} \quad (32)$$

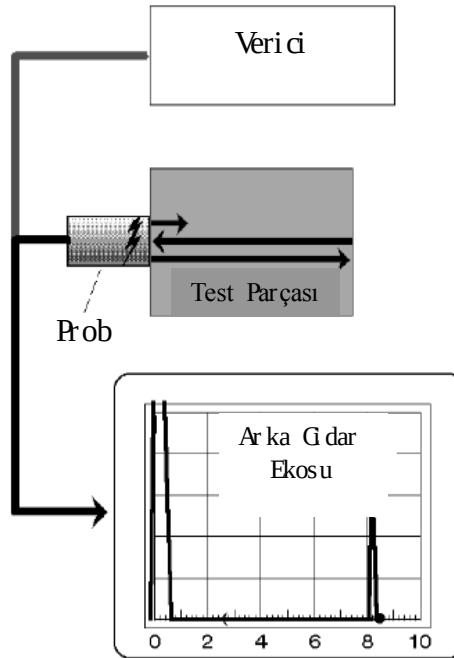
s = ses yolu (mm)

c = ses hızı (km/s)

t = gidiş dönüş süresi (ns)

Görüntü sinyallerini değerlendirmek için CRT (Cathode Ray Tube) içerisinde bir ızgara vardır. Değiştirilebilir skala ki 10 parçadan oluşan düşey bir skaladır, buna “görüntü skala”sı denir. Bu skalayı kullanarak ultrasonik operatörü görüntüdeki yankıları ölçebilir. Henüz bahsedildiği gibi elektrik transimiyon darbeleri, prob kristalinde ses darbelerini başlatır. Aynı anda bu voltaj darbesi yükseltici (amplifiyer) devresine gider. Böylece yüksek voltaj, görüntü süpürmesinin düşey bir yön değiştirmesine sebep olur. Buna “ilk darbe” denir.

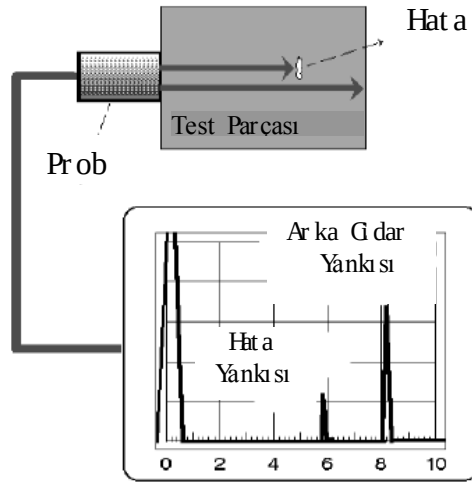
Bu ilk darbeye, test numunesinde ses darbelerinin başlamasıyla görüntü skalasının sol alt köşesinde tarama başlar ve sabit hızda sağa doğru ana hat üzerinde ilerler. Darbenin hızı test numunesinin malzemesine bağlıdır (Ses hızı= malzeme sabiti). Ghaz görüntüsü tarama hızı, geniş limitler dahilinde değiştirilebilir. Böylece görüntü tarama hızı, ses hızıyla eşleştirilebilir. Örneğimizde, darbe test numunesinin karşı ci darındayken, elektron demeti 4. skalaya ulaşır. Tabii ki geri dönüşü için aynı zamana ihtiyacı vardır. Bu kez de met noktası 8 skalada olacaktır. Birleştiriciye ve proba verilen ve daha sonra alınan ses darbesinin bir kısım, kristalde küçük bir elektrik sinyali üretir. Yükseltici vasıtasıyla demet noktasının düşey olarak yön değiştirmesi sağlanır. Buna “arka ci dar ekosu” denir. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6 Arka G dar Yankısı 8 Skala Çizgisinde

Yön değiştir ne he nen olur. Çünkü ses darbesi kısadır. O yüzden prob kristalinde kısa bir voltaj darbesi başlatır. Ses darbesinin büyük kısmı birleştirici yüzeyde yansırken ve ikinci kez test numunesine girderken, elektron de neti he nen ana çizgiye döner ve sağa doğru devam eder.

8. skaladaki yankı aşılandı: Test numunesinin karşı duvarından yansıyan darbe; arka ci dar ekosu. Ses de neti içinde başka bir yansıtıcı olduğu zaman görüntünün nasıl değiştiğini tahmin etmek çok zor değildir. Mesela malze ne ayrı m olsun. İlk darbe ve arka ci dar yankısı arasında başka bir yankı görünür. Buna süreksizlik üzerinde ses dal gasının kısmen yansıması sebep olur. (Şekil 3.7)

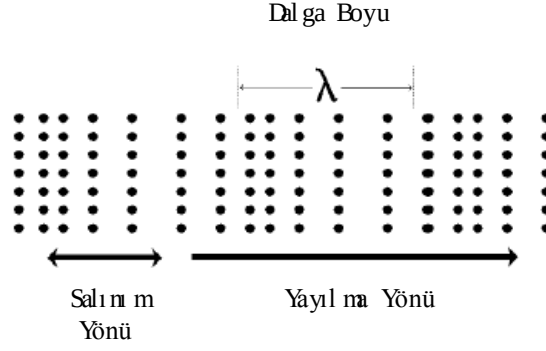


Şekil 3.7 Süreksizliğe Sahip Bir Test Malze nesinde Hata Yankısı Görüntüsü

Böyle bir yankıya “orta yankı” adı verilir. Orta yankının pozisyonu, aynen süreksizliğin uzaklığı gibidir.

3.4.2 Prob

Ses de netleri yüzeye dik olan problara “düz de netli proplar” adı verilir. (Şekil 3.1) Çoğu standart düz de netli proplar boyuna dal galar alırlar ve verirler (basınç dal gaları). Böyle bir dal ganın salınımı, malze nenin içinde yayılan atomlarının sıkışması ve genişlemesi olarak tarif edilebilir (gaz, sıvı ve katı). (Şekil 3.8)

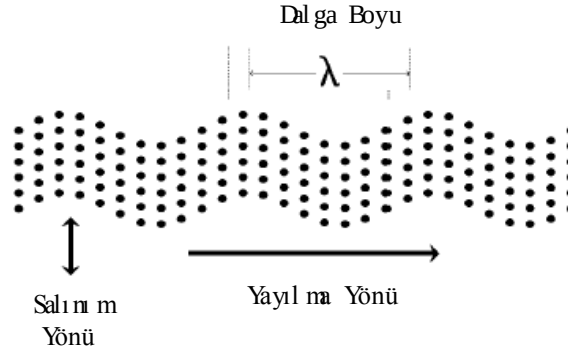


Şekil 3.8 Boyuna Dalga

Değişik büyüklüklerde ve 0,5 MHZ' den 25 MHZ' e kadar farklı frekanslarda düz demetli problemlerin geniş bir seçimi olanağı vardır. 10 mm üzerindeki mesafeler için yeterlidirler. Böylece daha kalın test numunelerinin test edilmesine imkan sağlarlar.

Demetleri belli bir açıda giren problemlere “açılı demet problemleri” denir. Çünkü ses dalgalarını test numunesinin yüzeyine bir açıda verirler ve alırlar. (Şekil 3.2) Çoğu standart açılı demet problemleri teknik sebeplerden dolayı enine dalgalar veya kayma dalgaları verirler ve alırlar.

Enine dalgalarla atomlar veya molekülleri, dalgaların yayılma yönüne dik olarak titreştirirler. (Şekil 3.9)



Şekil 3.9 Enine Dalga

Kayma kuvvetleri (yayılma yönünün enine kuvvetler) tarafından yapılır. Enine dalgalar sadece katı malzemelerde yayılırlar. Çünkü kayma modülleri yoktur. O yüzden herhangi kayma kuvvetlerine etkileri olmaz. Bunlara ek olarak aynı malzeme içerisinde boyuna dalgalara göre daha yavaş yayılırlar.

3.4.3 Kırılma ve Dalganın Yansıması

Açılı ses dalgaları, prob-test numunesi aralığına belli bir açıyla girsin diye özel olarak meydana getirilir. (Şekil 3.2) Bu, perspex'den yapılan köşeli gecikme yolu üzerine kristal yapıştırılarak kolayca yapılır. Boyuna bir dalganın sabit bir açıyla meydana gelen perspex / çelik ara yüzüne çarparsa, o zaman bu dalganın yansıyan dalgası ve gönderilen dalgası olarak ikiye ayrılır. (Şekil 3.10)

Yansıyan dalgalar, yansıma kanununa (gelen açı = yansıma açısı) ve gönderilen dalgaların kırılma kanununa uyar: (Snell kanunu).

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{C_1}{C_2} \quad (3.3)$$

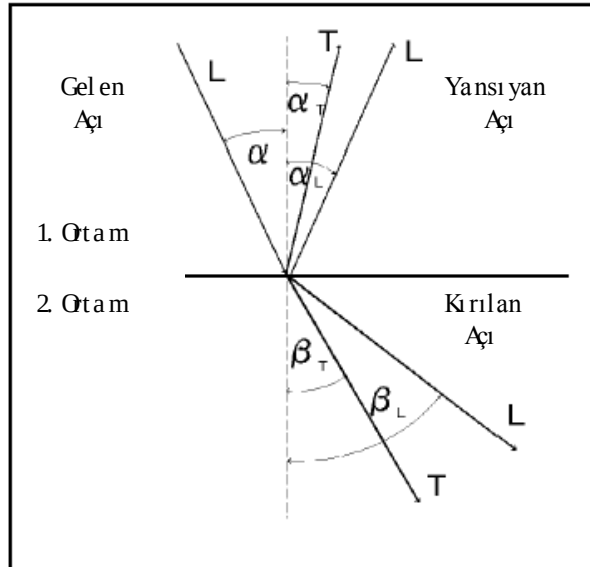
α : gelen açı

β : yansıma açısı

C_1 : 1. ortamın ses hızı

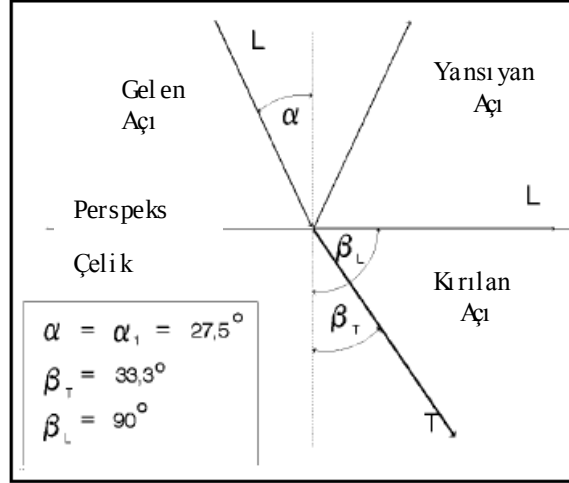
C_2 : 2. ortamın ses hızı

Ses dalgasının çarptığı noktada enine dalgalar da oluşur. (Şekil 3.10) Hem yansımayla olur hem de kırılmayla olur.



Şekil 3.10 Kırılma ve Yansıma

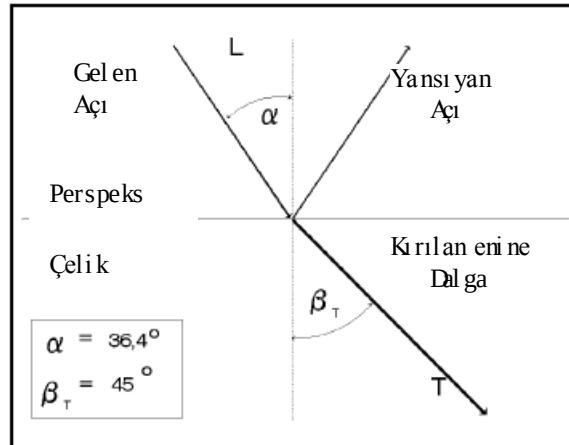
Geliş açısının daha da büyümesiyle, kırılma “ β ” açısı da, geliş “ α ” açısı $27,5^\circ$ oluncaya kadar büyür. Bu açı da ($27,5^\circ$ ilk kritik açıdır) boyuna dalgalarda 90° kırılma “ β ” açısıyla kırılır. Bu demektir ki boyuna dalgalarda ana yüzeyde ilerlerken, enine dalgalarda test numunesine gönderilirler. (Şekil 3.11)



Şekil 3.11 Kırılma : 1. Kritik Açı

Şimdi sadece tek bir ses dalgası test numunesi içindedir. Bu da $33,3^\circ$ lik kırılma açısıyla enine dalgalardır (perspek / çelikiçin).

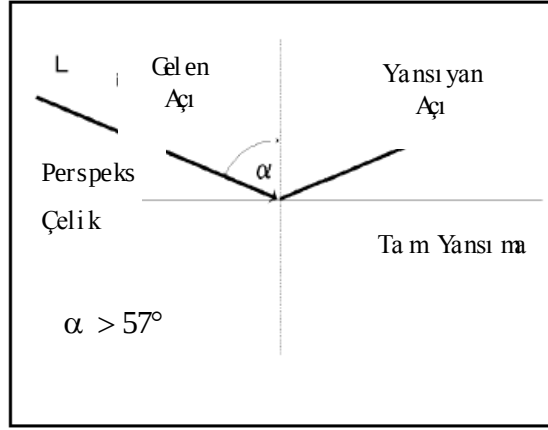
Geliş açısının daha da büyümesiyle, enine dalgaların çeşitli kırılma açıları (Düğüme açısı) ayarlanabilir. Mesela tam 45° gibi (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 45° 'nin Altında Enine Dalga Kırılması

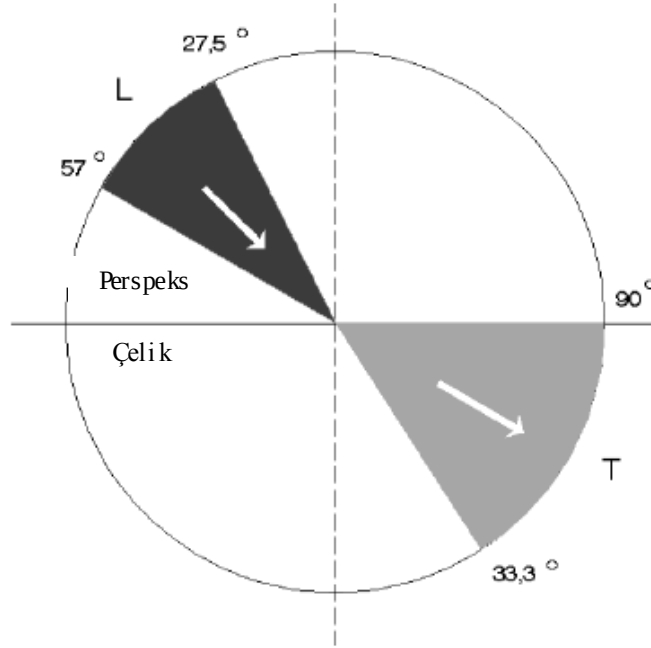
Son olarak 57° ci varında (ikinci kritik açı) geliş açısıyla, enine dalgalarda 90° ile kırılırlar ve test numunesi yüzeyinde yayılırlar. O zaman bir “yüzey dalgası” olurlar.

Artık bu açı hiçbir ses dalgasının test numunesine gönderilemediği açıdır. Tam yansıma bu açıdan başlar. (Şekil 3.13)



Şekil 3.13 Tam Yansıma

Geliş açısının birinci ve ikinci kritik açıları ($27,5^\circ - 57^\circ$) arasında olduğu alan, bize çelikten yapılmış bir test numunesi için net değerlendirilebilir bir ses dalgasını gösterir. Yani $33,3^\circ$ ve 90° arasındaki enine dalgalar. (Şekil 3.14)



Şekil 3.14 Çeliklerde Açılı Problemler İçin Kullanılabilir Değerler

3.4.4 Açılı Değer Problemlerinin Özellikleri

Aslında çoğu uygulamalarda çelikler test edilmektedir. Bundan dolayı açılı değerli problemlerin giriş açıları çelikler için tasarlanmaktadır. $35^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ$ ve 90° (yüzey dalgaları) lik açılı değer problemleri mevcuttur.

Çoğunlukla 45^0 , 60^0 ve 70^0 'lik açılar kullanılır. Frekansa gelince, açılı de netli problemlerin, düz de netli problemler kadar geniş seçi mol anağı yoktur. İlk sebebi alaşı mız ince taneli çeliklerde yüksek frekanslı enine dalgalar yüksek saçıl malar a maruz kalırlar. Dalgaların ses enerjisi malzeme i çerisinde ilerlerken o kadar güçlü soğurulurlar ve saçılırlar ki yalnızca küçük test numuneleri yeterli hassasi yetle test edilebilirler.

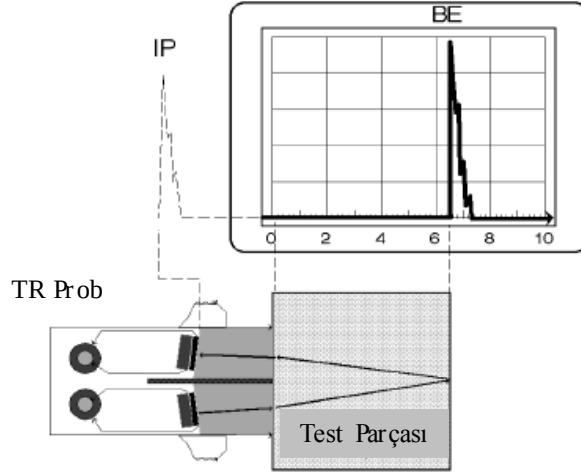
Süreksizlikler daha uzun mesafelerde (daha kalı n test numunelerinde) dedekte edil mek zorunda kalı nırsa, o zaman daha büyük kristalli açılı de netli problemler ve daha düşük frekanslar kullanılır:

Mesela düşük alaşı mlı ince taneli çelikte 2 mm büyükl ükteki bir yansıtıcı, büyük kristalli 2 MHz'lik açılı de netli bir problem 700 mm'ye kadar dedekte edilebilirler. Açılı de netli problemlerin yakın alan ayır ma gücü düz de netli problemlerden daha iyidir. Çünkü ilk darbe, nispeten daha büyük perspex gecik me yol undan dolayı sola doğru kayar. İlk darbenin düşen kenarı, yüzeye yakın süreksizliklerini ö rtebilir.

3.4.6 TR (Trans mitter/Recei ver) Probu

Düz de netli tara ma yapmak ve iyi bir yakın ayırma gücüne sahip ol mak için TR probu kullanı malıdır. Bu tekni kte aynı yerde akustik ve elektrik olarak ayrılan iki kristal kullanılır. Ayrıca her iki elemanda perspex'ten yapılan uzun bir gecik me blokuna yapış tırıl mış ve hafifçe birbirlerine yönelti lmişlerdir. Ghaz üzerinde TR probun bağlantısı TR veya çift modda yapılmıştır. Örneğin bir elemanı vericiye bağlandı ysa, diğeri alan a mplifayerinin girişine bağlanmıştır. İlk darbe, uzun gecik me blokundan dolayı sola doğru bir pozisyon almıştır. (Şekil 3.15)

Vericinin gecik me bloğu i çindeki yansı maları birbirine karış mazlar. Çünkü verici eleman herhangi bir al ma fonksiyonuna sahip de ğildir. Sadece ses darbeleri test numunesinden çıkıp TR probun alıcı elemanına girdi ği zaman de ğerlendirilebilir yankılar gör ünt ü ekranında belirirler.

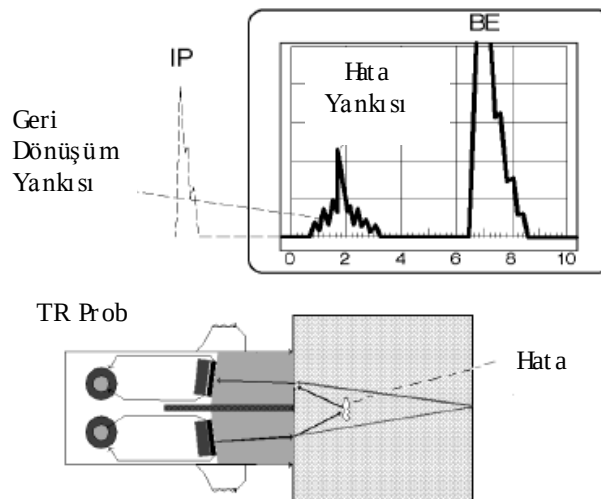


Şekil 3.15 Test Malzemesinin TR Probuyla Arka Çıkar Yankı Görüntüsü

Teknik sebeplerden dolayı elektrik ve akustik ayırma tamamen mümkün değildir. Özellikle yüksek kazanç ayarlamaları ve pürüzlü test yüzeyi, ses dalgaları parçalarının direkt olarak verici den alıcıya transfer edilmelerine sebep olur.

Bu da “Geri dönüşüm yankısı” adı verilen görüntü üzerinde bir karışma ekosu üretir. Geri dönüşüm yankısı test numunesinin yakın yüzey alanını tamamen kaplar.

Ayrıca algılama hassasiyetinin düşmesine özellikle de küçük süreksizlikleri algılama hassasiyetinin düşmesine sebep olur. Ancak çoğu geri dönüşüm yankıları o kadar küçük olur ki, önemsemeye değmez, mümkün süreksizlik yankılarından net olarak ayırt edilebilir. (Şekil 3.16)



Şekil 3.16 Test Malzemesinin TR Probuyla Algılanan Geri Dönüşüm Yankısı İçerisindeki Süreksizlik Yankısı

Bu nedenle TR problemleri yakın yüzey süreksizliklerinin algılanması ve ince test numunelerinde kalınlık ölçümleri için uygundur. TR problemleri pürüzlü veya eğri malzeme yüzeylerinin sebep olabileceği birleşme varyasyonlarına daha az tepki.

3.5 Yarı – Değer Yöntemi

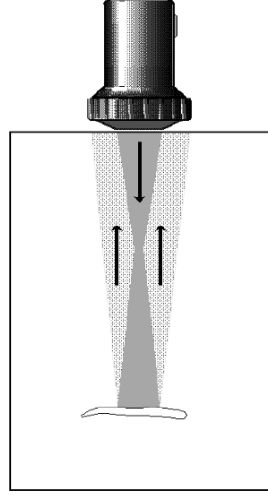
Yarı – Değer yöntemi, ses demeti genişliğine eşit veya bundan daha büyük hataların boyutlandırılması için uygun bir tekniktir. Demet kesitinden daha küçük hatlarda yanlış sonuçlar verir. Dolayısıyla bu yöntem genellikle hata uzunluğu belirlemek için kullanılır. Hata yüksekliğini belirlemede kullanılmaz.

Yöntemin prensibi, hatadan algılanan maksimum yankı yüksekliğinin demet merkez ekseninin hata bitim noktasına gelmesiyle yarı değerine düşmesi esasına dayanır. Yöntemin doğru sonuç vermesi için hatanın uniform bir yansıtma yüzeyine sahip olması gerekmektedir. Laminasyonlar bu yöntemle hassas bir şekilde boyutlandırılabilir.

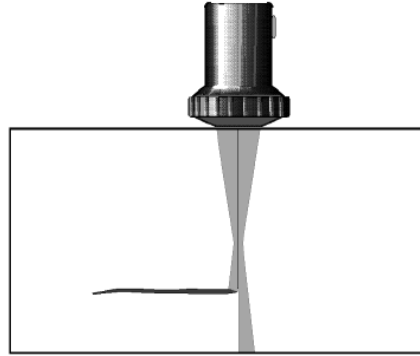
Yarı - değer yöntemiyle yüzeye paralel olan bir hatanın uzunluğunu belirlemek için aşağıdaki prosedür takip edilir. (Şekil 3.17, 3.18)

- a) Çihaz ekranı tüm malzeme kalınlığını kapsayacak şekilde uygun bir test alanına kalibre edilir.
- b) Prob, test malzemesine temas ettirilerek malzeme x-y düzleminde adımlanır. Hatadan maksimum yankı elde edilen konumda prob sabit tutulur.
- c) Kazanç fonksiyonu ile yankı belli bir referans yüksekliğe (örneğin %80 ekran yüksekliğine) getirilir.
- d) Prob tarafa yönünde hareket ettirilerek yankı yüksekliğinin yarı değerine düştüğü konumda (% 40 ekran yüksekliği) durulur. Bu konumda, probun merkez noktası malzeme üzerinde işaretlenir.
- e) Prob ters yönde hareket ettirilerek, önce maksimum yankı konumu ve sonra tekrar yankı yüksekliğinin yarıya düştüğü prob konumu tesbit edilir. Bu durumda tekrar probun merkez noktası malzeme üzerine işaretlenir.
- f) İşaretlenen bu iki nokta arasındaki mesafe, prob hareketine paralel yönde hata boyutunu verir. Yankı yüksekliğinin yarı değerine düştüğü bu iki noktada ses demetinin akustik eksen hatanın bitim noktalarından geçmekte ve demetin sadece yarısı hata tarafından yansıtılmaktadır.

