

ULTRASONİK ATTENUATION METODUYLA KARBON
ÇELİKLERİNDE SÖNÜM KATSAYILARININ
BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET SARIKAŞ

DANIŞMAN
DOÇ.DR. MEVLÜT DOĞAN

FİZİK ANA BİLİM DALI

TEMMUZ 2008

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ULTRASONİK ATTENUATION METODUYLA KARBON ÇELİKLERİNDE
SÖNÜM KATSAYILARININ BELİRLENMESİ**

MEHMET SARIKAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
DANIŞMAN
DOÇ. DR. MEVLÜT DOĞAN**

FİZİK ANABİLİM DALI

TEMMUZ 2008

ONAY SAYFASI

DOÇ.DR. MEVLÜT DOĞAN danışmanlığında,
MEHMET SARIKAŞ tarafından hazırlanan ULTRASONİK ATTENUATION
METODUYLA KARBON ÇELİKLERİNDE SÖNÜM KATSAYILARININ
BELİRLENMESİ

başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca

...../...../200....

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Fizik Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Prof. Dr. Hamdi Şükür KILIÇ	
Üye	Doç. Dr. Mevlüt DOĞAN (DANIŞMAN)	
Üye	Yrd. Doç.Dr. Dilek KARAGÖZ	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKÜRLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