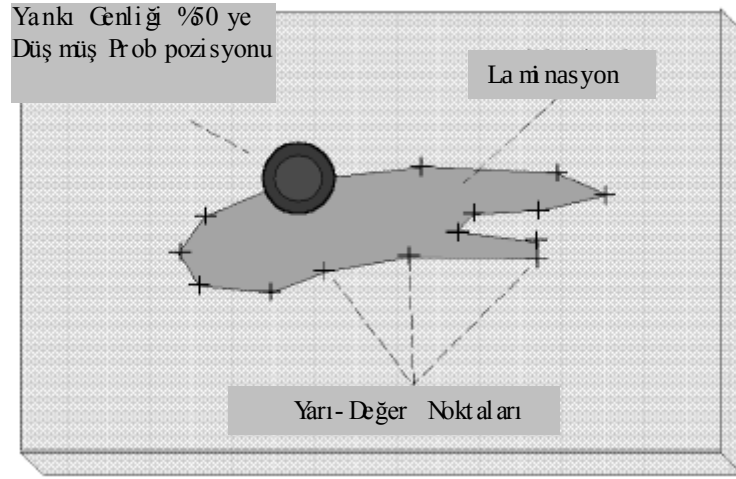
- g) Tara malar a %10 bi ndirme ile deva medilerek tüm mäl ze ne yüzeyi kontrol edilir. Yankı yüksekli ği ni n yarı değeri ne düştüğü tüm noktalar birleştiril di ği nde hatanın yüzey alanı tesbit edil miş olacaktır. Gerekti ği nde ilk tara maya di k yönde i kinci bir yüzey tara ması yapı larak hatanın sınırları daha hassas d arak tesbit edilebilir.
- h) Hatanın yüzey alanı, mäl ze ne ni n üstten bakış res ni ve derinli ği de ekrandaki yankı konumundan tesbit edilerek kesit res ni üzeri ne aktarılır.
(Şekil 3.19)



Şekil 3.17 Ses De meti Genişli ği nden Daha Büyük Br Hata (Yankı Yüksekli ği %80 De ğeri nde)



Şekil 3.18 Düz De metli Probu n Akustik Ekseni Hata Sını rında (Yankı Yüksekli ği %40 De ğeri nde)



Şekil 3.19 Hat anı n Üstten Gör ünü ş ü

4 OSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN KAYNAKLI BAĞLANTILARIN ULTRASONİK MUAYENESİ

4.1. Giriş

Bugün bile, ostenitik çeliklerden bahsedildiğinde uzman ultrasonik testçileri huzursuz ve tedirgin durumdadır. Çünkü farklı ses saçılmalarından ileri gelen çok fazla ses zayıflaması mevcut ve bu nedenle de bu malzemelere yaptıkları sonuç getirmeyen ultrasonik testleri hatırlamaktalar.

Ostenitik kaynakların ultrasonik olarak test edilmesiinde ise bazı ultrasonik operatörleri başka bir tahribatsız muayene yönteminin yardımı istedikler. Çünkü bu muayene çok sık yapılmasına ve çok fazla zaman almasına rağmen, ostenitik kaynak metali her ses darbesi için geçilemez bir engel gibi duruyordu. Ancak bu durumtenel bir farklılıktı.

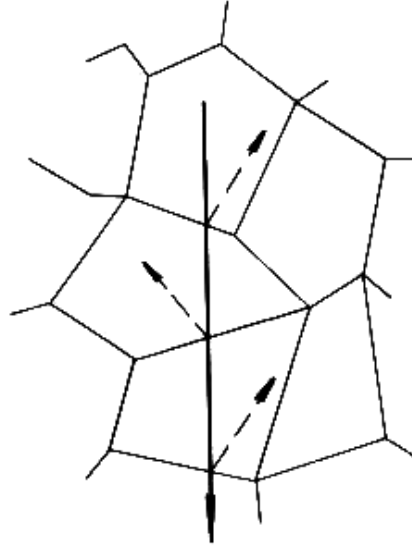
Halen testi kolay yapılamayan bazı ostenitik kaynaklar olmasına rağmen, ultrasonik olarak testi yapılan ve bu testleri bizleri tatmin eden çok sayıda ostenitik kaynak mevcuttur.

Çoğu ultrasonik operatörü kendi şüpheliciliklerini iyilerlikleriyle kolayca yer değiştirnek zorunda kaldılar. Çünkü tecrübeleri açıkça gösteriyor ki hem prob hem de cihaz teknolojisinde dikkat edilmesi gereken muazzam gelişmeler var ve devam etmekte. Ama ilk başlarda onların bu tecrübeleri bu kritik testi yaparken çıkan problemlerin önünde duran modası geçmiş düşüncelerdi.

4.2. Elastik Anizotropi

Kristalin bir malzemenin özellikleri mekanik bir etkinin hangi yönden geldiğine bakmaksızın, birbirine göre sabitse, bu malzemeye “elastik olarak izotrop” veya başkalarının dediği gibi “yarı veya düşük elastik anizotrop” diyebiliriz.

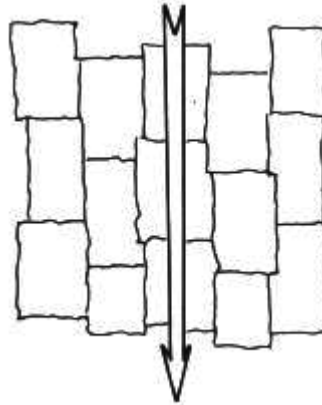
Bu düşük anizotropiden kasıt, kristalitin elastik özelliklerinin, dış mekanik etkilerin yönüne bağlı olmasıdır.



Şekil 4.1 Düşük Anizotropik Bir Malzemenin Tane Sınırlarındaki Düşük Saçılma

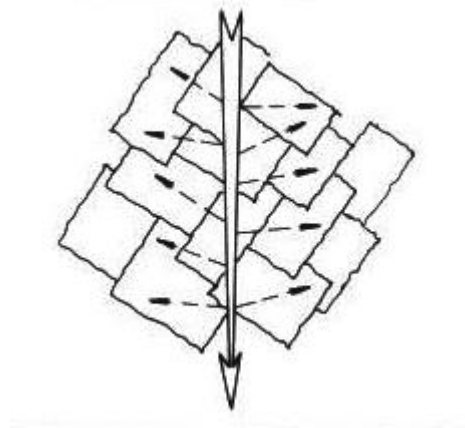
(Şekil 4.1) Bir ses darbesi iki kristalit arasındaki sınıra çarparsa, büyük bir kısım bu sınırdan geçer. Öyle ki bu ses dalgasının sadece çok az bir kısım buradan yansır. Genel olarak tane sınırları iletici dir. Ve bu tane sınırlarında ses darbesinin saçılması azdır. Bu saçılma nedeniyle hiçbir zayıflama yoktur. Düşük elastik anizotropiye sahip malzemeler iyi bir ses iletimine sahiptirler ve genellikle ultrasonik olarak testleri kolaydır. Kristalitin elastik özellikleri yön olarak bağımlıysa, bu kristalitlerin birbirine sınır komşusu olduğu durum önemlidir.

Eğer bu kristalitler Şekil 4.2’de gösterildiği gibi aynı yöndeysse o zaman bu malzemenin en azından bir yönden iyi ses iletimine sahip olması beklenir.



Şekil 4.2 Belirli Bir Yönde İyi Ses İletimine Sahip Aynı Yönlü Anizotropik Bir Yapı

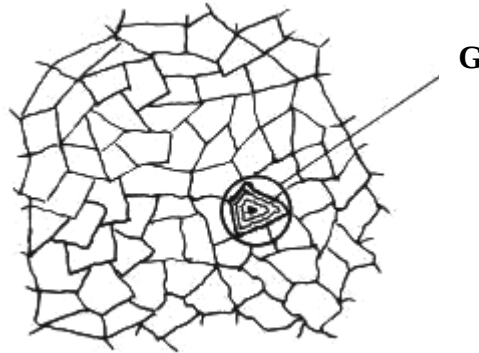
Eğer kristaller rastgele tertiplendiyse o zaman ses dalgaları malzemeden geçerken, tane sınırlarının önünde veya arkasında farklı elastik özelliklerle karşı karşıya gelir. (Şekil 4.3)



Şekil 4.3 Zayıf Ses İletimine Sahip Fönlü Anizotropik Bir Yapı

Sonuçlar gösteriyor ki butane sınırlarının çoğunda oldukça çok ses saçılması oluyor. Bu saçılma o kadar güçlü olabilir ki malzemenin ses iletimesi nedeniyle, bu malzemeden vazgeçmek zorunda kalılır.

Yine de elastik anizotropinin derecesi sadece malzemenin ses geçirebilirliğini bir ölçüsü değildir. Malzemenin bir diğer karakteristiği de önemli bir rol oynar: Yani ortalama tane büyüklüğü (Şekil 4.4)



Şekil 4.4 Bir Kristal Yapının Ortalama Tane Büyüklüğü “G”

Elastik anizotropik bir malzemedeki kristal belirli bir büyüklüğe ulaşırsa, ses saçılması öyle çok olur ki artık bu malzemenin ultrasonik testine kuşkuyla bakılır.

Kristalin bir malzemenin elastik anizotropisi ultrasonik teste ait zorlukların esas sebebi olmasına rağmen, ne olursa olsun tek suçu o değildir.

Aşağıda soldan sağa doğru anizotropisi artan en yaygın malzemeler gösterilmektedir.

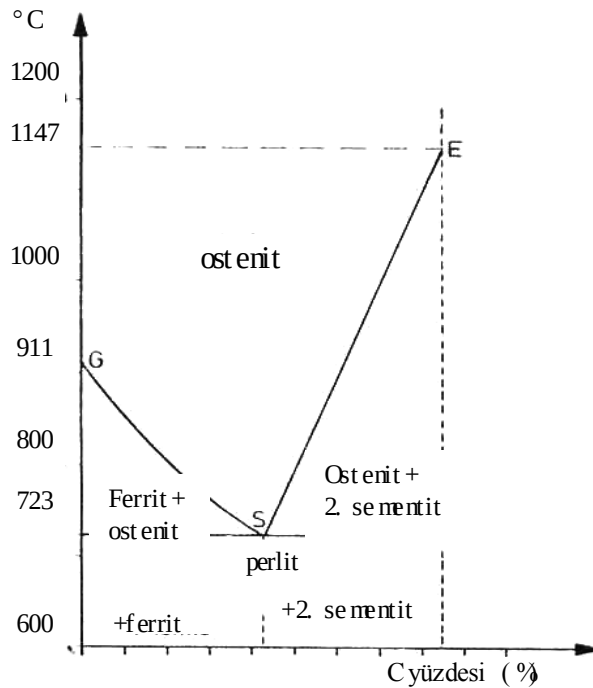
W	Mg	Al-Cu	Al	Fe	Cu	Pb	α -çinko	β -çinko
---	----	-------	----	----	----	----	-----------------	----------------

Bu tablodan da görebiliriz ki çelikler gerçekten hatırı sayılır elastik anizotropiye sahiptir. Bunun için ultrasonik test yapılırken ses saçılmasına sebep olan etkenlerle karşı karşıya gelmekten kaçınılır. Burada kesin bir faktör ise ortalama tane büyüklüğüdür.

4.3 Değiştirilebilir ve Değiştirilemez Çelikler

Özellikleri henüz bilinmesine rağmen, çeliklerin bazı türlerinin özellikleri değiştirilebilir ve hatta uygun ısı işlemleriyle bu özellikler geliştirilebilir.

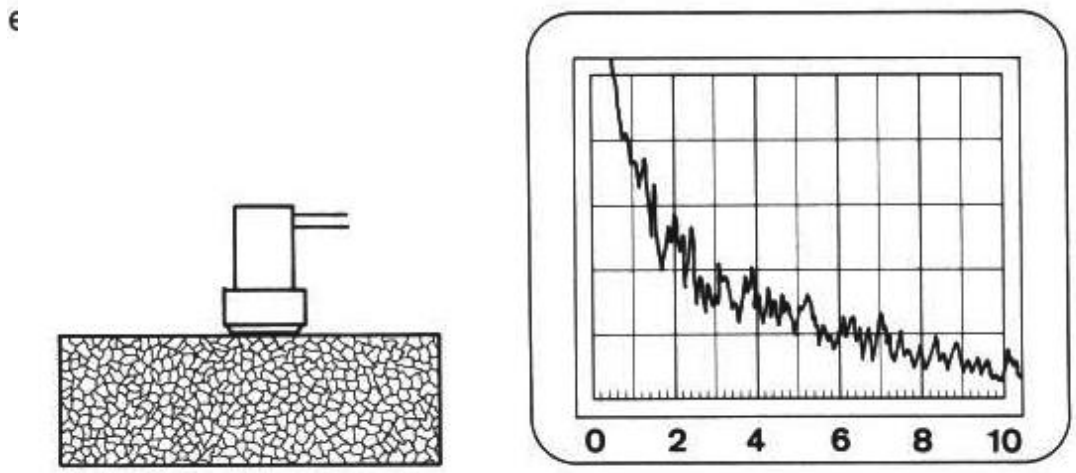
Şekil 4.5'te verilen Demir-Karbon diyagramına istinaden, kural olarak GS hattının hemen üzerine çıkılacak şekilde ısı verilerek ısı işlem uygulanır ve daha sonra soğumaya bırakılır(Tavlama). Sonuçta tanelerinin ince hale gelmesi sağlanır. Bu şekilde ultrasonik test için uygun bir yapı elde edilir.



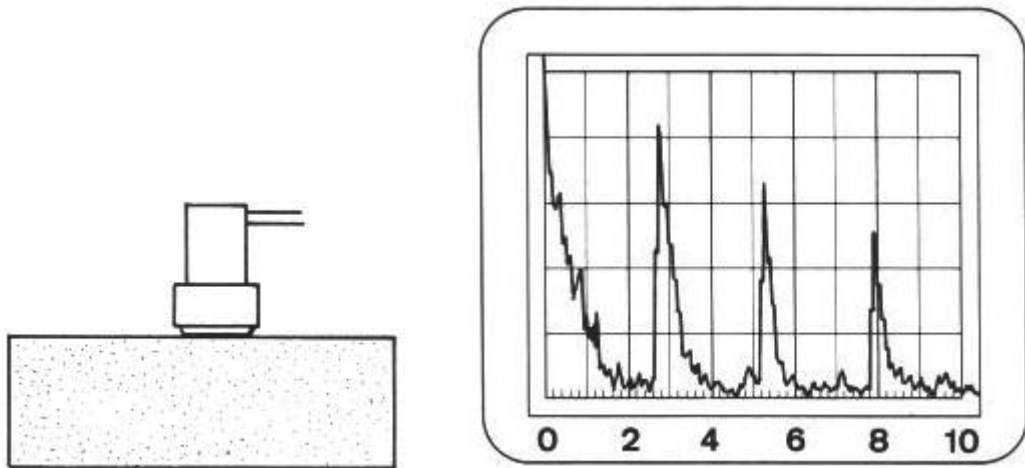
Şekil 4.5 Demir-Karbon Diyagramı

Çoğu çelikleri ısıtma işlemi yapılmadan ultrasonik olarak test etmek imkansızdır. Fakat ısıtma işlemi yapıldıktan sonra tamamen bir şekilde testleri yapılabilir. Tanelerin inceltmesi tane sınırlarındaki ses saçılmalarını azaltır.

Şekil 4.6'da hata dedektörünün CRT ekranında çeliğin ısıtma işlemi görmeden önceki ses saçılmaları (çimenme) görülmektedir. Isıtma işleminden sonra ise arka cıdar yankıları Şekil 4.7'de olduğu gibi görülebilir. Ve aynı zamanda çimenme neredeyse tamamen kaybolur.



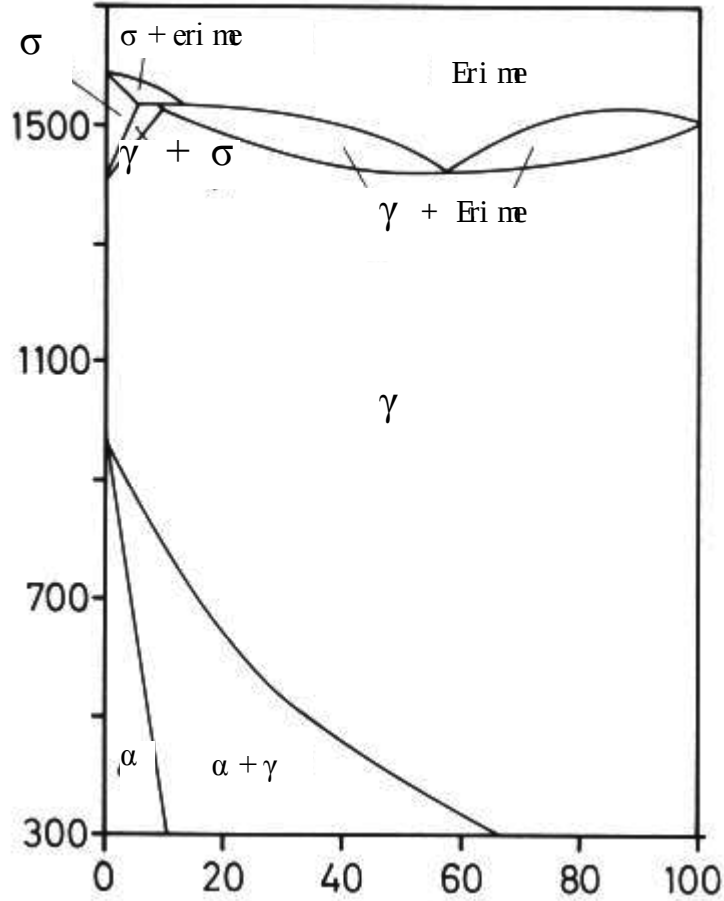
Şekil 4.6 Nor malleştirmeden Önceki Tane Büyüklüğü ve CRT Ekran Görüntüsü



Şekil 4.7 Nor malleştirmeden Sonraki Tane Büyüklüğü ve CRT Ekran Görüntüsü

Çeliklerin değiştirilebilirliği bu nedenle ultrasonik test için önemli bir ön şarttır. Genel konuşmak gerekirse yüksek alaşımlı çelikler -eğer taneleri inceltmek gerekirse- değiştirilebilir ve ultrasonik testleri yapılabilir.

Ferritik çeliklerin bazıları ve ostenitik çeliklerin çoğu bu beklentilere cevap veremez. Tane yapıları alışılmış ısı işlemlerle inceltilemez. Bunun sebebi Şekil 4.8'deki demir-karbon diyagramında gösterilmektedir.



Şekil 4.8 Br Alaşımlı Elementi Oan N'in γ Alanını Genişletmesi

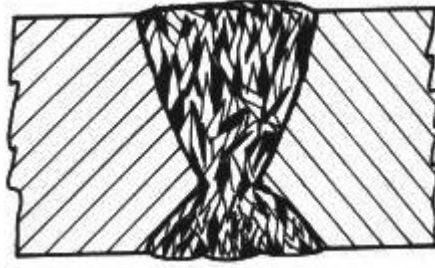
Nikel ve manganez alaşımlı elementleri olarak, çok düşük sıcaklıklarda bile kristal yapılarını korur ki karışım kristallerinin alanını genişletir. Mesela γ kristal yapısını daha doğrusu ostenit alanını genişleterek oda sıcaklığında bile ostenit kalmasını sağlarlar.

Bu yüzden bu türlü test numuneleri iri taneli bir yapıya sahipse sıcaklık değişimlerinden artık etkilenmezler. Isıl işlem den önce test edilemediyse aynı şekilde ısı işlem den sonra da test edilemez.

4.4 Malzemeyi İşleyerek Taneleri İnceltmek

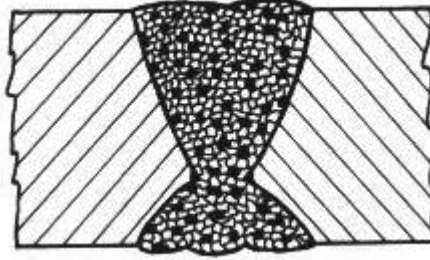
Yüksek gerilme ve gerilmelere dayanan malzemelerin çoğu ısıtılma işlemi görmüş malzemelerdir.

Aynı zamanda bu işlem kaynaklı bağlantılara da uygulanır. Bu kaynaklı bağlantıların çoğu kaynak işlemi sırasında yüksek ısıya maruz kalırlar ve iri taneli yapıya sahip olan kalın kaynaklı malzemelerdir. (Şekil 4.9)



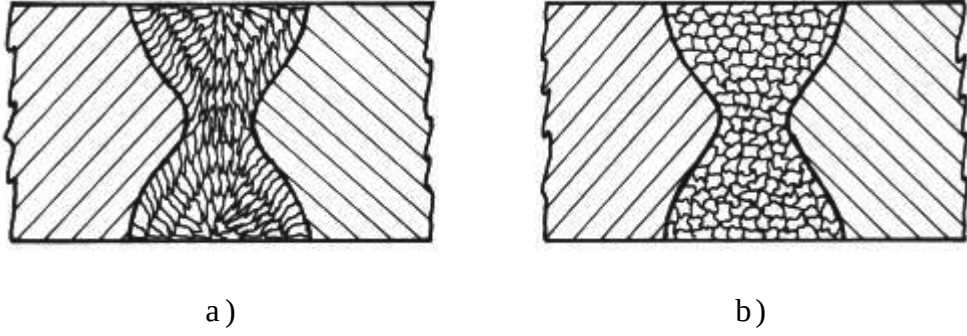
Şekil 4.9 Tavlama Önceki Değiştirilebilir Kaynak Yapısı

Daha sonra bu iri taneli yapıya uygun ısıtılma işlemi yapılarak taneleri inceltilir. (Şekil 4.10)



Şekil 4.10 Tavlama Sonraki Değiştirilebilir Kaynak Yapısı

Değiştirilemeyen kaynak metali ise ısıtılma işleminden etkilenmezler. (Şekil 4.11)

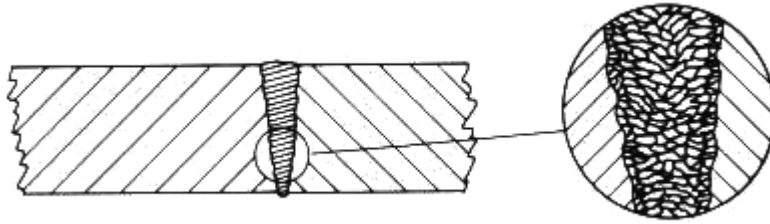


Şekil 4.11 a) Isıl İşlemden Önceki Kaba Taneli Östenitik Kaynak Yapısı
b) Isıl İşlemden Sonraki Kaba Taneli Östenitik Kaynak Yapısı

Bu gerçeklerden yola çıkarak genel bir ifadeyle tanımlamak gerekirse, “Östenitik kaynaklar ultrasonik olarak test edilemezler.”

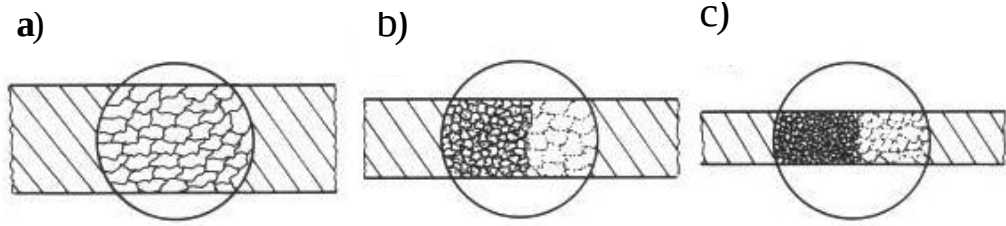
Bazı durumlarda bu tanım bizi şüpheli varsayımlara götürür ki genel olarak östenitik malzemelerin ya testleri zordur ya da hiç test edilemezler. Bu genellemelerin hiçbirine ne müracaat edilmiştir ne de edilecektir.

Dar östenitik kaynaklar, hem kaynak işlemi sırasında yüksek ısıya maruz kaldığından hem de verilen ısınn hemen dağıtılmasıyla yada ani soğutma nedeniyle ince bir tane yapısına sahiptirler. (Şekil 4.12)



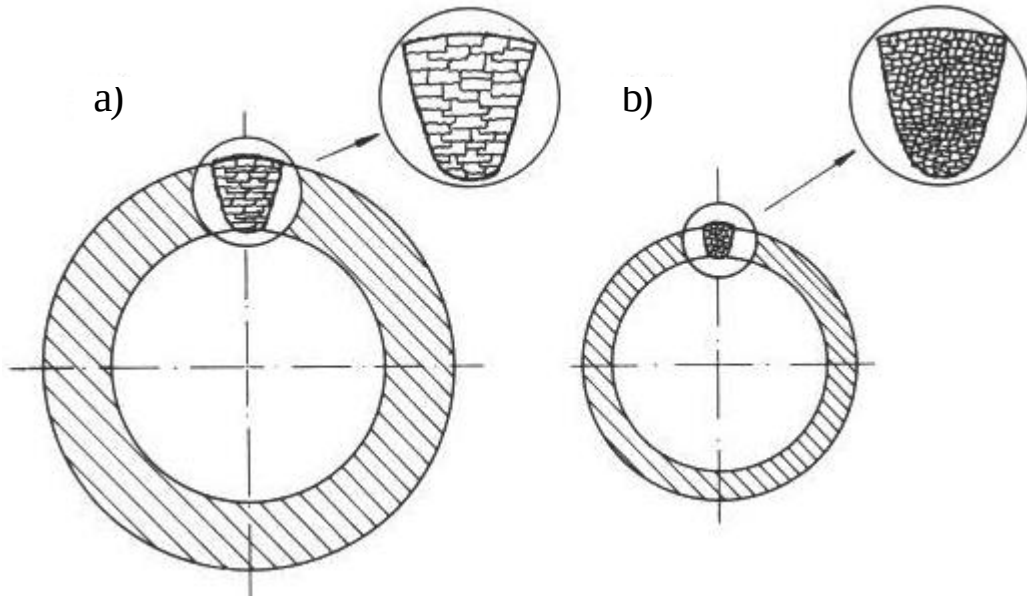
Şekil 4.12 Doğal İnce Tane Yapısına Sahip Dar Bir Östenitik Kaynak Yapısı

Çok işlenmiş östenitik malzemeler hiçbir zaman östenitik dökümyapısını niri taneli yapısına sahip değildir. Çünkü yeniden kristalleşme yapısı malzeme işlenirken (Dövme, haddelene, presleme, çekme) ya da daha sonra yeniden kristalleşme tavlama yapılırken şekillenir. (Şekil 4.13)



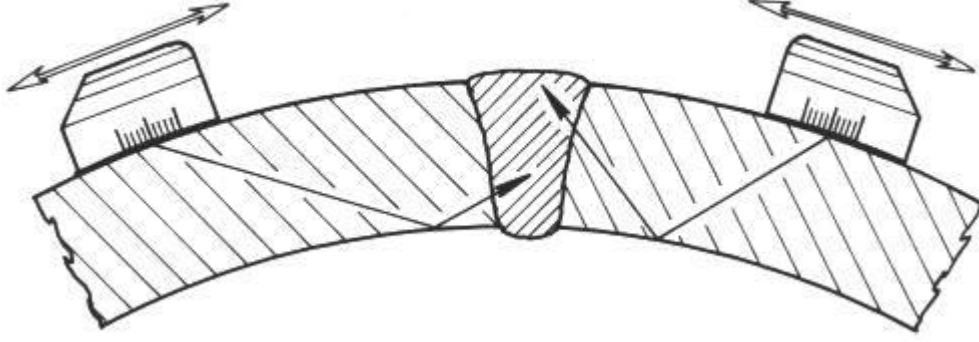
Şekil 4.13 Soğuk Şekillendirme ve Yeniden Kristalleştirme Tavlamaından Sonra
Ostenitik Malzemedeki İnce Yapı
a) Düşük derecede şekillendirme
b) Orta derecede şekillendirme
c) Yüksek derecede şekillendirme

Bazen kaynak yapısı şekil değişimine uğrar. Mesela boyuna kaynaklı boruların gerilme gidermesiyle. (Şekil 4.14)



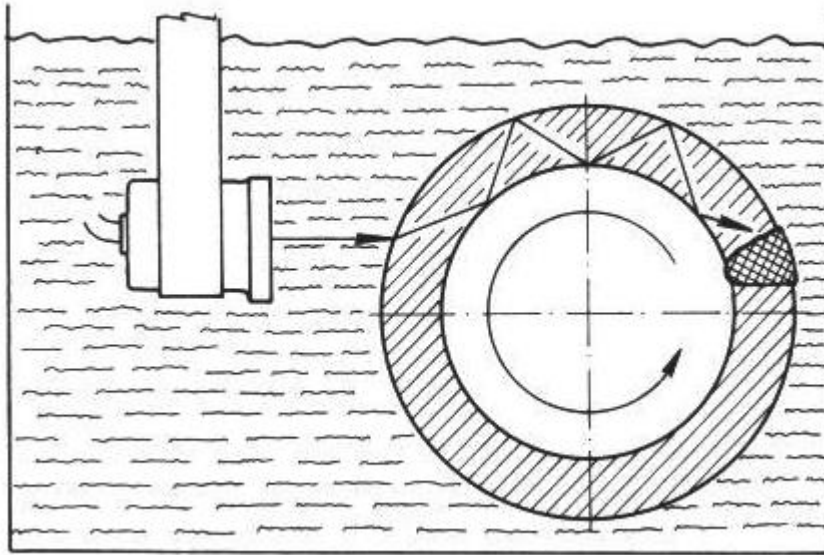
Şekil 4.14 Boyuna Kaynaklı Borudaki Kaynakta Tanelerin İnceltilmesi
a) İlk durum
b) Gerilme giderme ve ısı işlemden sonraki durum

İnce taneli kaynak metalinin, haddelenmiş malzeme kadar iyi testi yapılabilir. Sonuç olarak, böyle kaynakların boru hatlarında kullanılan ince borularda olduğu gibi özel olarak testlerinin yapılmasına gerek yoktur. (Şekil 4.15)



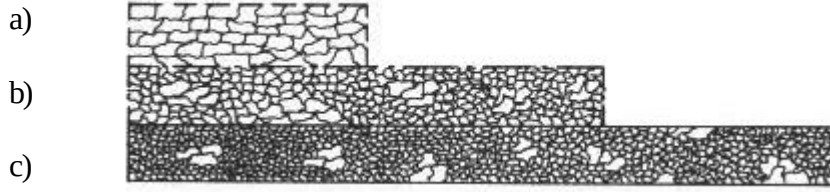
Şekil 4 15 Boyuna Kaynaklı Boruların Kaynaklarının Özel Ultrasonik Testi

Kaynakların, dikey boruların testi için kullanılan otomatik boru testi sırasında da testleri yapılabilir. (Şekil 4 16)



Şekil 4 16 Gerilme Giderme İşlemi Yapılmış Boyuna Kaynaklı Östenitik Borunun Otomatik Daldırma Testi

Bununla beraber çok şekil değiştirmiş ve ısı işlemleri görmüş östenitik malzeme yapılarında düzensizlikler görülebilir ve bu da ses saçılmalarında artışa sebep olur. (Şekil 4 17)

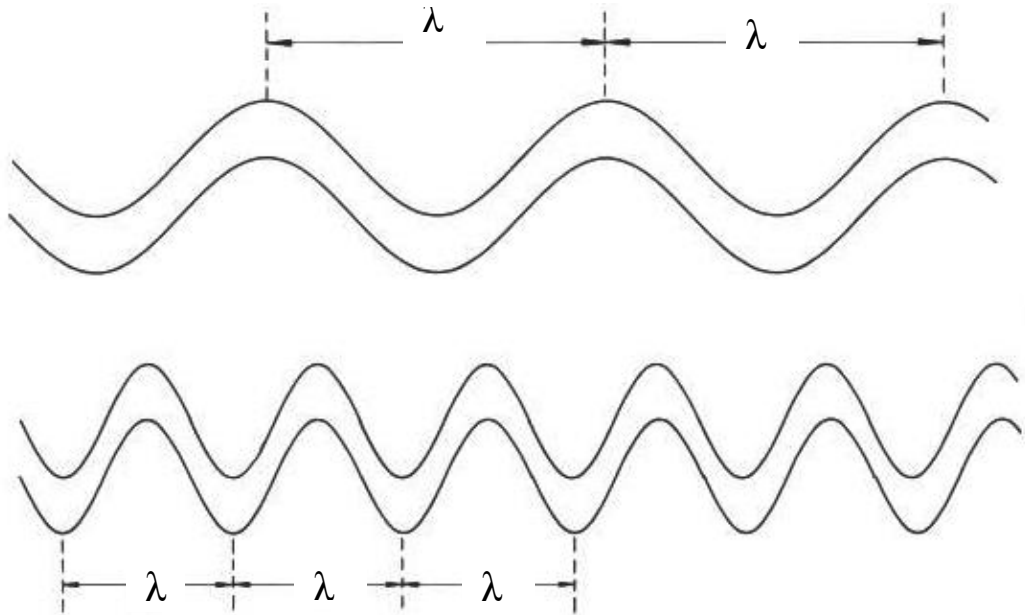


Şekil 4.17 Yeniden Kristalleşmiş ve Düzensiz Bir Yapı

- a) İşlem görmemiş
- b) Orta derecede işlem görmüş
- c) Yüksek derecede işlem görmüş

4.5 Ses Saçılması

Tecrübeler gösteriyor ki kristalin malzemenin tane sınırlarındaki ses saçılmaları hem yapının elastik anizotropisinin derecesine hem de kullanılan ses dalgalarının dalga boyuna bağlıdır. (Şekil 4.18)



Şekil 4.18 Farklı Dalga Boylu Ultrasonik Saldırımlar

Dalga boyları aşağıdaki şekilde formüle edilebilir:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4.1)$$

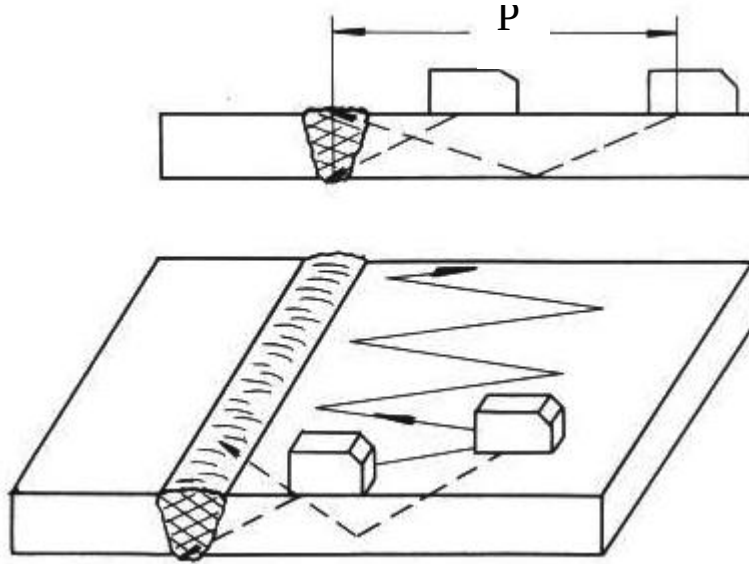
λ : dalga boyu

c: ses hızı

f: frekans

Normal bir kaynak testi yaparken, bu kaynak testini bir ostenitik kaynağa yapacağımızı varsayalım

Bu test için enine dalga veren açılı problar kullanıyoruz. (Şekil 4.19)



Şekil 4.19 Enine Dalgalı Açılı Bir Prob Kullanarak Kaynak Testinin Yapılışı

Çelikler için kullanılan enine dalga ses hızı $C_s = 3230 \text{ m/s}$ 'dir.

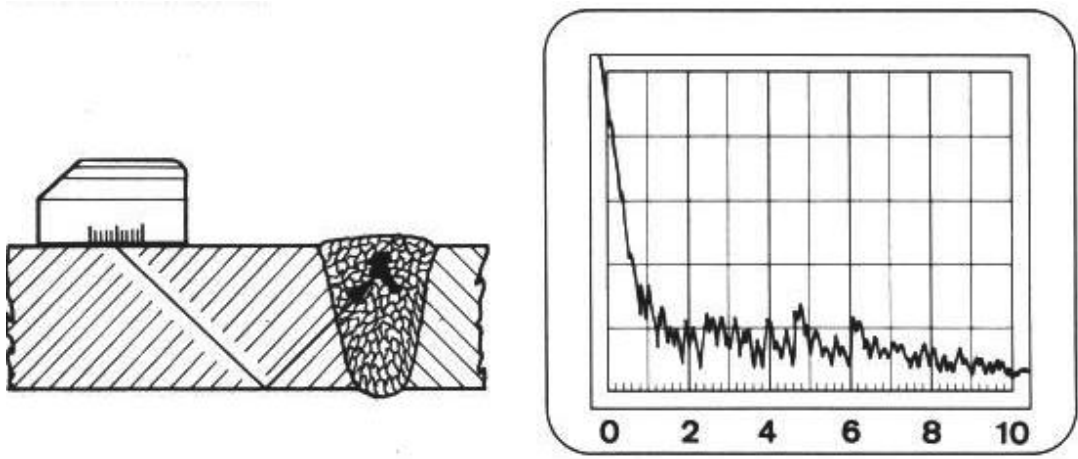
Standart açılı probların frekansı "f" ise 2 MHz ya da 4 MHz. Böylece dalga boylarını bu veriler yardımıyla buluyoruz.

$$\lambda_1 = \frac{3230 \text{ m/s}}{2 \text{ MHz}} = \frac{3.230.000 \text{ mm/s}}{2.000.000 \text{ 1/s}} = 1.615 \text{ mm} \approx 1.6 \text{ mm}.$$

$$\lambda_2 = \frac{3230 \text{ m/s}}{4 \text{ MHz}} = \frac{3.230.000 \text{ mm/s}}{4.000.000 \text{ 1/s}} = 0.807 \text{ mm} \approx 0.8 \text{ mm}.$$

Belirgin bir anizotropisi olan malzeme de ses saçılmaları fark edilebilir (ortalama $0,1 \lambda'$ ya yaklaşan tane büyüklüğü varsa). Ortalama tane büyüklüğü $0,2 \lambda'$ ya tekabül ediyorsa o zaman ses saçılmaları açık olarak görülür.

Eğer tane büyüklükleri $0,5 \lambda$ ise daha yüksek saçılmalar görülür ki gerçekten bu oran yüksek, küçük süreksizlikler artık ekranda görülmez. (Şekil 4 20)

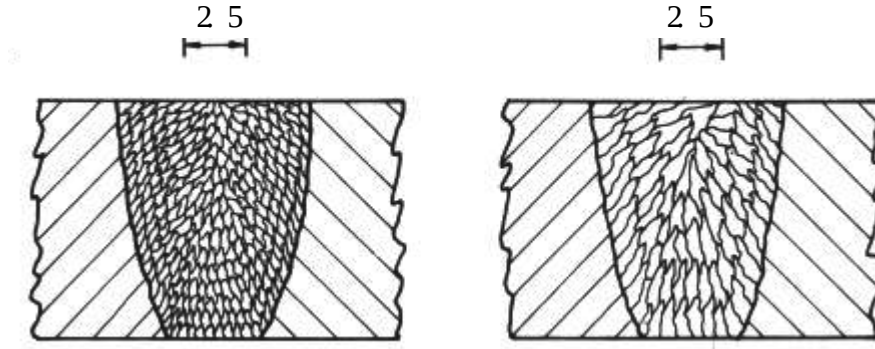


Şekil 4 20 $\lambda/2$ Ortalama Tane Çaplı Bir Kaynak Yapısındaki Süreksizlikten Gelen Kabul Edilmez Bir Yankı

Bu nedenle ortalama tane büyüklüğü $0,8 \text{ mm}$ olan ostenitik kaynak yapısını test etmek için 2 MHz enine dalga problemleri kullanmak mümkün değildir. 4 MHz enine dalga problemleri $0,4-0,5 \text{ mm}$ çaplı taneleri algılayamaz.

İyi hata dedekte edilebilirliği için maksimum izin verilebilir ortalama tane büyüklüğü $0,2 \lambda$ olarak hesaplanmışsa, o zaman 2 MHz enine dalga boylu ses darbeleriyle test yapmak için kabul edilebilir ortalama tane büyüklüğü çapı $d=0,4 \text{ mm}$ dir. Eğer 4 MHz enine dalga boylu ses darbeleri kullanılıyorsa kabul edilir ortalama tane çapı $d=0,2 \text{ mm}$ dir.

Bununla beraber ostenitik kaynak yapılarında ortalama tane çaplarının $0,5-2 \text{ mm}$ arasında olması pek nadir bir olay değildir. (Şekil 4 21)



Şekil 4.21 Östenitik Kaynaklardaki Ortalama Tane Büyüklüğü

Çok açıktır ki standart açılı problemleri kullanarak östenitik kaynakların ultrasonik testini yapmak genellikle pek tavsiye edilmez.

4.6 Daha Uzun Dalga Boyları İle Çalışmalar

Tane büyüklüklerine tesir etmek mümkün değilse veya maliyeti çok yüksek ise yapılacak şey standart 4 MHz veya 2 MHz enine dalga boyu açılı problemlerle test yapmaktan vazgeçmek yada alternatif imkanları araştırmaktır. Mümkün olan en az masrafla bunu başarmak için nakul bir prosedür tavsiye edilir.

Ses saçılma derecesi, ortalama tane büyüklüğü çapındaki azalmayla düşerken, dalga boyuna ilişkin mümkün olan en büyük boyu elde etmek mümkündür.

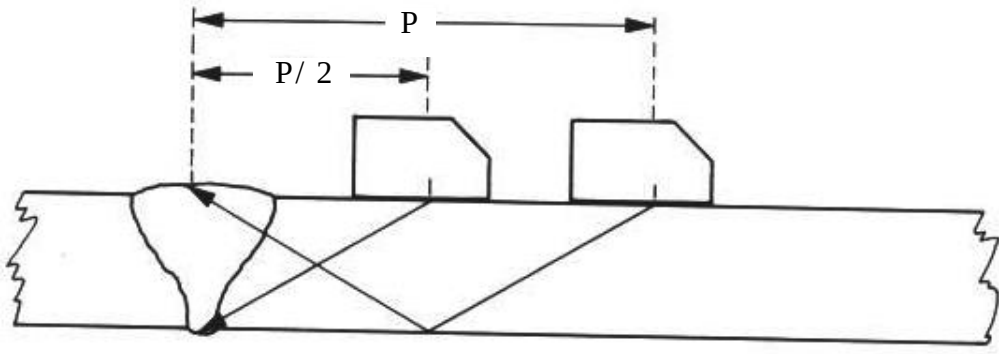
$\lambda = \frac{c}{f}$ formülünden hareketle görülüyor ki dalga boyu frekansla ters orantılıdır. Bu

nedenle prob frekansı düşerse saçılmalar daha azalır.

4 MHz ve 2 MHz enine dalga boyu problemleri ilave olarak, test için kullanılmak üzere 1 MHz frekanslı problemler de vardır.

Boyuna dalgalı açılı problemlerle mümkün olan çözümü aramadan önce enine dalgalı problemleri denemek gerekir. Bunun nedenlerini şöyle sıralayabiliriz

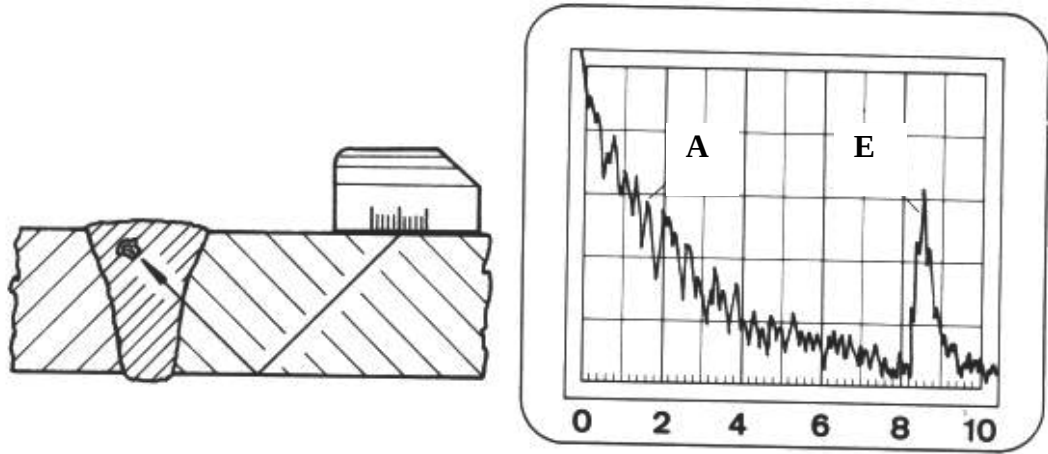
İlk olarak, enine dalgalar östenitik kaynakların testi için normal kaynak test tekniğine olanak sağlar. (Şekil 4.22)



Şekil 4.22 Kaynağın Merkez Noktasından İtibaren Yarı $m(p/2)$ ve Tam $m(p)$ Atlama Mesafesi Arasındaki Probu Hareketi

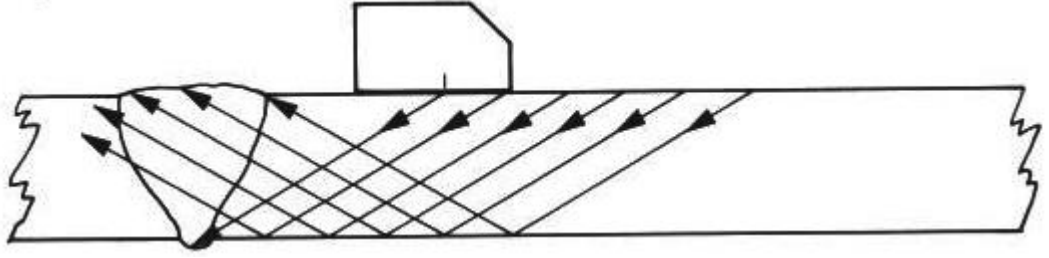
İkinci olarak iyi hata yakalayabilirlik test örneğinin sınırlarından bir veya birkaç defa ses darbeleri yansıdıktan sonra, bir süreksizlik dolaylı veya direkt olarak bulunarak sonuçlanır.

Hiçbir zaman dalga ayrılması olmaz. Enine dalgalarınta myansıması nedeniyle (35° den büyük açılarda) birçok defa da yansıma olsa da kalan ses şiddeti hala yeterlidir. Dolaylı tarama yapma imkanından dolayı örneğin yakın yüzey süreksizliklerinde test cihazının yakın alan kararlı gücü kesin bir rol oynamaz. (Şekil 4.23)



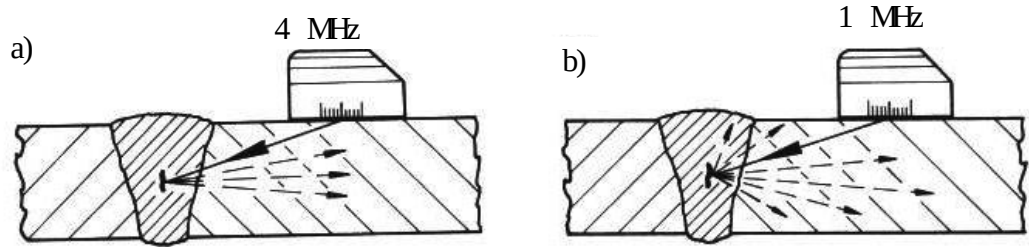
Şekil 4.23 Yakın Yüzey Süreksizliklerini Dolaylı Olarak Tarama Yaparak Yakın Alan Ayırma Gücünden Vazgeçilmesi

Süreksizliklerden gelen yankıların saçılma yankılarında saklı olduğunu kabul edersek o zaman aranan süreksizliklerin dedekte edilebilirliği, kaynak tam kesitinde garanti edilecektir. (Şekil 4.24)



Şekil 4.24 Probun Uygun Hareket Ettirilmesiyle Kaynağın Tam Kesitinin Testi

1 MHz enine dalga boyu açık problemlerin başka bir avantajı daha vardır. Diğerlerine göre geniş açılımlı birbirinden uzaklaşan ses dalgası, küçük süreksizliklerden yansır(Şekil 4.25).



Şekil 4.25 4 MHz ve 1 MHz Ses Dalgalarının Düz ve Ufak Bir Yansıtıcıya (süreksizliğe) Belli Bir Açıda Çarptığı Zaman Yansıması
a) Güçlü Domet Yoğunluğundan Yolu Süreksizlikten Gelen Herbir Yankı Yok
b) Yel paze Hçminde Yansıma Nedeniyle İyi Hata Algılanma

Bu süreksizlikler düz olsa dahi sesi yansıtırlar ve bu geniş yelpazeli yansımalar proba geri dönerler. Bu durumda probun yansıyan geniş yelpazeli ses dalgalarını alma yüzdesi artar.

Aşağıda ses saçılmasının şeklini tarif eden iki formül verilmiştir.

$$N = \frac{D^2 \cdot f}{4 \cdot c}; \sin \gamma = 0,5 \frac{c}{D \cdot f} \quad (4.2)$$

N= yakın alan uzunluğu

f= frekans

γ = genişleme açısı

D= kristalin efektif çapı

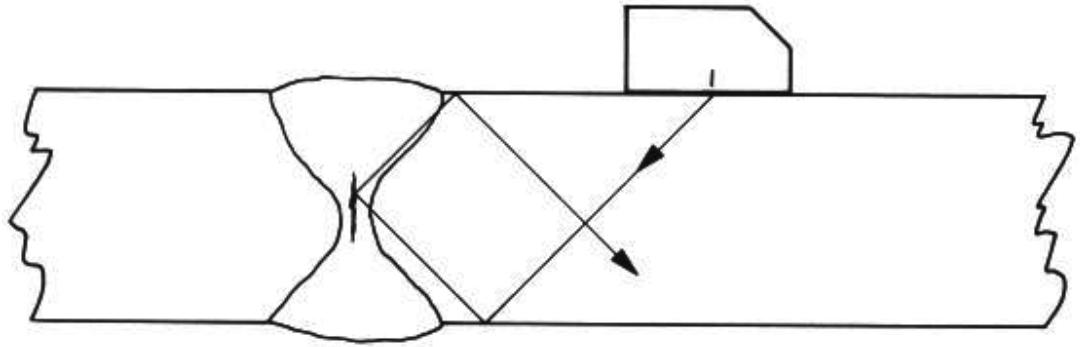
c= ses hızı

Düşük frekanslarda ses saçılması daha kısa bir yakın alan uzunluğuna N ve birbirine göre daha büyük bir genişleme açısına (γ) sahiptir. Ses deteti tarafından çarpılan

süreksizlikler sanki ultrasonik bir verici gibi hareket ederek bu ses dalgalarını yansıtır.

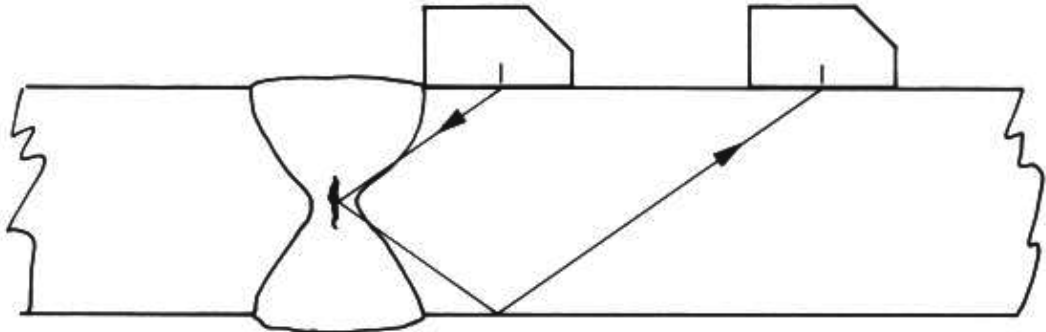
Süreksizlik ne kadar küçük olursa ondan yansıyan ses dalgasının genişlemesi de büyük olur ve probun bu ses dalgasını yakalaması ihtimali daha büyük olur.

Bununla beraber açıklamak gerekir ki eğer ses darbeleri geniş, düz süreksizliklere (çatlaklar, laminar eksiklikler, yetersiz nüfuziyet) dik olarak çarpmazsa değerlendirilmeleri yeterli olmaz. (Şekil 4.26)



Şekil 4.26 Tek Proba Testte Büyük Düz Süreksizliklerden Sesin Uygun Olmayan Yansıması

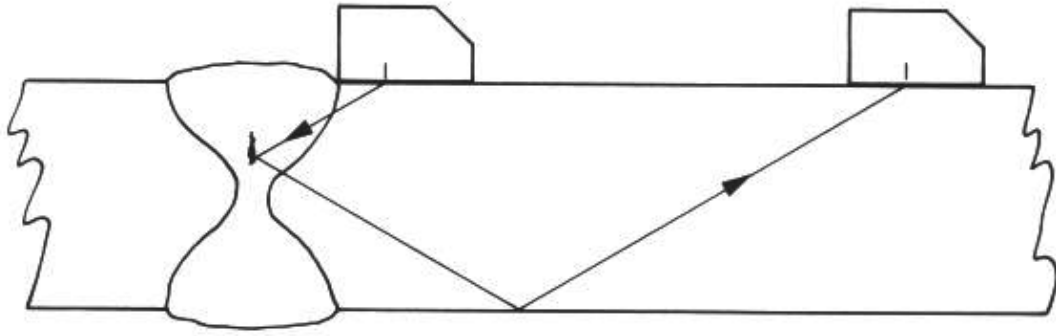
Geniş, düz süreksizlik büyük bir kristal çapına “D” sahip ultrasonik bir verici gibi hareket eder. Yansıyan ses demeti uzun bir yakın alana ve küçük bir genişleme açısına sahiptir. Büyük bir tehlike var ki bu da konsantre bir durumda yansıyan ses dalgasının probu geçmesidir. Hatta geniş, büyük süreksizliklerin dedekte edilebilirliği istenilen seviyeden bir hayli düşer. Ne var ki bu duruma da bir çözüm vardır. (Şekil 4.27)



Şekil 4.27 Tandem Metodu Kullanarak Hata Algılanması

Bu çözümde hem ses dalgasının mümkün olduğu ölçüde geniş boyutlu süreksizliklere dik olarak çarpıtılması sağlanırken hem de ikinci açılı probla test edilmesi sağlanır. (Tandem Metodu)

Eğer kaynağın şekli, malzeme veya kaynak tekniği ve süreksizliğin yönü üzerinde bunların etkileri bilindiği zaman, problemler için elde edilebilir ve ulaşılabilir alanlar hesaba katılırsa o zaman problemlerin pozisyonu, alıcı ve verici problemlerin açıları süreksizliklerin bulunabilmesi için çok çabuk hesaplanır.



Şekil 4 28 Problemlerin Pozisyonu Hata Derinliğine Bağlıdır

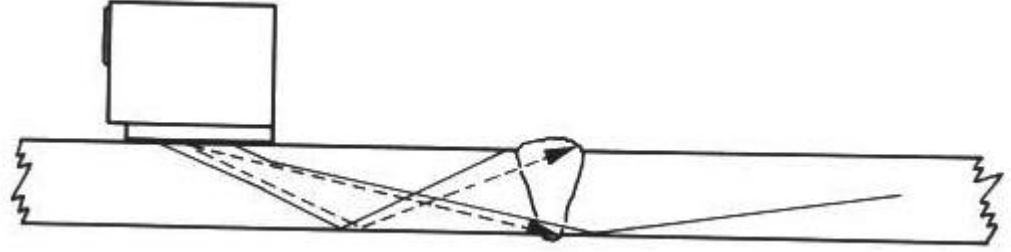
Tekrar 1 MHz enine dalga boylu problemlara dönelim. Düşük frekanslı enine dalgaların bazı pozitif özelliklerinden ve mesela D serisi 1 MHz açılı probun şaşırtıcı test özelliklerinden dolayı ostenitik kaynakları test etmek için bu problemlerin denemeleri devam etmektedir.

Düşük test frekansı kullanılmasına rağmen ses saçılmaları o kadar sıkı telaffuz edilir ki istenilen hata bulunabilirlik hala başarılanmıştır. Düşük frekans yankılarının doğal özelliklerinden biri de geniş ve de birbirine karışmış olmasıdır. Öyle ki çok müsait koşullar altında bile ürettikleri CRT (Cathode Ray Tube) görüntüleri bile kalitesizdir. Beklenmesi gereken bir diğer olgu da birbirine nazaran düşük frekanslı uzun enine dalga darbeleriyle kısmen meydana gelen görünüşte olan belirtilerdir. (Daha sonra görünüşte olan belirtilerden bahsedilecek.)

4.7. TR(Transmitter- Receiver) (alıcı-verici) Tekniğiyle Denemeler

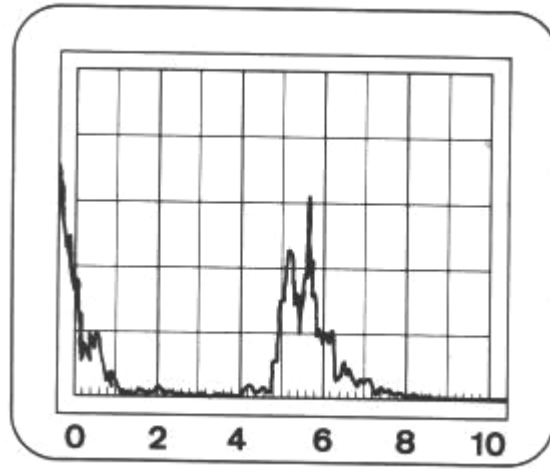
Düşük test frekanslarından dolayı meydana gelen geniş bir ses dalgası pek uygun olmayabilir. Çünkü kuvvetli bir şekilde birbirinden ayrılan ses dalgası çok

abuk test mal zesi ni n u kısı nları na yada test mal ze mesi ni ni er di ği yarı kl ara ve silindirik deliklere çarpar. (Şekil 4 29)



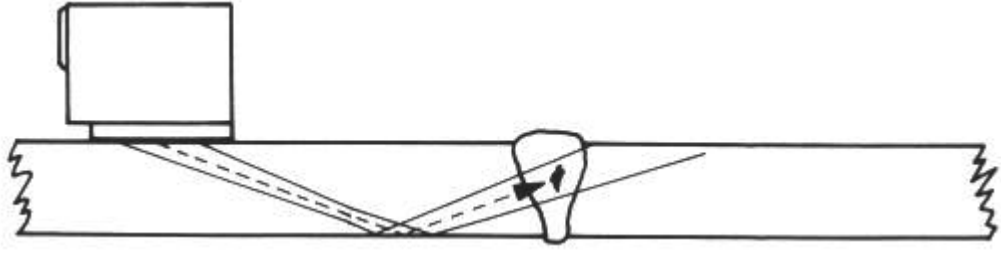
Şekil 4 29 Geniş Ses De ğeti Nedeniyle Kaynak Takviyelerinden Gelen Karış ma Yankıları

Bu da karış ma yankılarına sebep olur ki, bu şartlar altında süreksizliklerle bu karış ma yankıları birbiri üzeri ne bi nere, he mhata bul mayı zorlaştırır he mde önler. (Şekil 4 30)



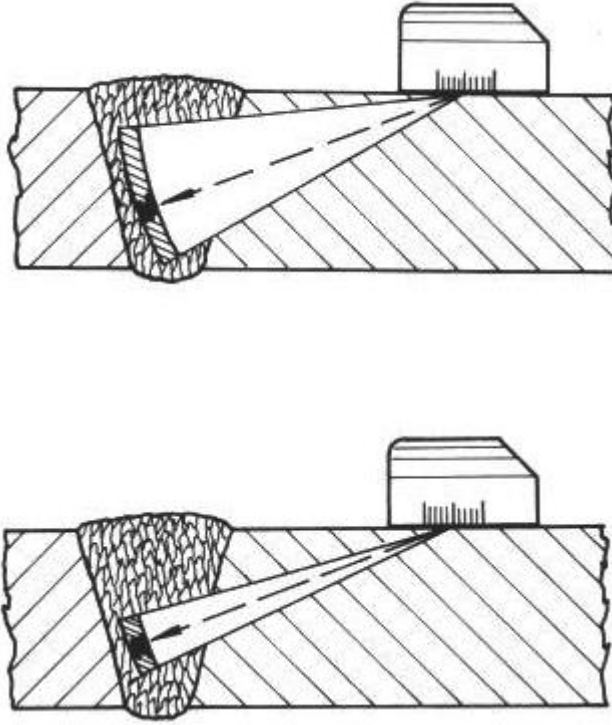
Şekil 4 30 Kaynak Takviyesi ni n Neden O du ğu Karış ma Yankıları

Böyle duru nı lar da, böl gelere he m daha kolay ulaşılabilen he mde süreksizliklerin bulunabilece ği dar bir ses de ğeti seçilir. (Şekil 4 31)



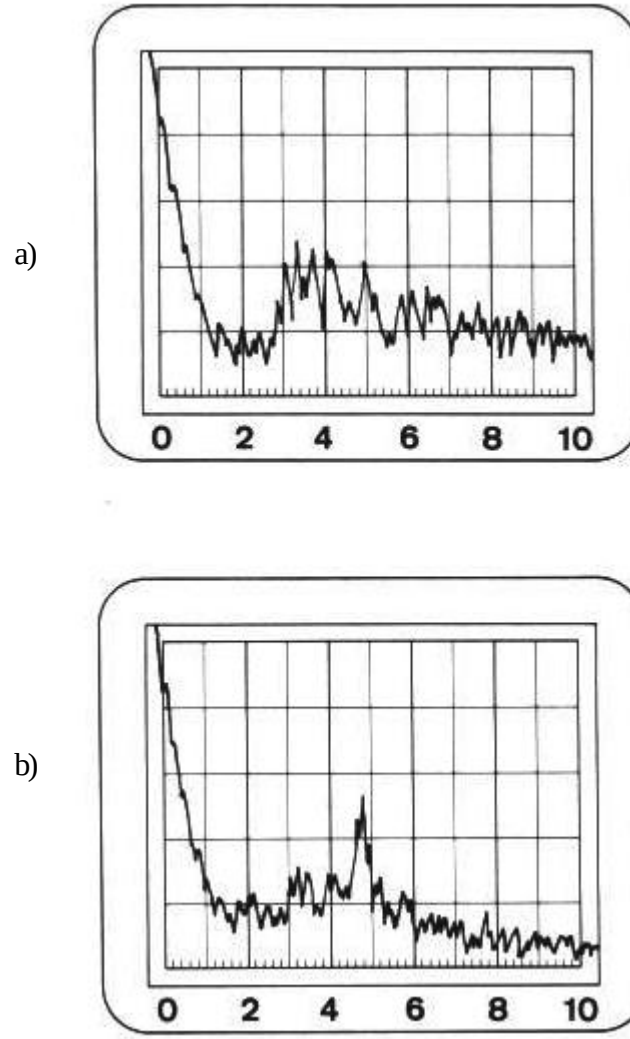
Şekil 4.31 Dar Ses Demetinin Karışık Yankılarını Ölçmesi

Böyle bir dar ses demeti ostenitik kaynakların testini yaparken uygun şartlara sahiptir. (Şekil 4.32)



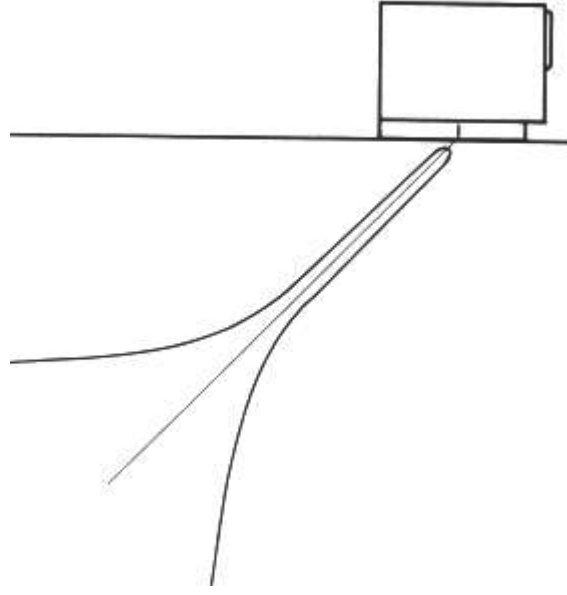
Şekil 4.32 Daha Dar Bir Ses Demeti Nedeniyle Düşük Miktarda Saçılma

Dar ses demeti, geniş ses demetine nazaran tane sınırlarında daha az saçılmaya uğrar. Yani saçılma yankıları, geniş ses demetinde olduğu gibi artık bize sıkıntı vermez. (Şekil 4.33)



Şekil 4.33 Hata Algılamada Ses Demeti Genişliğinin Etkisi
a) Geniş Ses Demetiyle Test Ederken Büyük Miktarda Saçılma
b) Dar Ses Demetiyle Test Ederken Daha Az Bir Saçılma

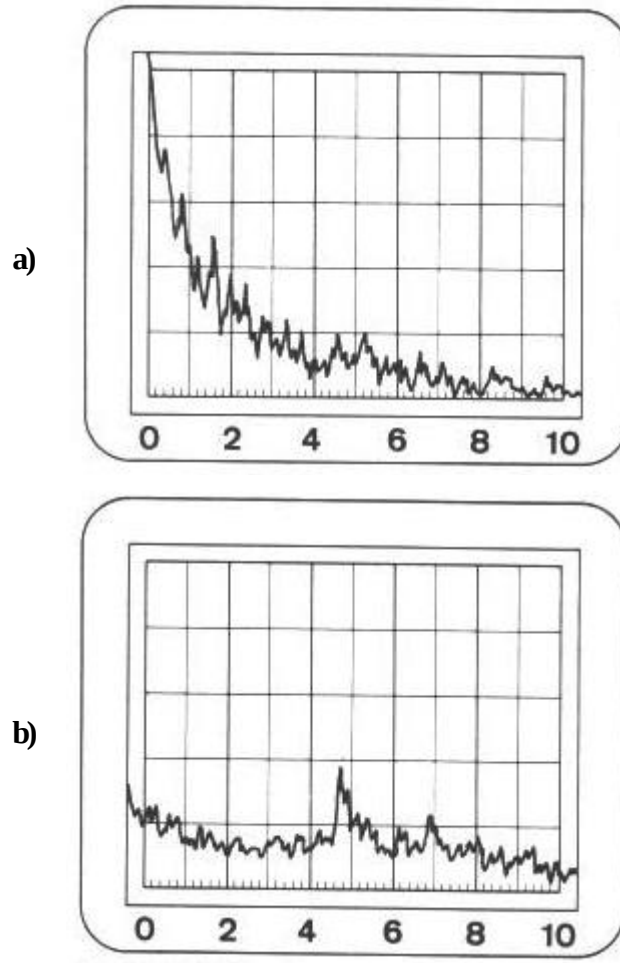
TR açılı problemleri, ince bir silindirik şekilli ses demeti üreterek enine dalgalı yaylar.
(Şekil 4.34)



Şekil 4.34 TR Açılı Bı Proben Ses Demei Şekli

Bu prob lar vasıtasıyla, ostenitik kaynakları test etmek için tarif edilen en uygun koşulları elde edebiliriz.

Standart 4 MHZ açılı prob ve 4 MHZ TR açılı prob ların yankı görüntülerinin karşılaştırmaları gösteriyor ki TR açılı prob la hata bulunabilirlik gerçekten daha iyi. (Şekil 4.35) Bununla birlikte her zaman olmasa da, bütün durumlarda böyle prob lar dan istenilen hata bulunabilirliği elde edebiliriz.

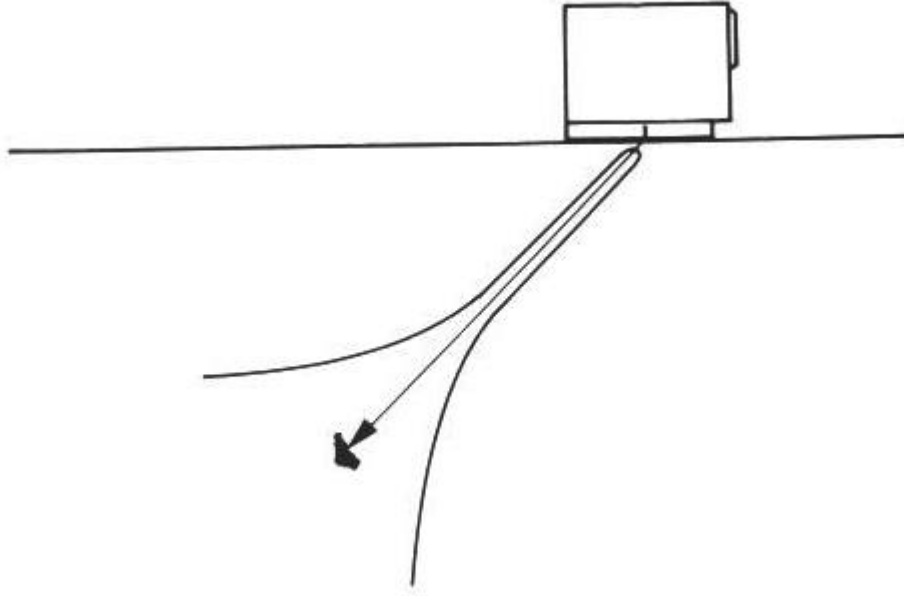


Şekil 4.35 4 MHz Eni ne Dalgalı Probu ların Yankılarının Karşılaştırılması

a) Açılı Probu

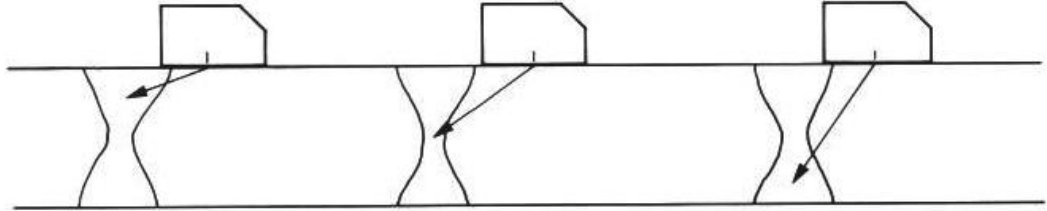
b) TR Açılı Probu

Doğal olarak süreksizliklerden hata yankısı beklenir. Fakat bu yankıların alınabilmesi için süreksizliklerin ses detektörünün odak alanında bulunması gerekir. Odak silindiri'nin arkasında, bir TR açılı probunun ses detektörü birden açılır. (Şekil 4.36) Öyle ki küçük süreksizliklerin bu açılma alanında bulunması yakalama olasılığını çok düşürür.



Şekil 4.36 TR Açılı Probu Ses Demetinin Genişleme Bölgesinde Daha Az Hata Algılayabilirlik

TR açılı probtan bütün kaynak bölgesini veya bütün bir alanı kapsaması istense, o zaman tek bir TR probu bunun için yeterli olmaz. (Şekil 4.37)



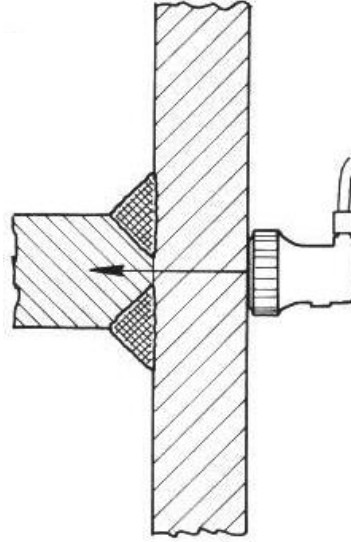
Şekil 4.37 Kaynağın Tüm Alanında İstenilen Hata Algılayabilirliği Hedef İçin Farklı TR Açılı Problarını Kullanarak Test Etme

Bu işlemi için üç ya da daha fazla değişik açılara sahip TR probu gerekir. Fakat yine de test donanımındaki harcamaya rağmen, enine dalga boylu TR açılı probu beklentileri henüz haklı çıkarmadı.

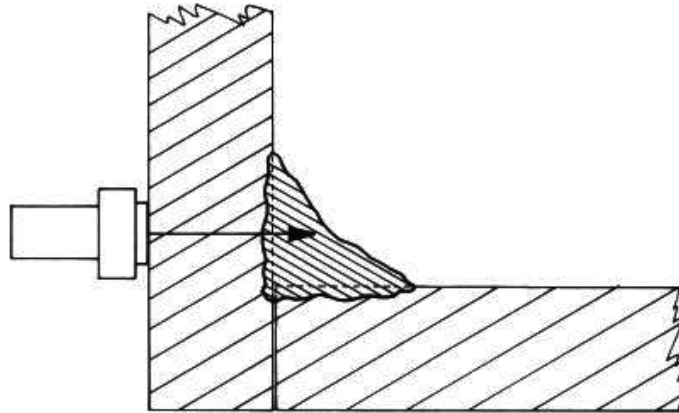
Düşük frekanslı enine dalga boylu açılı probu kullanırken, saçılma yankıları yüzünden çok sık “yetersiz hata bulunabilirlik” görüldü. Bunlara ek olarak, erken söz ettiğimiz “görünüşte olan yankılar”ın sık sık tekrarlanan bir varlığı var.

4.8 Boyuna Dalgalarla Daha İyi Bir Sinyal-Gürültü Oranı

Şu bir gerçek ki, boyuna dalgalarla çalışmak enine dalgalarla çalışmaktan çok daha kolaydır. Örneğin, normal de metli bir prob kullanılarak T kaynağı üzerinde ostenitik kaynağı test edersek (Şekil 4. 38) sinyal-gürültü oranı, enine dalgalı karşılaştığımız orandan daha yüksektir. Bazı durumlarda, geliştirilmiş bir yakın alan ayırma gücüyle, TR probu iyi bir hata dedekte edilebilirliğe sahiptir. Boyuna dalgalı problemleri di ki ne tarama yaparak kullanmak mantıklıdır. Eğer test örneğinin şekli, kaynağın şekli ve beklenen süreksizliklerin durumu böyle yapmaya uygunsa. (Şekil 4.38)

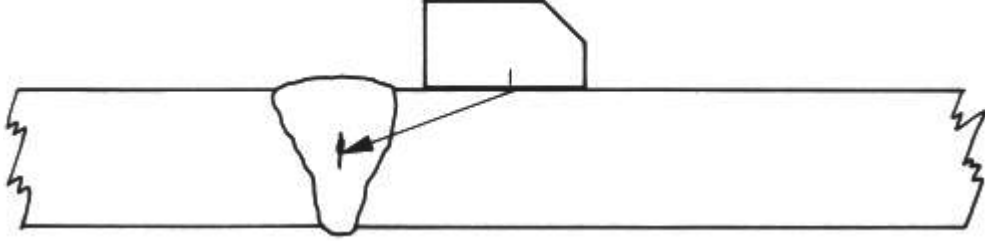


Şekil 4.38 Normal De metli Br Prob Kullanarak T Kaynağı Testi



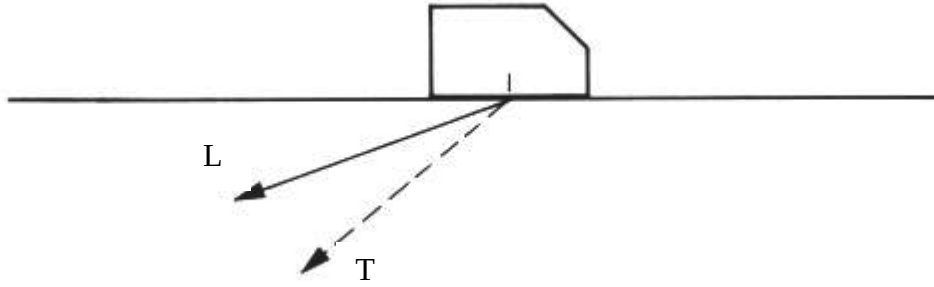
Şekil 4.39 Di k Oarak Tarama Yapan Br Prob Kullanarak İç Köşe Kaynağı Testi

Hataların dik olarak taranmasıyla bulunamayacağı uygulamalar gerçekten çok fazladır. Bunun için yapılacak şey belli açıda boyuna dalgalar göndererek test etmektir. (Şekil 4.40)



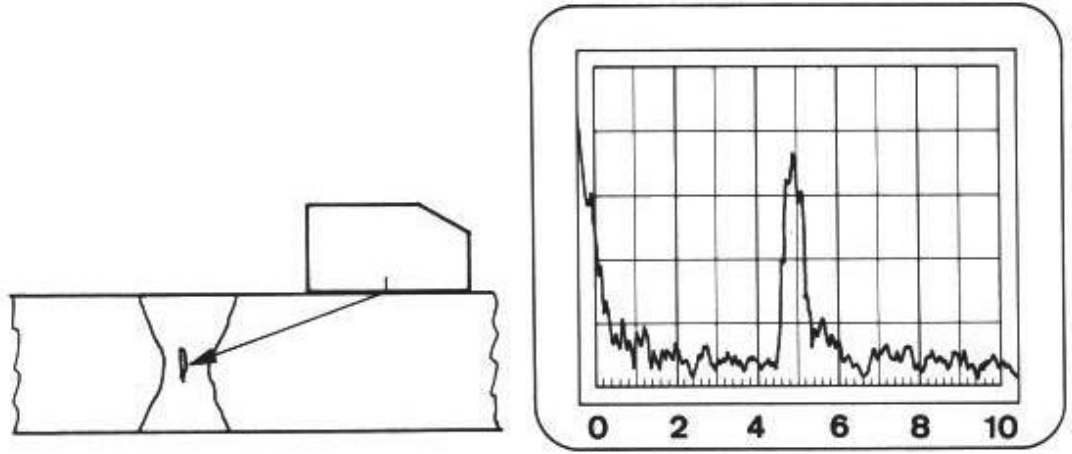
Şekil 4.40 Boyuna Dalgalarla Açılı Tarama

Gren boyuna dalganın kırılması nedeniyle, enine bir dalganın aynı zamanda yani eş zamanlı olarak meydana gelmesi nedeniyle bu mümkün değildir. (Şekil 4.41)



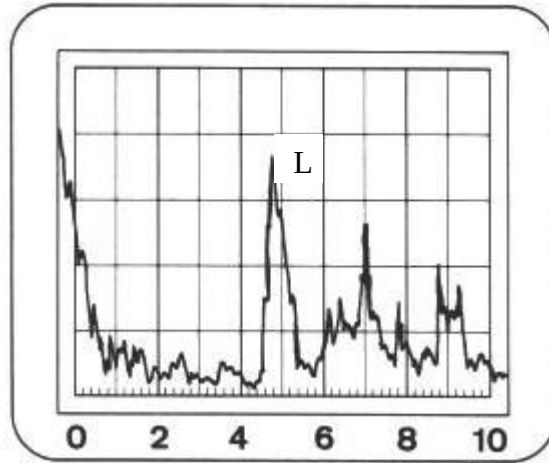
Şekil 4.41 Belli Bir Açıda G den Boyuna Dalga İle Tarama Yaparken Enine Dalganın Ayrılması

Bununla birlikte boyuna dalga parçasının kırılma seviyesinden yukarıda, ufak süreksizliklerden gelen yankıları üretmek için hala yeteri kadar güçlüdür. (Şekil 4.42)



Şekil 4.42 Karışma Seviyesinin Çok Üstünde Boyuna Dalga Yankısı

Boyuna dalga darbesi, enine dalga dan iki kez daha hızlı gittiğinden, boyuna dalga yankısı, enine dalga yankısından daha erken geriye döner. (Şekil 4.43)

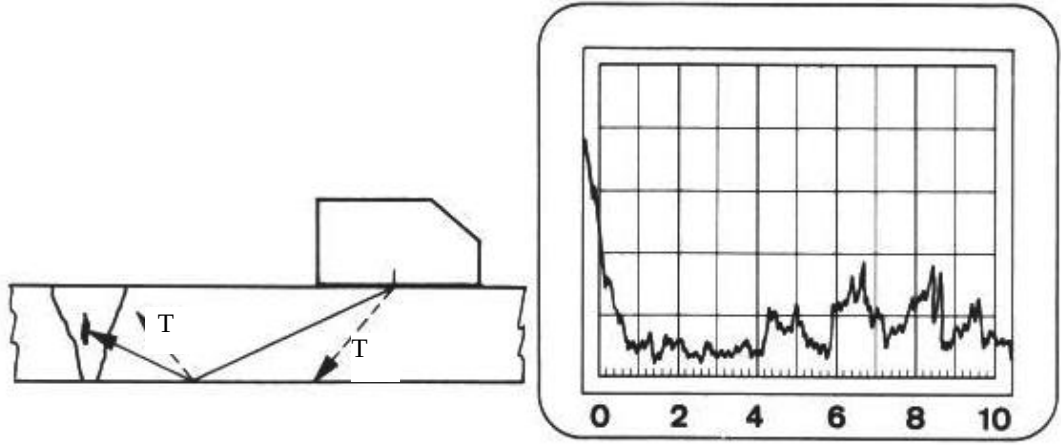


Şekil 4.43 Bir Kural Olarak “L” Yankısı Boyuna Dalga Yankısıdır

Sonradan gelen yankılarla (süreksizlikten veya daha uzaktaki karışma yankılarından gelen enine dalga yankıları) ilgilenmiyoruz. Bizim ilgilendiğimiz tek şey, süreksizlikten gelen boyuna dalga yankısının önünde olan ses saçılma yankıları ve karışma yankıları o kadar küçük olur ki bu belirtileri karıştırmaya tehlikesi olup olmadığıdır. Sinyal-gürültü oranının yeterince büyük olması şartıyla, başka bir problem olmaz.

Doğru. Ancak bir problem var. Ses dalgalarının yansıma olmaksızın direkt olarak süreksizliklere çarpması şartıyla yöneltilmiş boyuna dalgaları sinyel-gürültü oranı verirler. (Şekil 4.40)

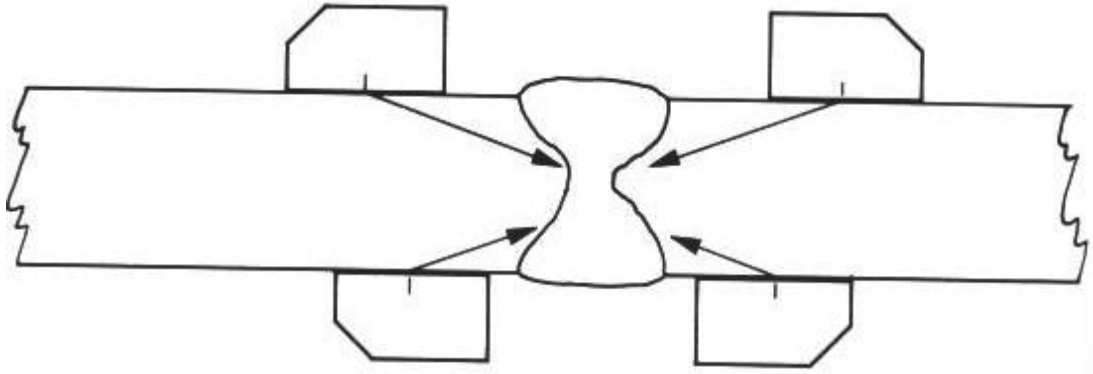
Boyuna dalgaları, süreksizlikleri dolaylı olarak test ettiğimiz durumdaki gibi enine dalgalar gibi kullanırsak, (Şekil 4.44)



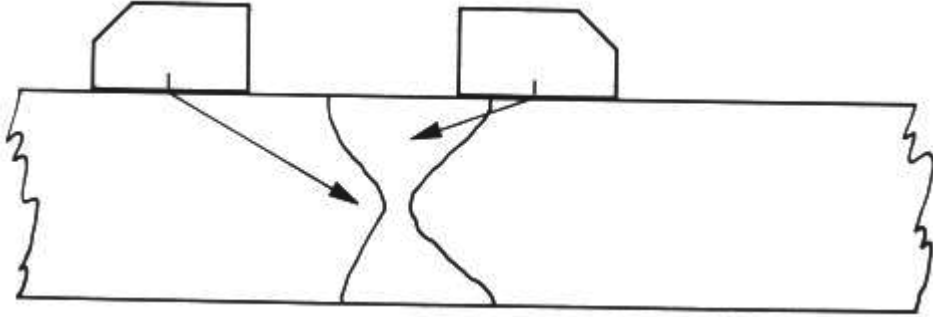
Şekil 4.44 Boyuna Dalgalarla Dolaylı Olarak Süreksizliği Tararken Hiçbir Boyuna Dalga Yankısı Olmaz

O zaman dalga bizi tam manasıyla hayal kırıklığına uğratar. Sinyel-gürültü oranı, o kadar küçük olur ki artık iyi hata dedekte edilebilirlikten bahsetmenin manası yoktur. Süreksizlikten gelen yankı tamamen gürültü tarafından yutulur. Bunun sebebi, boyuna dalganın arkasından yansıdığında yeniden ayrılmasıdır.

Sonuç olarak, enine dalga ayrılması boyuna dalgaya o kadar çok güç kaybettirir ki boyuna dalganın arzu edilen etkili özelliklerini sağlaması için artık yeterli gücü yoktur. O yüzden yöneltilmiş veya açılı boyuna dalga ile tarama yaparken, kaynak kesitinin tamında veya bitişik durumlarda süreksizlikleri bulmak için direkt olarak tarama yapmaya mecburuz. (Şekil 4.45) Prensipten bu şüphesizdir. Tabii ki kaynağa bütün yönlerden ulaşılacak şartıyla. Ters tarafa eğer ulaşılamıyor ise o zaman yakının yüzey süreksizlikleri aranabilir. (Kaynakta ki yeri yer bağlantılı ise). (Şekil 4.46)



Şekil 4.45 Bütün Yönlerden Direkt Tarama

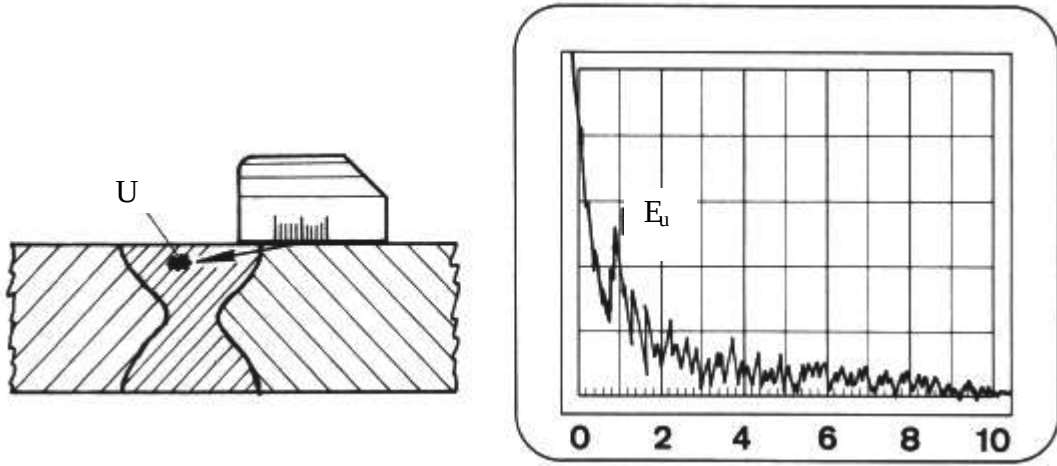


Şekil 4.46 Kaynak Takviyesi Yer Bağlantılı Yapılmış İse Sadece Yakın Yüzey Süreksizliklerine Ulaşılabılır

Bütün süreksizlikleri direkt olarak taramak için bir ihtiyaç veya gereksinim daha fazla teste veya daha büyük maliyetlere sebep olur. Ama bu da iyi hata dedekte edilebilirlik için şarttır.

4.9 Boyuna Dalgalı TR Açılı Probu

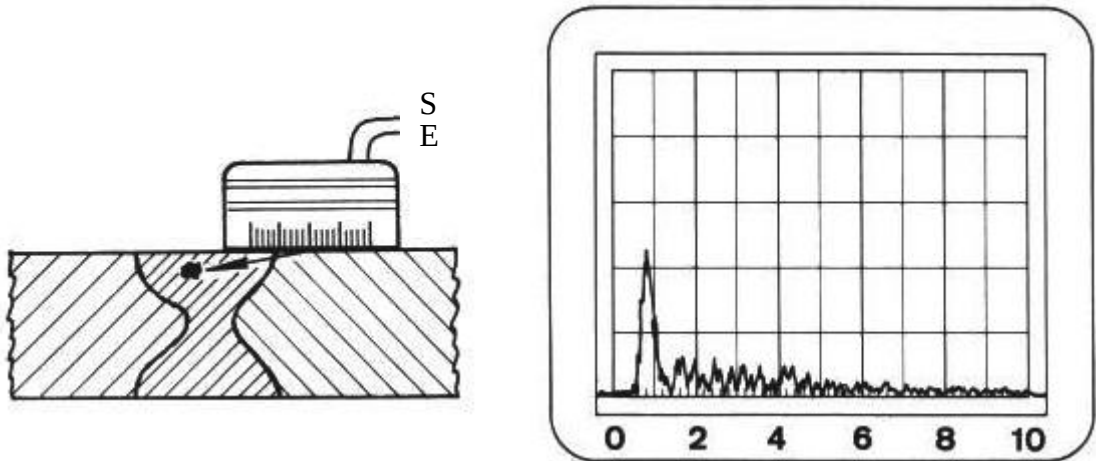
Yüzeye yakın küçük süreksizliklerin direkt olarak taraması, sönümlenmiş boyuna dalga boylu problemleri zor bir problemle karşı karşıya bırakır. (Şekil 4.47)



Şekil 4.47 Normal Sönümlü Boyuna Dalgalı Açılı Br Proben Zayıf Yakın Alan Ayırma Gücü

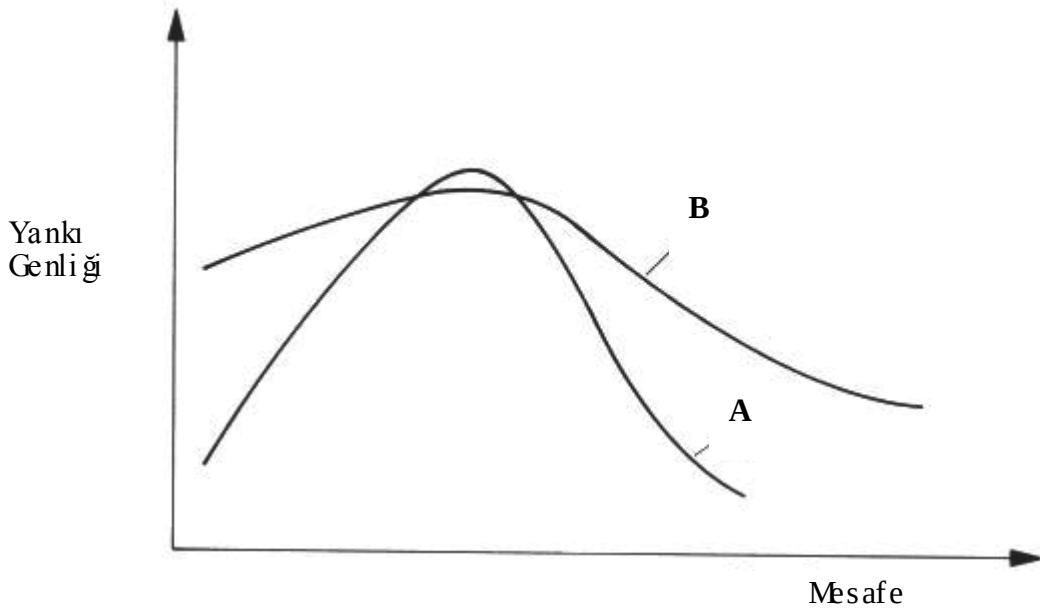
Genellikle bu problemin yakın alan ayırma gücü, hem yankı genliği değerlendirilmesine, hem de iyi hata dedekte edilebilirliğe gelince çok yüksek talepleri karşılamaz. Bu nedenle böyle süreksizlikleri yani yüzeye yakın olanları boyuna dalgalı TR problemlerle taramak doğaldır.

Şüphesiz aynı yakın olan ayırma gücü, dik olarak taraman TR problemlerden beklendiği gibi boyuna dalgalı TR açılı problemlerinden de beklenebilir. Ancak bu problemlerin yakın yüzey süreksizliğinden aldıkları CRT (Katod ışını tüpü) ekran göstergesi alışlagelmedik bir düşük karışma seviyesi gibi göstermektedir. (Şekil 4.48)

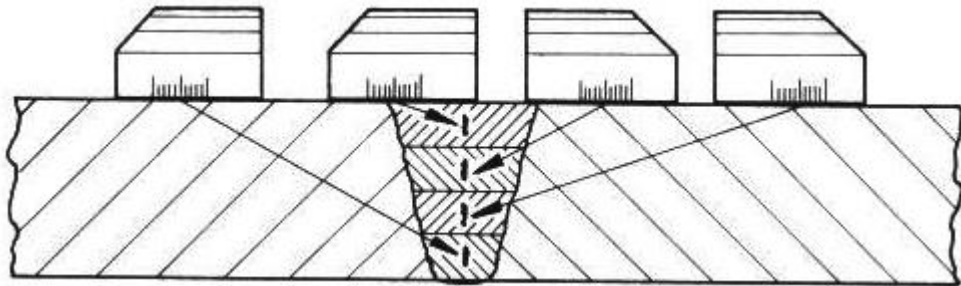


Şekil 4.48 Boyuna Dalgalı TR Açılı Probenun Daha İyi Yakın Alan Ayırma Gücü

Bu durum butür problemlerin hassasiyet eğrisinden ileri geliyor. (Şekil 4.49) Boyuna dalgalı açılı problemlerin aksine küçük uzaklık değerlerinde çok keskin bir düşüş gösteriyor. Örneğin sadece karışma yankıları daha düşük bir genlikli görünmüyor. Aynı zamanda süreksizliklerden gelen yankılar da düşük genliklidir. Yine de başarılı olmaları bu problemlerin doğru olduğunu ispatlamıştır. Hiç şüphe yoktur ki boyuna dalgalı TR açılı problemleri, kaynağın ve geçiş bölgelerinin bütün kesitinin testi için kullanılmışlardır. (Şekil 4.50)



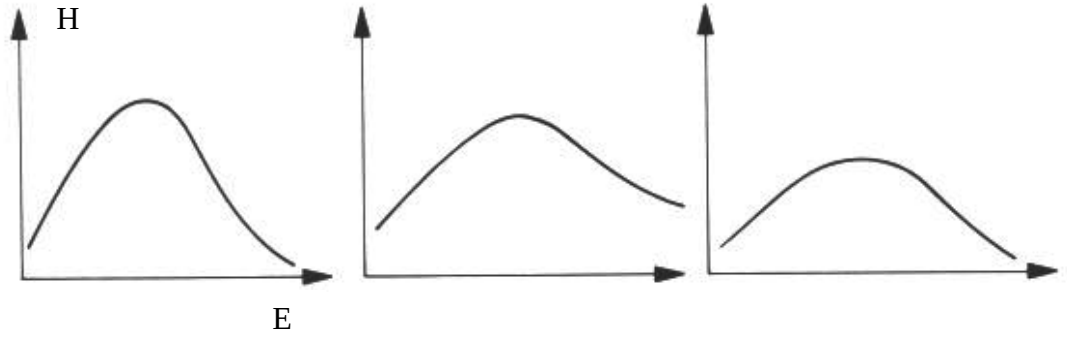
Şekil 4.49 Hassasiyet eğrileri
A=Boyuna dalgalı TR açılı probu
B=Boyuna dalgalı açılı prob



Şekil 4.50 Boyuna Dalgalı TR Açılı Problemlerin Kullanırken Kalın Bir Kaynağın 4 Test Alanına Bölünmesi

Ancak odaksal alandaki sesin keskin konsantrasyonu, farklı derinliklerdeki test alanları için farklı odak uzaklıklarına bu problemlardan birkaçının kullanılmasını mecbur kılar.

Boyuna dalgalı TR açılı probleminin bir başka dezavantajı ise kavisli yüzeylere göre, ses deteti karakteristikiğinde güçlü değişimler olmasıdır. (Şekil 4.51)

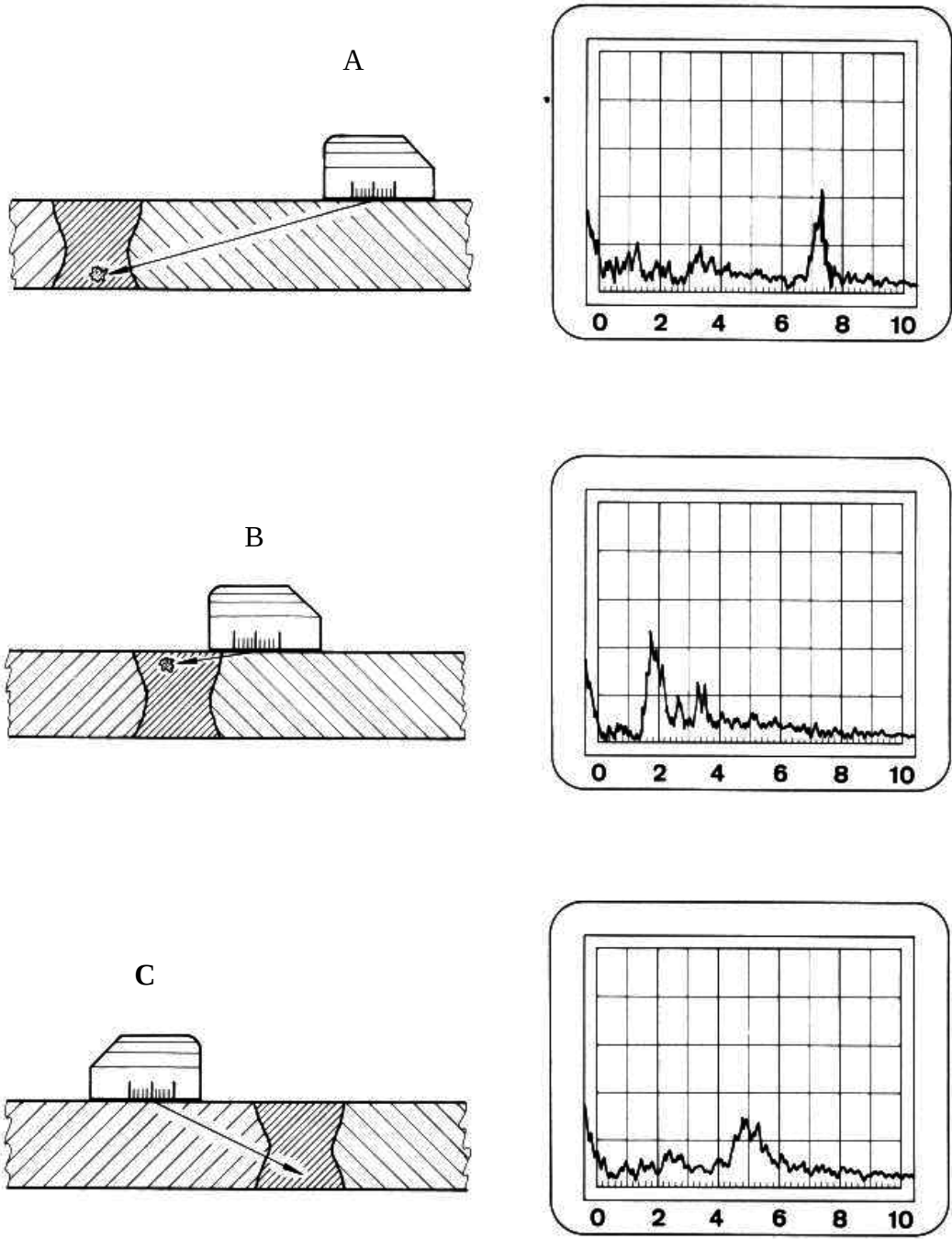


Şekil 4.51 Farklı Eğik Yüzeylerde Boyuna Dalgalı Açılı Bir Probun Adaptasyonunda Hassasiyet eğrisindeki Değişim
H=Yankı Genliği , E=Mesafe

Onun için kavisli yüzeylere sahip test numuneleri için, optimal test etme şartlarını sürdürülmesi amacıyla özel tasarımı problemler yapılmak zorundadır.

4.10. Görünüşte Olan Belirtiler

Bunlar bazı ultrason testçilerinin istifasının temel nedeni dir. Ultrason hata algılama cihazı kalibre edildikten ve düzgün ayarlandıktan sonra, test sırasında CRT ekranı sanki hata yankısı varmış gibi sinyal verir. Ama gerçekte böyle bir şey yoktur. (Şekil 4.52)

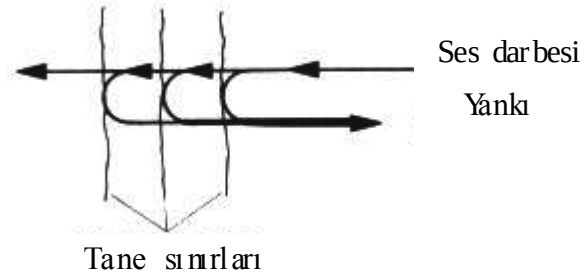


Şekil 4.52 A ve B Durumunda Taramada Süreksizliklerden Gelen Yankılar , C durumunda Taramada İse “Cörünüşte Olan Belirti”

Kaynak parçalara ayrılrsa bile hiçbir şey görünmez. Kaynak ayırıcı da alışıl madık bir yapı modelini açığa çıkarır. Peki bu çeşit bir sinyal belirtisine sebep olan nedir?

Enine bir dalgayla test edildiğinde kısmen meydana gelebilir. Fakat iri taneli malzeme için bu tip dalga kullanılması tavsiye edilmez. İlk başlarda boyuna dalgalar böyle görünüşte olan belirtiler üretti ve bu belirtiler uzmanlara gösterildi.

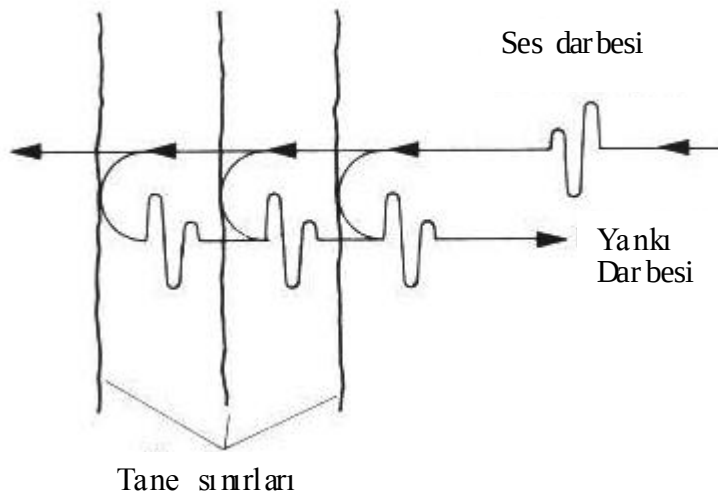
Sonunda esas neden bulundu: “Östenitik yapının içindeki bitişik tane sınırı yankılarının girişi”. (Şekil 4.53)



Şekil 4.53 Birkaç Tane Sınırı Yankısının Birbiri Üzerine Binerek Toplanması

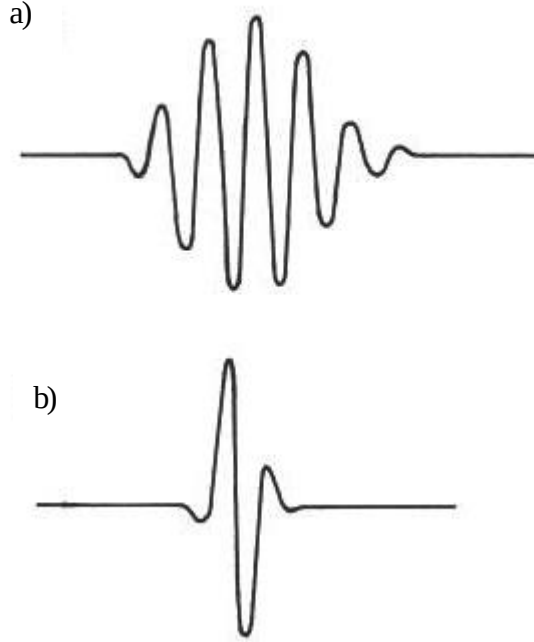
Yankı darbeleri yeterli boyda ise o zaman birkaç kısım genlik bir hata yankısı meydana getirmek için birleşirler.

Bu varsayımın doğrulanması ve bahsettiğimiz karışık olayın eş zamanlı yok olması kısa darbeli yüksek sönümlü boyuna dalgalı problemler tarafından sağlandı. (Şekil 4.54)



Şekil 4.54 Yeterince Kısa Yankı Darbeleriyle Birbiri Üzerine Binmenin Önlenmesi

Bu kısa ses darbeleri, malzeme yapısı nedeniyle karışma yankılarından kaynaklanan görünüşte olan belirtilerin oluşma olasılığını düşürür. (Şekil 4.55)

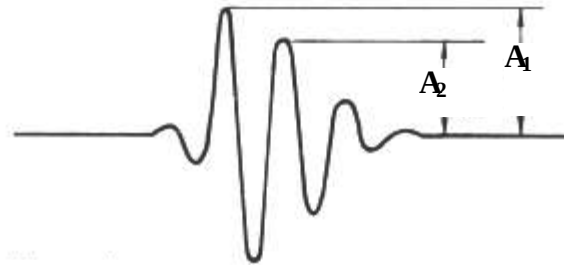


Şekil 4.55 Karşılaştırma
a) Normal Sönümlenmeli Prob
b) Yüksek Sönümlenmeli Prob

Bildiği kadarıyla kullanıldıklarından beri göze batacak kadar hiçbir hatası görülmedi.

4.11. Yüksek Sönümlenmeli Problar

Yüksek sönümlenmeli problar uzun bir süredir kullanılmaktadırlar. Bunlar yeni parçaların ci dar kalınlıklarının ölçülmesinde kullanılırlar. Uzun bir süre, açılı problardan dolayı hiçbir gereksinimleri olmadı. Ancak ostenitik kaynakların test problemini çözme ihtiyacı duyulduğunda, başlangıçta üreticiler bunları gerektiği gibi kaliteli yapmadılar. İstenen kalite özellikleri ise; tutarlı bir yüksek sönümlenme faktörü ve çok iyi bir yakın alan ayırma gücüdür. İkinci özellik birincisi ile bağlantılıdır. (Şekil 4.56)

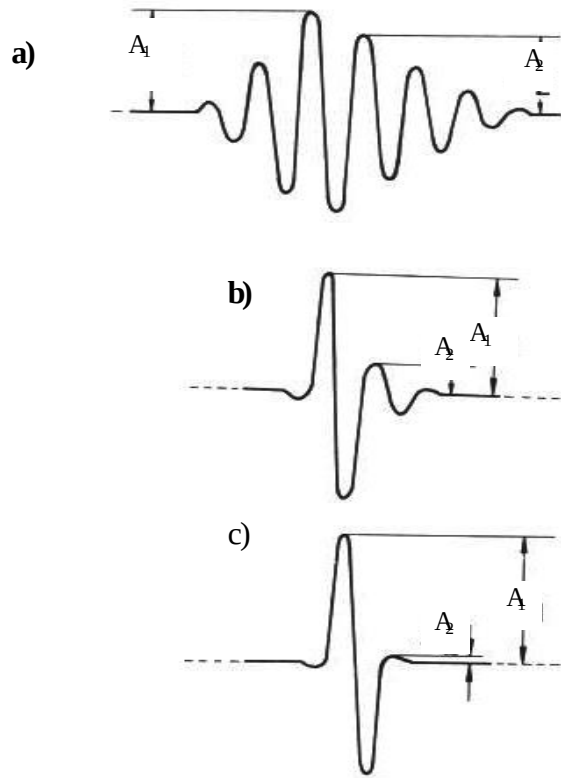


Şekil 4.56 Bir Ses Darbesinin Sönümleme Faktörü

Sönümleme faktörü, en yüksek salınımın genlik (A_1) ile bir sonraki salınımın (A_2) genliğinden oluşur.

$$d = \frac{A_1}{A_2} \quad (4.3)$$

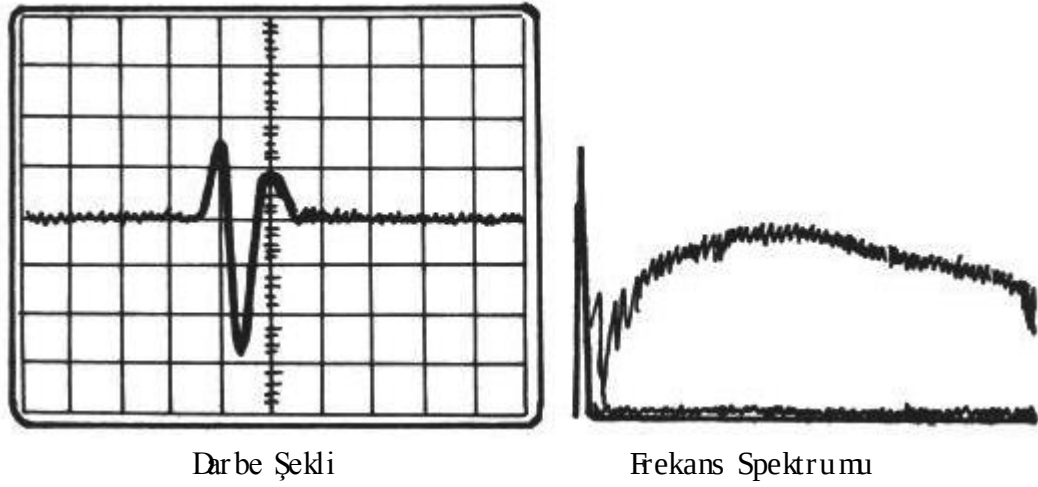
Sönümleme faktörü 'd' ne kadar büyük olursa salınımın yavaş yavaş azalır ve darbeler kısalmır. (Şekil 4.57)



Şekil 4.57 Farklı Dereceli Sönümlemeli Salınımlar

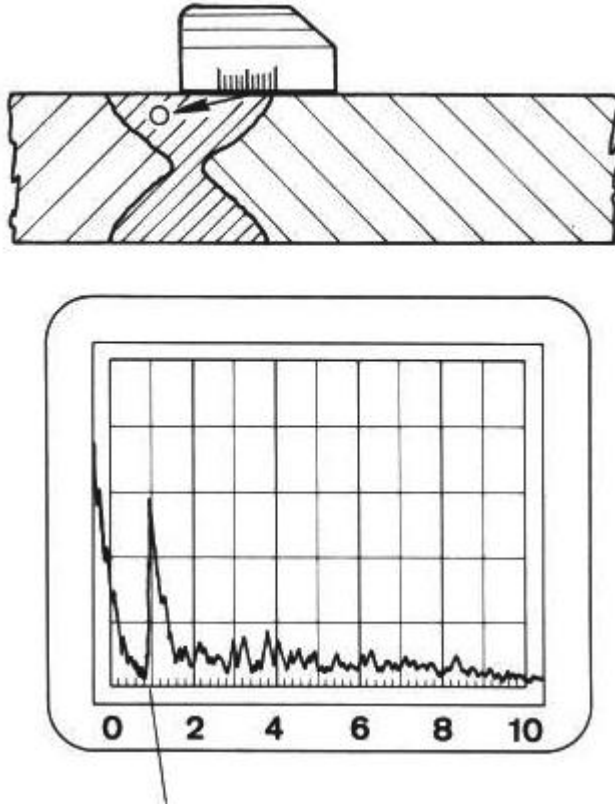
a) $d=3$ b) $d=4$ c) $d>10$

İki faktörün (sönümleme faktörü ve yakın alan ayırma gücü) temel olarak öğrenilmesi ve geliştirilmesi iki yıl aldı. Bu süre zarfında çok çeşitli ostentik problemler üretilmiş ve test için kullanıldı. Ama hiçbirisi tatmin etmedi. Bu problemlerden tatmin olunamamasının sebeplerinden biri de ostentik kaynakların test edilebilirliği ile ilişkin çok farklı fikirlerin ortaya çıkması idi. Bu sırada iyi ostent problemleri, hem boyuna dalgalı açılı problemler hem de boyuna dalgalı TR açılı problemler yapıldı. Gereken durumlarda her problem için ayrı ayrı verilen problem sertifikalarının yardımıyla bu problemlerin kalitelerine dair bilgi edinebiliriz. (Şekil 4.58)



Şekil 4.58 Bir Problem Sertifikasının Özeti

Boyuna dalgalı açılı problemleri sadece iyi sinyal-gürültü oranları ile değil aynı zamanda olağanüstü yakın yüzey süreksizlerini algılamaları ile de takdir edilirler. (Şekil 4.59)

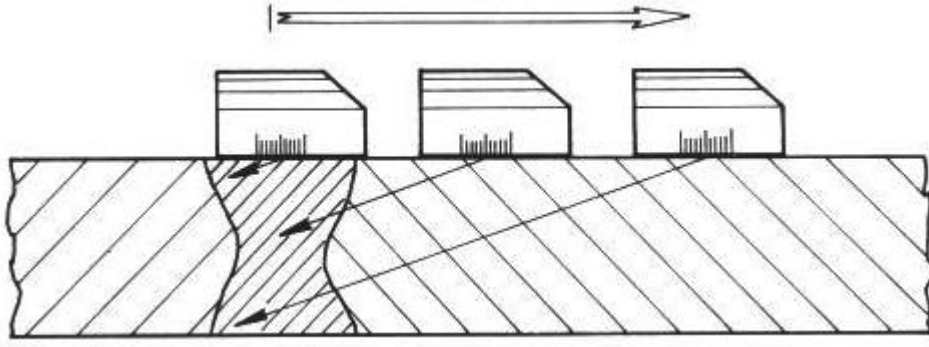


Deli kt en gelen yankı

Şekil 4.59 Yüksek Sönümlü Boyuna Dalgalı Açılı Problemin İyi Yakın Alan Ayırma Gücü

Ostenitik kaynak yapılarındaki yakın yüzey süreksizliklerini dedekte edebilme için boyuna dalgalı TR açılı problemleri kullanırken de, yeni boyuna dalgalı açılı problemlerden kullanırken de böyle bir süreksizlikten aynı iyi bir dedekte edilebilirliği bekleriz. Fakat şunu eklemek gerekir ki boyuna dalgalı açılı problemlerin boyuna dalgalı TR açılı problemleri kadar kısa duyarlılık mesafesi yoktur.

Kalın kaynaklı bölgeyi tek bir boyuna dalgalı proba test edebilme mümkündür. Fakat boyuna dalgalı TR açılı proba butesti yaparken 3 veya 4 adet gerekir. (Şekil 4.60) Aynı zamanda boyuna dalgalı açılı bir probu kaynağın ötesine doğru bir ileri bir geri hareket ettirerekte kullanabiliriz.

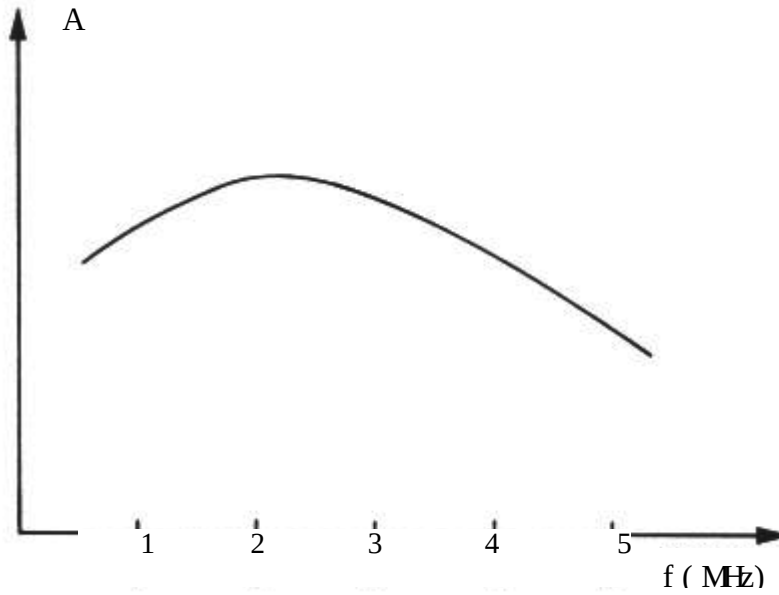


Şekil 4.60 Sadece Bir Boyuna Dalgalı Açılı Proba Kalın Bir Kaynağın Testi

Doğal olarak ostenit problemleri, her hata dedektörü ile optimal sonuçları vermez. En iyi sinyal-gürültü oranı en uygun ultrasonik hata dedektörü ile elde edilebilir.

Ghaz, kazanç seçicili olmalıdır. Bununla birlikte frekansların üst sınırlanmaları, orjinal olarak kabul edildiği gibi esas rolü oynamaz. Ana sebebi düşük frekansların çok fazla ayrılmasıdır. 2 MHz frekans kullanarak ostenit proba test yaparken 0,5 MHz'in altına inmek gerekir. (Frekans kontrolünün 0,5-2,5 MHz arasında ayarlanması)

Bu hususta ostenit problemlerinin nispeten geniş bir frekans spektrumuna sahip ses darbelerini yayması önemlidir. (Şekil 4.61)



Şekil 4.61 2 MHz Otataband Frekanslı Yüksek Sönümlenmeli Boyuna Dalgalı Açılı Proben Frekans Spektrumu
(A = Salınım genliği)

Prob üzerinde verilen yankı frekansı, frekans bandı içerisinde ortalama frekans (orta band frekansı) olarak alınır. Ses darbelerinin olumsuz bir bozulmasından kaçınmak için iri taneli yapıdan geçerken, orta band frekansı yeterince düşük ayarlamak gerekir. 2 MHz orta band frekans nadiren de 4 MHz frekans, testi yapılan nükleer reaktör parçalarının ostenitik kaynaklı bağlantılarında çok uygun olduklarını göstermişlerdir. Deneyler vasıtasıyla en uygun ostenit probu tespit edilebilme ihtimalimiz yoksa, o zaman daha büyük boyutlu 2 MHz'lik boyuna dalgalı açılı prob, 15 mm veya daha büyük cidar kalınlıkları için tavsiye edilir. Daha küçük cidar kalınlıkları için 4 MHz'lik prob daha uygundur.

4.12. Kaynak Felsefesi

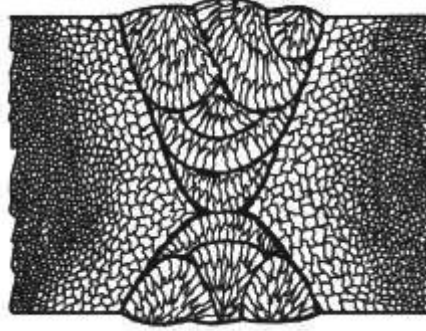
Ostenitik kaynaklar üzerine, kaynak teknolojisi olsun, metalurjisi olsun, metalografisi olsun eksik bilgilerle bilgilendirme yapmak ultrasonik test uzmanları için bir küstahlıktır.

Fakat yakın zamanda ostenitik kaynakların testini yapmak zorunda kalan bütün ultrasonik testçileri benzer bir sorunla yüz yüzelere. Ultrasonik darbe açısından ostenitik kaynak yapısı özelliklerini bulmak zorundalar. Ultrasonik darbe ve bu darbelerin yankılarıyla saptama yapmak gereklidir ve aynı zamanda bu, iyi ultrasonik testi uzmanları tarafından yapılmalıdır. Böyle felsefi düşünceler için başlama noktası, bu malzemeler üzerinde otoriteler tarafından tespit edildiği ve literatürde tarif edildiği gibi metalurjik ve kaynak teknolojisi gerçekleridir.

Bu temel gerçeklerden zaten bahsettik elastik anizotropi, değiştirilemeyen tane yapısı, malzemeni nişlenmesi ve tavlama işlemleriyle tanelerini inceltmesi. Bunlara ilaveten, bizi bir dizi yoruma götüren kaynaklardan toplanan test tecrübeleri vardır. Bu yorumlarının ne şekilde geliştireceği ne veya nerede gelişeceği ne katkıda bulunmak için üzerinde düşünülmesi gerekir. Şüphesiz, acilen birinin bu tecrübeye sahip olması, çok büyük bir ağırlık kaldırarak ve bu kavramı artık şekillenecektir. Çok hayali, eksik ve basit olabilir ama hiç olmazsa sistematik bir prosedürü mümkün kılar ve temel düzeltmeleri içine alır.

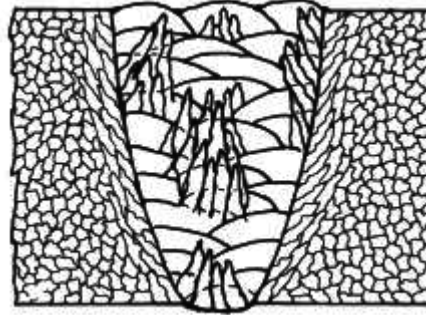
4.13 Aynı Hzada Bir Tane Yapısı

Şu bir gerçek ki ostenitik kaynaklarda tane büyümesini n kesi nli kle i stenil di ği terci hli bir yön vardır. (Şekil 4.62)



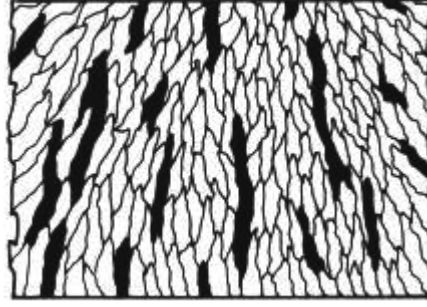
Şekil 4.62 Bir Ostenitik Kaynaktaki Kristallerin İstenilen Terci hli Yönü

Bu yön, ısı l işlemtipine ve bu işlemin uygulandı ğı yöne ba ğlıdır. Ancak bu çok pasolu kaynaklarda mevcuttur. (Şekil 4.63)



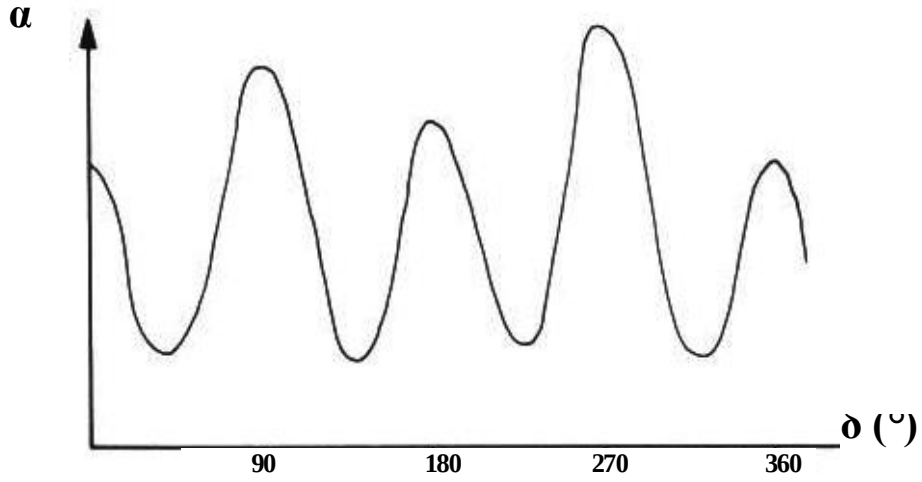
Şekil 4.63 Çok Pasolu Kaynaklarda Kristalit Terci hli Yönde Gider , Kıs men Bir kaç Pasonun İçinden

İlave olarak, bu tip bir yönl enmenin , ostenitik-ferritik tane yapılarına göre tam ostenitik kaynak yapılarında daha belirgin ol du ğu tespit edil miştir. Kristalitin böyle bir terci hli yönü ferritik kat manlarda da gör ü lür. (Şekil 4.64)



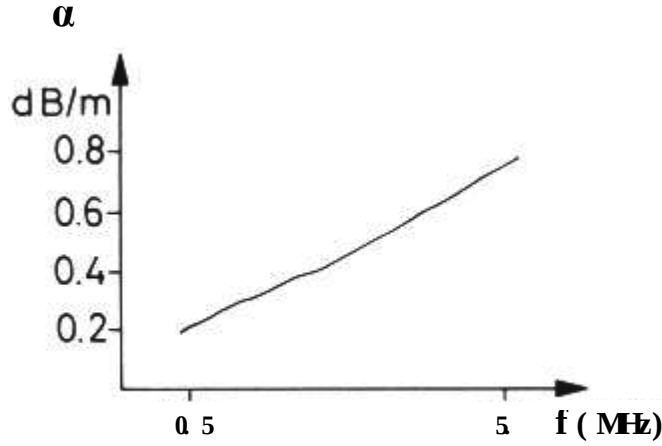
Şekil 4.64 Tercihli Yön Östenit – Ferrit Yapılarında da Görülebilir
(Siyah Bölgeler Ferrit Taneleri)

Kristaliti tercihli yönüne dayanan değişik yönlerdeki ses zayıflama ölçümleri , çok farklı zayıflama katsayıları vermiştir. (Şekil 4.65)



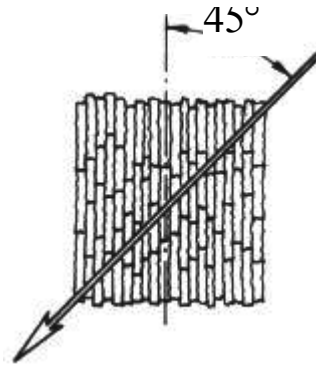
Şekil 4.65 Tane Yapısının Tercihli Yönüne Belli Bir Açıda Yapılan Tarafta En Düşük Ses Zayıflama Değerleri

Bu anlaşılabilir. Fakat yüksek ses zayıflamasının östenitik kaynak yapısında mevcut olduğu duruma göre diğer veri çelişmektedir. (Şekil 4.66)



Şekil 4.66 Tarama Yönü Verilmeden Östenitik Kaynak Yapılarında Ölçülen Ses Zayıflama Değerleri

Krautkranner şirketi ile beraber VOEST-Alpine şirketi tarafından yapılan kapsamlı ölçümler, ses zayıflamasının ve bu suretle ses saçılmasının tarama yönüne güçlü bağımlılığını ispatlamıştır. Ses zayıflamasının (ses saçılmasının) en az olduğu yön kristaliti istenilen yönüne dayanarak 45° olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.67)

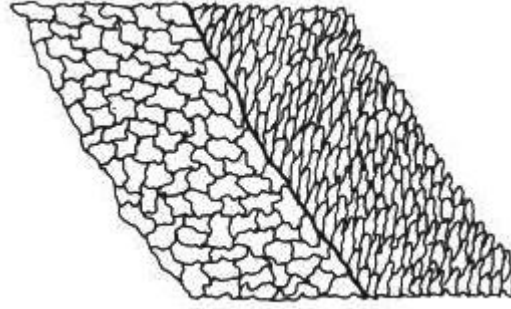


Şekil 4.67 Östenitik Kaynak Yapılarında Kristalitin Tercihli Yönüne Dayanarak 45° lik Açıda Ölçülen En Küçük Ses Zayıflama Değeri

Ondan sonra östenitik ve tam östenitik kaynaklar üzerinde yapılan farklı testler doğrulamıştır ki 45° lik kırılma açısı düşünüldüğünde, kaynak metalindeki saçılma, esas metalden daha fazladır. Şüphesiz ön şart, testin yüksek sönümlü problemlerle yapılması ve donanımına göre en iyi şartların sağlanması.

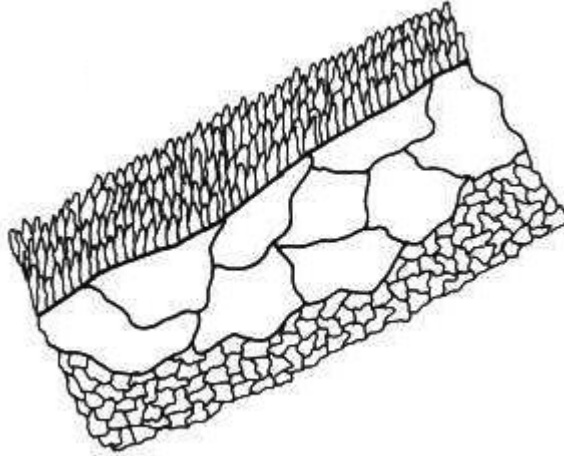
4.14 Nüfuz Edilemez Geçiş Bölgesi

Ultrasonik olarak test yaparken kaynak metali ile esas metal arasındaki geçiş bölgesinde karşı karşıya kalınan problemler için gerçek sebep olarak görülen durum hakkında bazı söylentiler vardır: Hemen her iki tane yapısının birbirine bağlandığı bölgede. (Şekil 4.68)



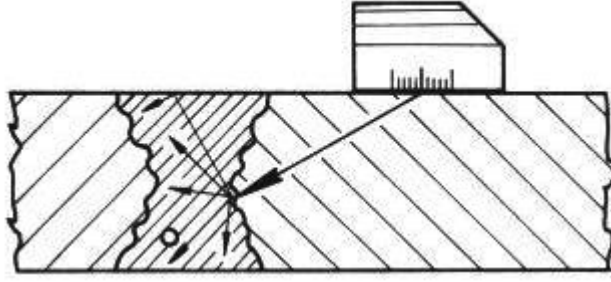
Şekil 4.68 Yakın Geçiş-Kaynak Metali/Esas Metal

Bu bölgede yani kaynak metali ile esas metal arasında (çoğunluğu şüpheli) iri tanelerden oluşan bir bölge vardır. (Şekil 4.69)



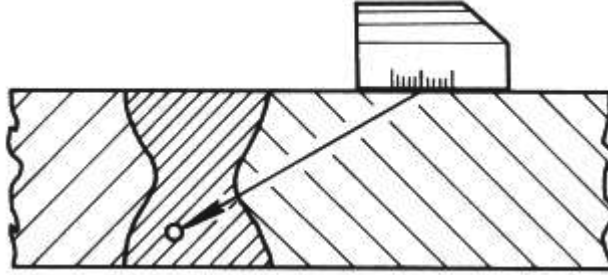
Şekil 4.69 Kaynak Metali İle Esas Metal Arasındaki İri Tane Yapısı

Bu bölgede çok yüksek ses zayıflaması veya saçılması beklenir. Tane gürültüleriyle dolu olan geçiş bölgesi sanki hatalardan gelen belirtiler gibi kendini gösterir. Şüphesiz bu gürültü yoğunluğunun nedeni yükselen bir karışma seviyesi ve hatalardan dolayı yönünü değiştiren ses dalgalarıdır. (Şekil 4.70)



Şekil 4.70 Çok Düzensiz Kaynak Nüfuziyeti Nedeniyle Ses Değeri'nin Kırılması ve Ayrılması. Bu Nedenle de Düşük Hata Algılayabilirlik veya Geçiş Bölgesinde Yüksek Ses Zayıflaması

Çok düzensiz bir nüfuziyette esas metal ile kaynak metalindeki arayüzeyde böyle bir ses değeri kırılması olabilir. Çok düzgün bir nüfuziyete sahip ostenitik kaynaklar üzerinde yapılan testler, geçiş bölgesinin sebep olduğu böyle beklenmedik olayları göstermemiştir. (Şekil 4.71)



Şekil 4.71 Nüfuziyetin Düzgün Olması Şartıyla Test Hatasının Algılanmasında Hiçbir Zorluk Yok

5. YAPILAN ÇALIŞMALAR

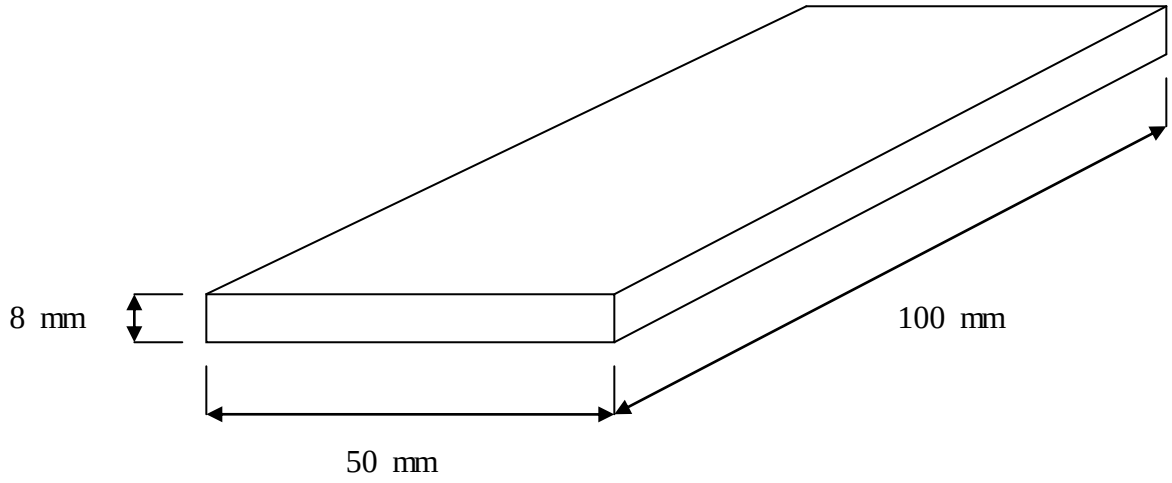
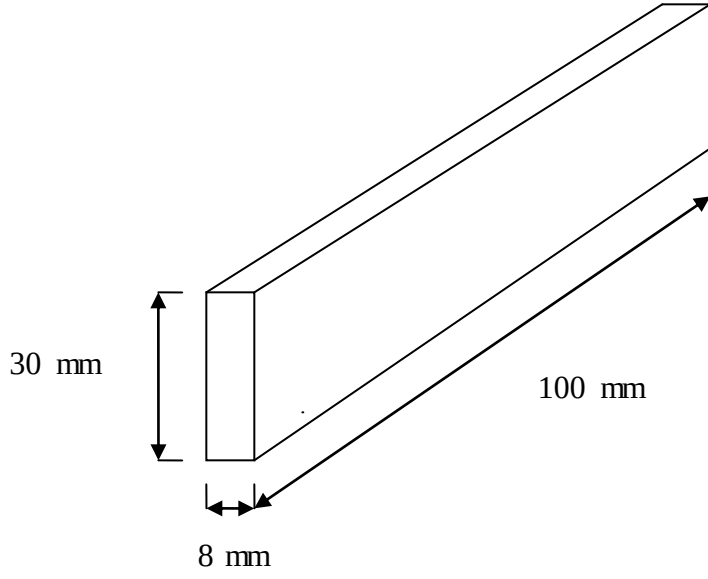
5.1. Kaynaklı Bağlantıların Hedef Edilmesi

Çalışmamızda spektrometrik analizleri (EK A) yapılmış 304 ostenitik paslanmaz çelik türü kullanılmıştır. Kaynakları ise İstanbul Tersanesi Komutanlığında TIG Kaynağı kullanılarak yapılmıştır.

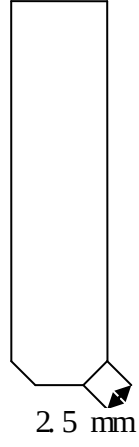
KAYNAK PROSEDÜRÜ

Kaynak İşlemi	TIG Kaynağı
Birleştirme Tipi	T Kaynak
Malzeme Kalınlığı	8 mm
İlave Metal	ER 308L
İlave Metal Boyutu	2. 4 Ø
Akım (A)	200
Gaz Akış Hızı	10 lt/dk (Argon)
Akım Tipi/ Kutuplama	DC (-)

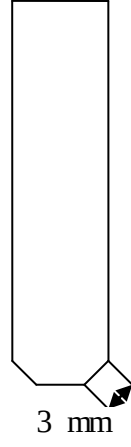
Kaynak edilecek parçalar çalışmamızın amacı doğrultusunda ağızları , 0. 5 mm artırılarak pahları kırılmıştır. Parçaların boyutları ve kaynak ağızı şekilleri aşağıda gösterilmiştir.



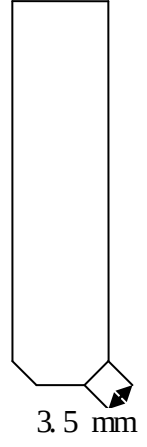
Şekil 5.1 Kaynaklı Parçaları n Boyutları



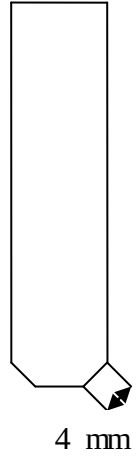
1. Üst parça



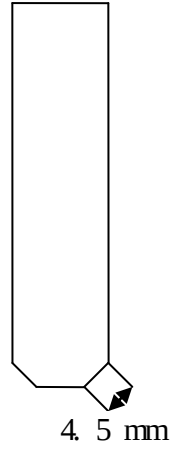
2. Üst parça



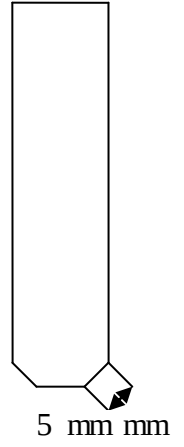
3. Üst parça



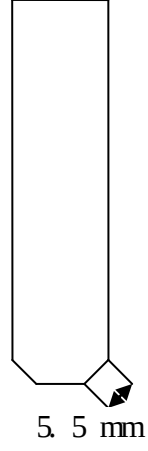
4. Üst parça



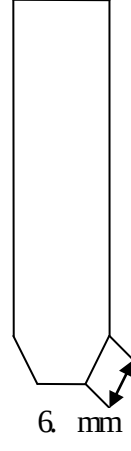
5. Üst Parça



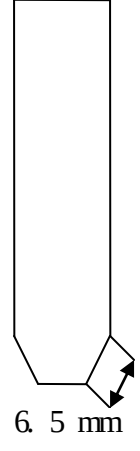
6. Üst Parça



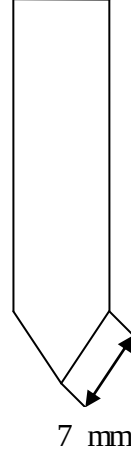
7. Üst Parça



8. Üst Parça

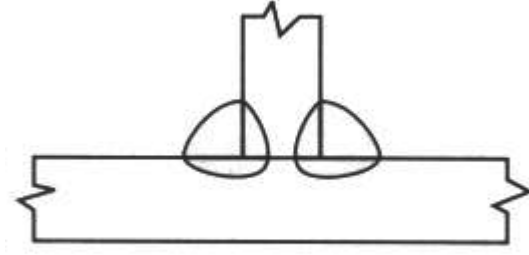


9. Üst Parça

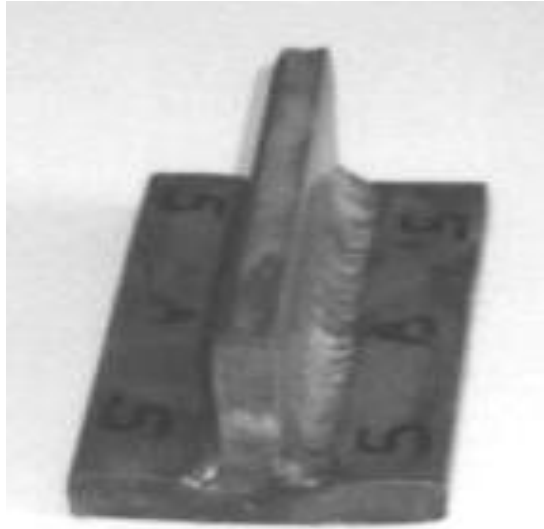


10. Üst Parça

Şekil 5.2 Kaynağı Yapılacak Üst Parçaların Kaynak Ağız Boyutları



Şekil 5.3 T Kaynağı n ın Şe matik Gösteriliş i



Şekil 5.4 Yapılan Kaynaklı Bağlantılardan Bir i

5.2 Ultrasonik Mayene

Gihaz :

Krautkramer US M25

Seri no: Y015 A3a



Şekil 5.5 Testte Kullanılan US M25 Gihazı

Kalibrasyon :

Kalibrasyon test malzemesi ile yapıldı.

Teste Alınan Veriler :

Test Alanı : 35 mm

Test Malzemesindeki Ses Hızı : 6037 m/s

Prob :

Normal Prob 4 MHz Ø10

Krautkramer MB45

Seri no: 57749-14372

Metod :

Darbe- Yankı Metodu

Tarama :

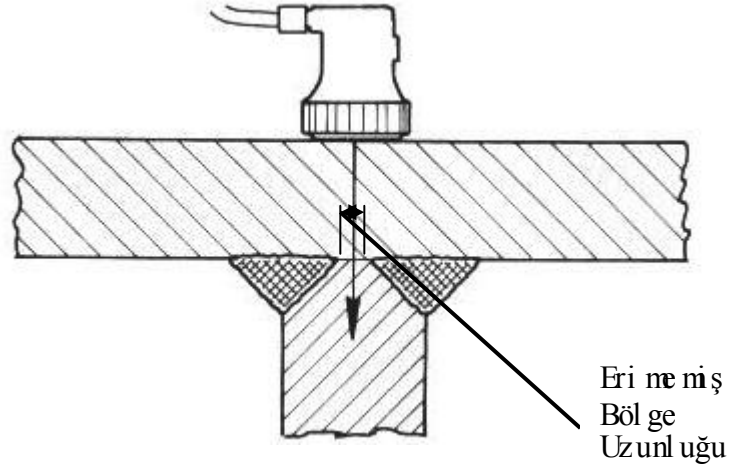
A Scan

Temas Maddesi :

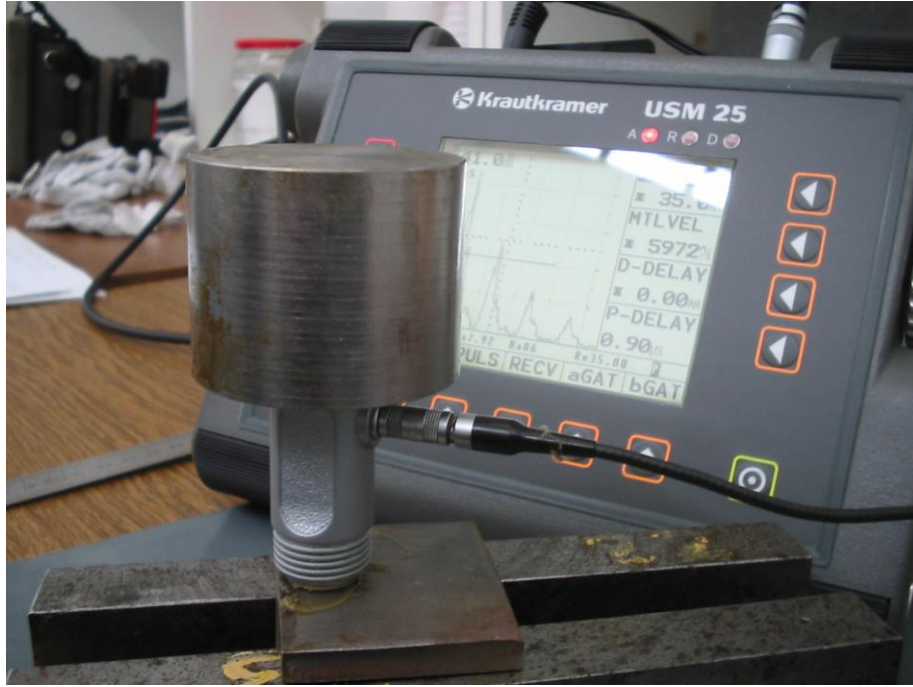
Gress Yağı , Bal

5.2.1. Uygulanışı

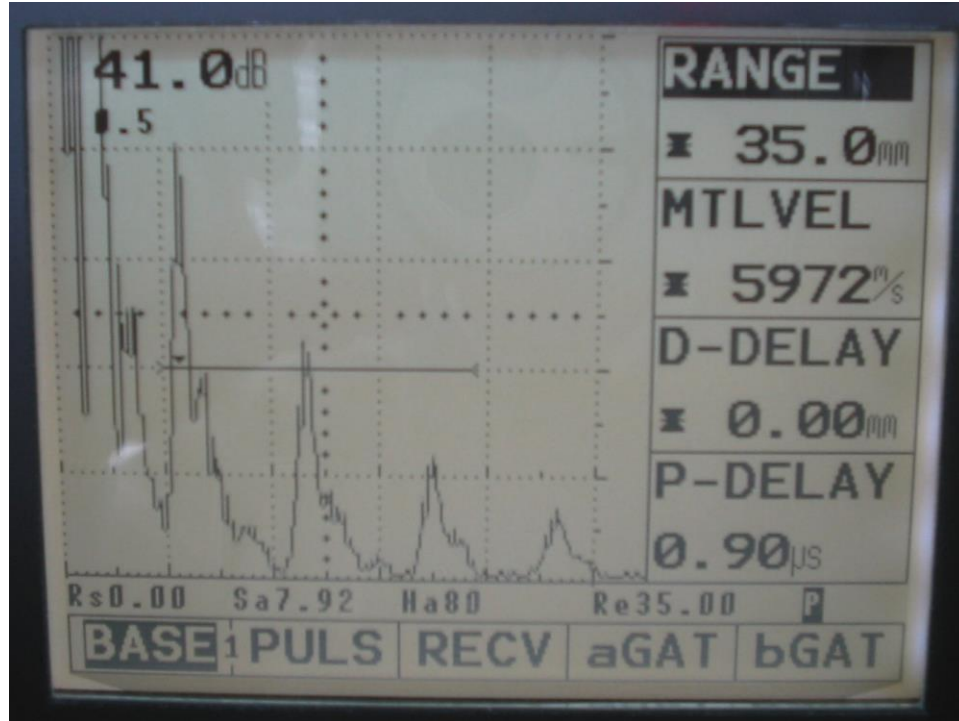
Yapılan Ultrasonik muayenede a macı mız kaynaklı mal ze neyi arkadan tarayarak , Yarı- Değer yöntemiyle eri ne miş böl genin uzunl uğunu bul nık



Şekil 5.6 Ultrasonik Testin Şematik Gösteri ni



Şekil 5.7 Kaynaklı Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Ultrasonik Muayenesi



Şekil 5.8 Erişilen Bölge Uzunluğunu Bulmak İçin Kullanılan Yarı-Değer Yönteminde Ekranın %80 Yüksekliğe Ayarlanması



Şekil 5.9 Eri meyen Bölgeden Alınan Yankı nın %40 Ekran Yüksekliği Görüntüsü

5.2.2 Elde Edilen Bulgular

Yarı-Değer yöntemiyle yapılan ultrasonik muayene sonucunda eri meyen bölge uzunlukları aşağıdaki şekilde bulunmuştur:

Tablo 5.1. Ultrasonik Muayene Sonucunda Eri nemi Ő Böl ge Uzunlukları

Parça No	Ultrasonik Test Eri nemi Ő Böl ge Uzunlukları
1	6.3 mm
2	6 mm
3	6 mm
4	4.5mm
5	5 mm
6	4.5 mm
7	4.1 mm
8	4.3 mm
9	3.1 mm
10	2.5 mm

5.3 Tahribatlı Muayene

Kaynaklı österitik paslanmaz çeliklerin tahribatlı muayeneleri , ultrasonik muayenelerin doğruluğunu ispatlamak ve karşılaştırmak için yapılmıştır.

5.3.1 Uygulanışı

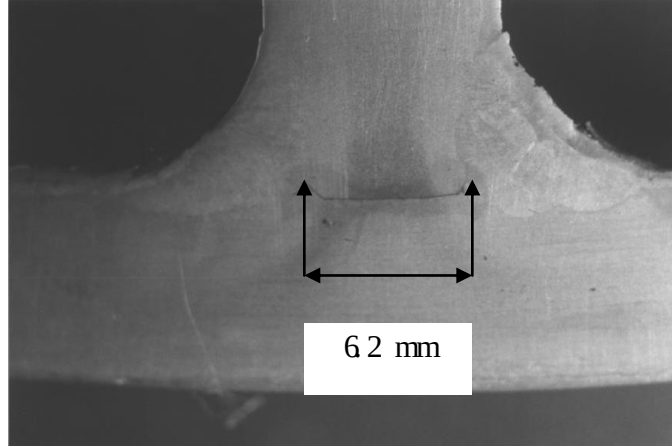
Tahribatlı muayene işlemi için kaynaklı parçalar ilk olarak muayenenin doğruluğu açısından enine orta noktalarından kesilmiş , daha sonra erime bölgelerinin görülmesi ve bu bölgelerin uzunluklarının ölçülmesi için kaynak ayırıcı ile dağıtılmışlardır.

Kaynak Ayırıcının Bileşimi :

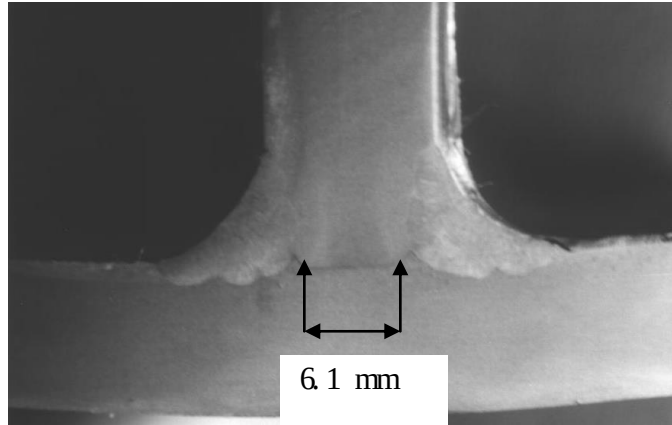
50 ml HCL , 10 gr CuSO₄ , 50 ml H₂O

5.3.2 H de Edilen Bulgular

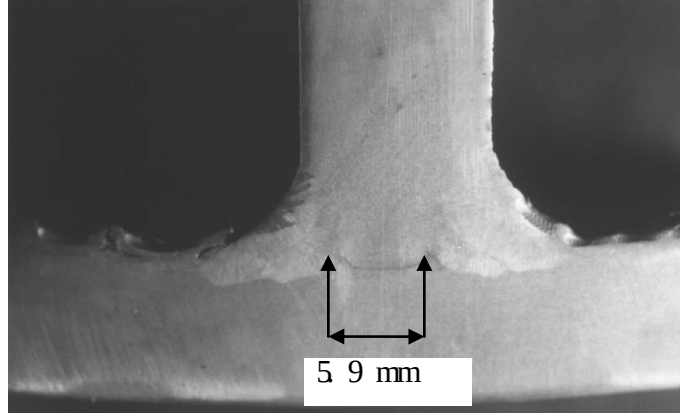
Uygulanılan kaynak ayırıcı sonucunda , kaynaklı bağlantıların eri me bölgeleri ve eri meyen böl gel eri n uzul ukları aşağıdaki şekilde ortaya çıkmıştır :



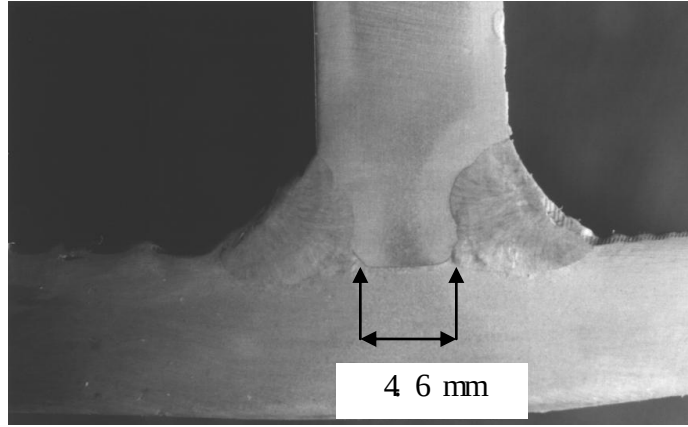
Şekil 5.10 1 Nö l u Par ça' nı n M i k r o s k o b i k F o t o ğ r a f ı



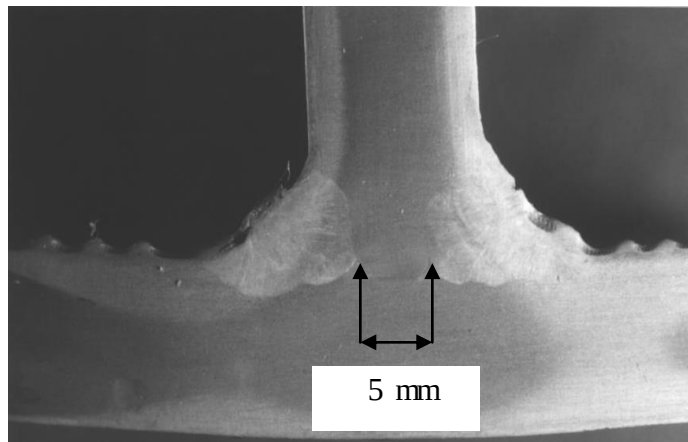
Şekil 5.11 2 Nö l u Par ça' nı n M i k r o s k o b i k F o t o ğ r a f ı



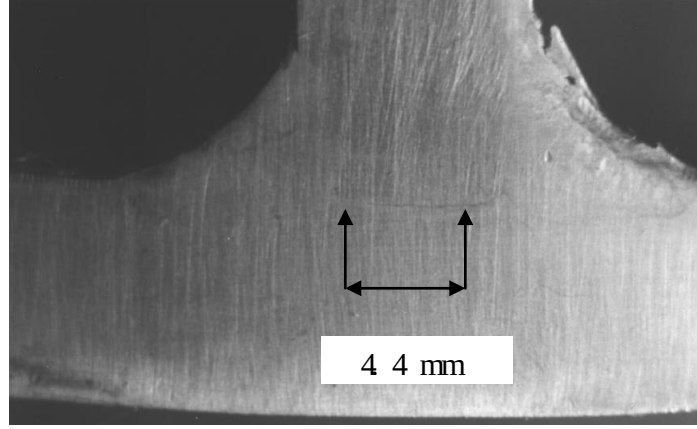
Şekil 5.12 3 Nö l u Parça'n ı n M i k r o s k o b i k F o t o ğ r a f ı



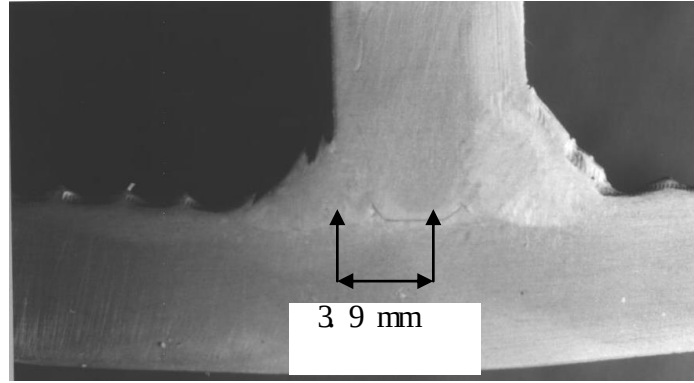
Şekil 5.13 4 Nö l u Parça'n ı n M i k r o s k o b i k F o t o ğ r a f ı



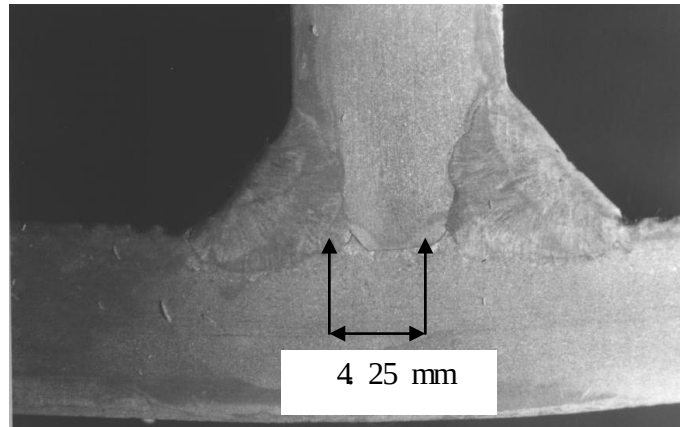
Şekil 5.14 5 Nö l u Parça'n ı n M i k r o s k o b i k F o t o ğ r a f ı



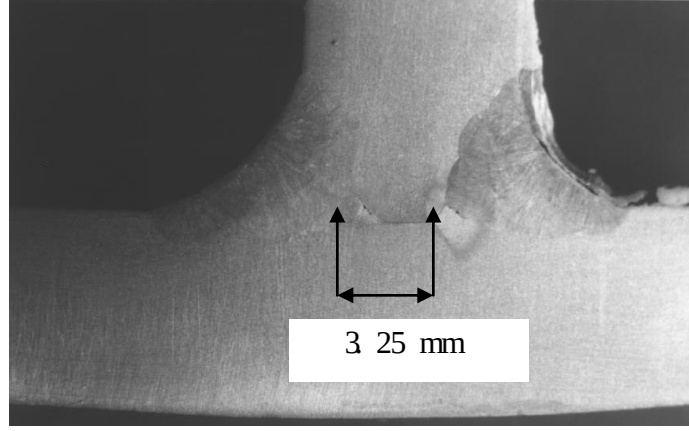
Şekil 5.15 6 Nolu Parça'nın Mikroskopik Fotoğrafı



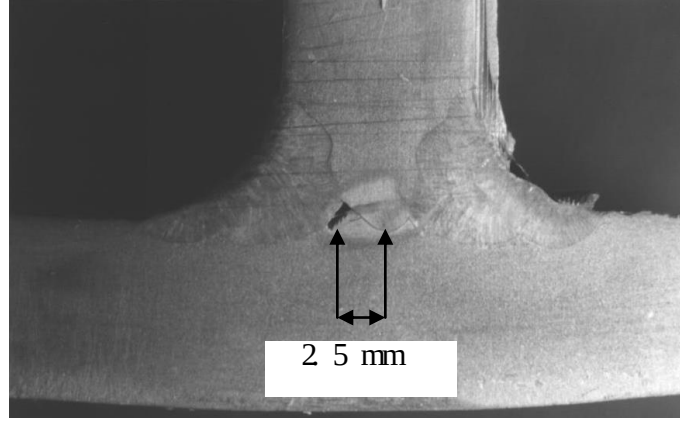
Şekil 5.16 7 Nolu Parça'nın Mikroskopik Fotoğrafı



Şekil 5.17 8 Nolu Parça'nın Mikroskopik Fotoğrafı



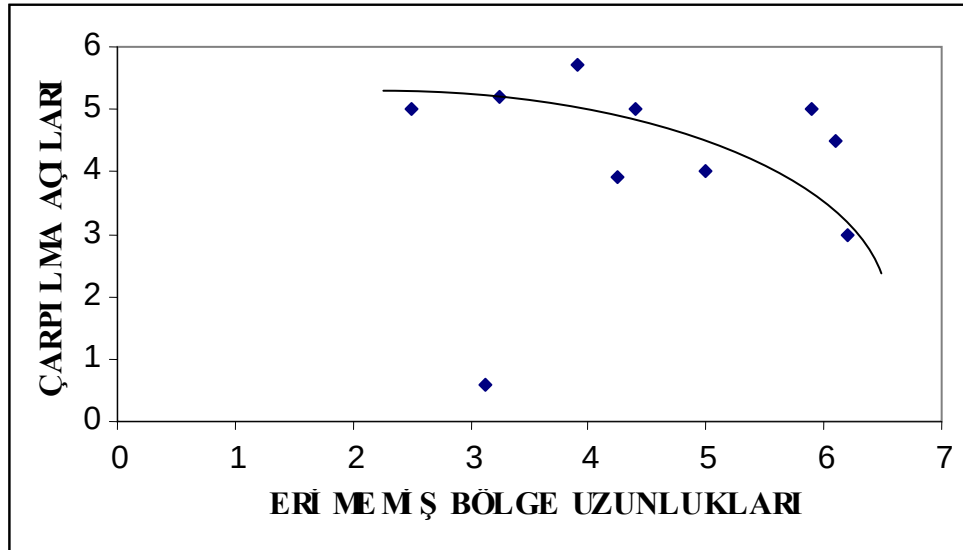
Şekil 5.18 9 Nolu Parça'nın Mikroskopik Fotoğrafı



Şekil 5.19 10 Nolu Parça'nın Mikroskopik Fotoğrafı

Tablo 5.2 Kaynaklı Bağlantıların Eri me ni ş Böl ge Uzunlukları ve Çarpıl ma Aç ıları

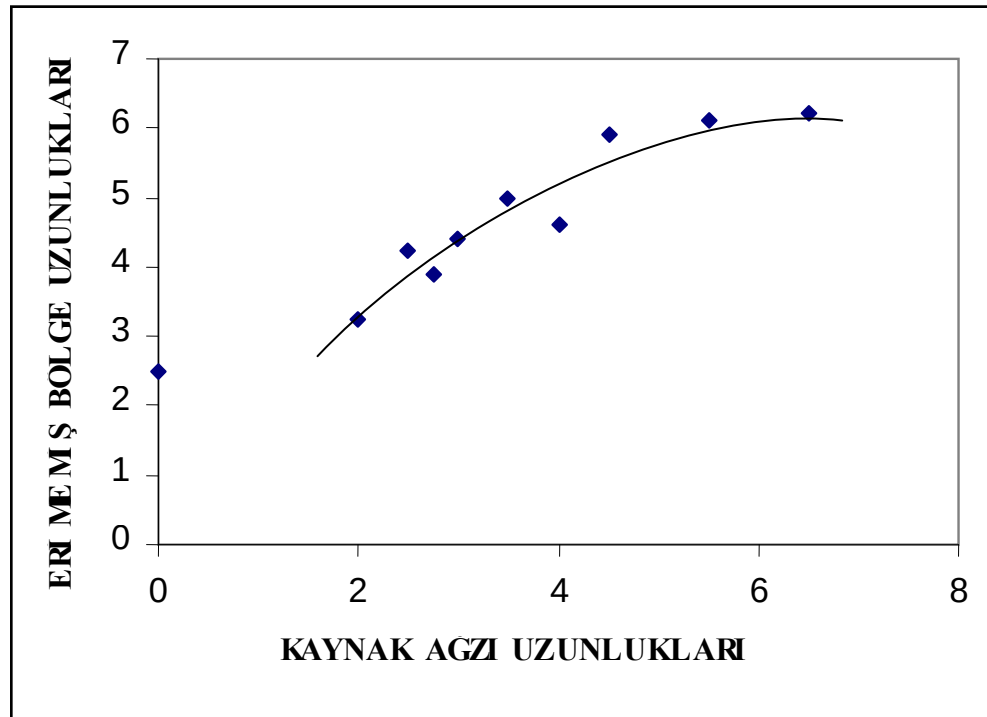
Parça No	Eri me ni ş Böl ge Uzunlukları	Çarpıl ma Aç ıları
1. Parça	6.2 mm	3°
2. Parça	6.1 mm	4.5°
3. Parça	5.9 mm	5°
4. Parça	4.6 mm	5.1°
5. Parça	5 mm	4°
6. Parça	4.4 mm	5°
7. Parça	3.9 mm	5.7°
8. Parça	4.25 mm	3.9°
9. Parça	3.25 mm	5.2°
10. Parça	2.5 mm	5°



Şekil 5.20 Eri me ni ş Böl ge Uzunlukları İle Çarpıl ma Aç ıları Eğri si

Tablo 5.3. Kaynak Ağzı Uzunlukları ve Kaynaktan Sonraki Eri me ni ş Böl ge Uzunlukları

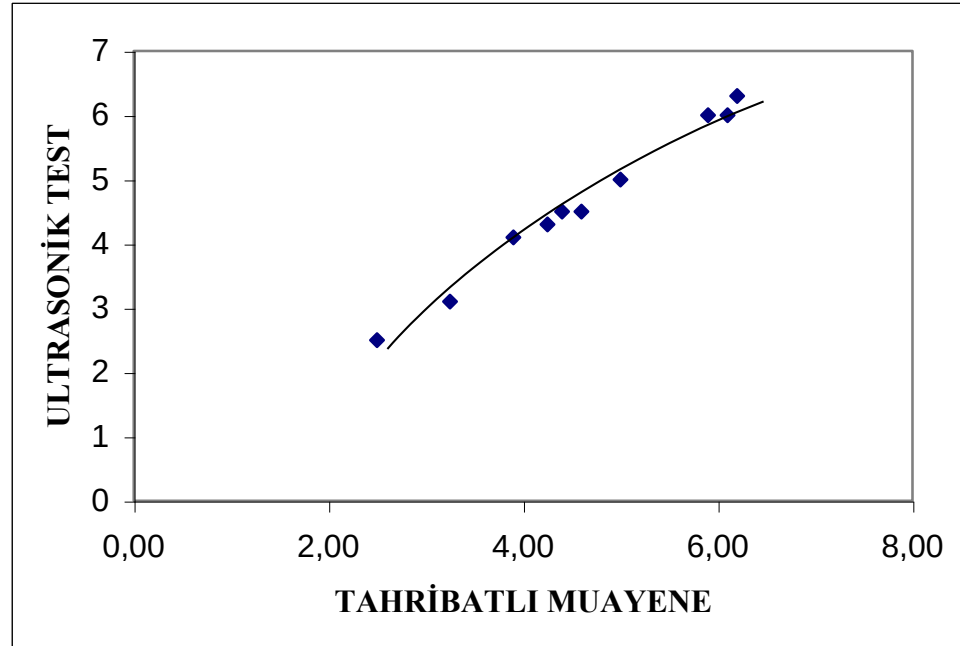
Parça No	Kaynak Ağzı Uzunlukları	Eri me ni ş Böl ge Uzunlukları
1. Parça	6.5 mm	6.2 mm
2. Parça	5.5 mm	6.1 mm
3. Parça	4.5 mm	5.9 mm
4. Parça	4 mm	4.6 mm
5. Parça	3.5 mm	5 mm
6. Parça	3 mm	4.4 mm
7. Parça	2.75 mm	3.9 mm
8. Parça	2.5 mm	4.25 mm
9. Parça	2 mm	3.25 mm
10. Parça	0 mm	2.5 mm



Şekil 5.21 Kaynak Ağzı Uzunlukları İle Eri me ni ş Böl ge Uzunlukları Eğrisi

Tablo 5.4 Ultrasonik Test Sonuçları İle Tahribatlı Muayene Sonuçlarının Karşılaştırılması.

Parça No	Tahribatlı Muayene Erişmiş Bölge Uzunlukları	Ultrasonik Test Erişmiş Bölge Uzunlukları
1. Parça	6.2 mm	6.3 mm
2. Parça	6.1 mm	6 mm
3. Parça	5.9 mm	6 mm
4. Parça	4.6 mm	4.5mm
5. Parça	5 mm	5 mm
6. Parça	4.4 mm	4.5 mm
7. Parça	3.9 mm	4.1 mm
8. Parça	4.25 mm	4.3 mm
9. Parça	3.25 mm	3.1 mm
10. Parça	2.5 mm	2.5 mm



Şekil 5.22 Ultrasonik Test Sonuçları İle Tahribatlı Muayene Sonuçlarının Karşılaştırma Eğrisi

5.4 Bulguların Yorumlanması

Yapılan tahribatlı muayene sonucunda ultrasonik muayene sonuçlarıyla yakın değerler bulundu. Fakat bazı değerler ise tam bulundu. Farklı değerler çıkmasının sebepleri, tane irileşmesi ve anizotropi nedeniyle ultrasonik dalgaların saçılması ve yön değiştirilmesi ve parçada oluşan çarpılmalar nedeniyle test sırasında probun parça yüzeyine yerleştirilememesi bu yüzden de diğer bölgelerde muayene yapılması nedeniyledir. Isı iletim katsayılarının özellikle ostenitik paslanmaz çeliklerde çok düşük olması bu gibi sorunları meydana getirmektedir. Probun parça yüzeyine tam oturması gerek ve şarttır. Tam oturması için ki ni zaman bu testlerde de yapıldığı gibi gress yağı yerine bal gibi probu parça yüzeyine yapıştıracak viskozitesi düşük sıvılar kullanılmalıdır.

6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kaynaklı ostenitik paslanmaz çeliklerin ultrasonik muayenesi gerçekten zor olan bilgi ve deneyi misteyen malzemelerdir. Fakat işiniz malzeme yapısını ve özelliklerini değiştirmek olmadığına göre, optimum alet ve test parametrelerini seçebilmek için malzeme hakkında detaylı bilgilere sahip olmak gerekmektedir.

Çok zor olduğu sürece kalibrasyonlar testi yapılacak parça üzerinde olmalıdır. Özellikle ostenitik paslanmaz çelikler için üretilmiş olan problemler kullanılmalıdır. Düşük ısı iletim katsayıları nedeniyle ostenitik paslanmaz çeliklerin sorunlarından biri olan çarpılmalar, problemleri parça yüzeyine oturtmasını engellemekte, zaman kaybına neden olmaktadır. Bu gibi durumlarda katıya yakın sıvılar kullanılmalıdır.

Ostenitik paslanmaz çeliklerin testi için yüksek sönümlenmeli normal problemler tercih edilmelidir. Boyuna dalgalar yerine dalgalara nazaran iki kat hızlı gittiklerinden ve de empedans farklılıklarından daha az etkilendiklerinden ostenitik paslanmaz çeliklerin testinde bu dalgaları üreten problemler tercih edilmelidir.

Olması mümkün olan hatalar dikkatli olarak taranmalıdır. Aksi takdirde uygun açılarda olmayan taramalar ses demetinin yön değiştirmesine bundan dolayı da ses saçılmasına, ses zayıflamasına ve hata algılanmamasına sebep olacaktır.

Mümkün olduğunca 2 veya 4 MHz frekanslı problemler kullanılmalıdır. Daha büyük frekanslı problemler dalga boyunun küçülmesine böylece ses saçılmasına neden olmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Eki nci, Ş Yıldı rı n m A Sarı ça m S,** 2001. Ultrasonik Test ÇNAEM.
- [2] **Olabaşı, C,** 2002 Paslanmaz Çelikler Askaynak
- [3] **Kraut kra ner, J. Kraut kra ner, H,** 1981. Ultrasonic testing of materials, 2nd Edition, Springer Verlag, Berlin
- [4] **An k S An k S Vural, M,** 2000. 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi, Birsen yayı nevi İstanbul.
- [5] **Özden, N,** 1979. Ultrasonik muayene SEGEM.
- [6] **An k S Vural, M,** Gazaltı ark kaynağı GEV
- [7] **Kraut kra ner.,** Ultrasonic testing of austenitic welded joints.
- [8] **Kraut kra ner.,** Non-destructive material testing with ultrasonics.
- [9] **Pod ko V.P., Troitskus V.A,** Utasonic testing of the quality of joints made by flash butt welding E O Pot on Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.

EK A TEST MALZEMESİ NİN SPEKTROMETRİK ANALİZ RAPORU

Burn 1:

Fe R2 71.92 Fe R1 18235 C 0.039 Mn 1.66 Si 0.58 P 0.043 S 0.012
Cr 17.77 N 7.75 Mo 0.09 Nb 0.024 Cu <0.005 V 0.043 Ti 0.011
Sn 0.005 Al 0.037 W <0.020

Burn 2:

Fe R2 71.97 Fe R1 17811 C 0.044 Mn 1.67 Si 0.59 P 0.045 S 0.012
Cr 17.74 N 7.72 Mo 0.09 Nb 0.024 Cu <0.005 V 0.043 Ti 0.011
Sn 0.005 Al 0.0030 W <0.020

Burn 3:

Fe R2 71.91 Fe R1 17747 C 0.042 Mn 1.68 Si 0.59 P 0.044 S 0.012
Cr 17.84 N 7.68 Mo 0.09 Nb 0.024 Cu <0.005 V 0.043 Ti 0.011
Sn 0.005 Al 0.0028 W <0.020

Average:

Fe R2 71.93 Fe R1 17931 C 0.042 Mn H 1.67 Si H 0.58 P H 0.044 S 0.012
Cr 17.78 N 7.72 Mo 0.09 Nb 0.024 Cu <0.005 V 0.043 Ti 0.011
Sn 0.005 Al H 0.0032 W <0.020

Alloy : ASS

Grade : 304

Mode : PA AUSTENITIC STAINLESS STEEL

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında İstanbul’da doğdu. İlk ve orta okul u İstanbul’da bitirdi. 1989’da Deniz Lisesi’ne girdi. 1993’te Deniz Lisesi’ni, 1997’de Deniz Harp Okul u’nu bitirdi. 1997’den 2000 yılına kadar Donanma’da görev yaptı. 2000 yılında İ.T.Ü. Maki na Fakültesi İmalat Program ında Yüksek Lisans eğiti mine başladı. Halen Deniz Harp Okul u’nda görev yapmaktadır.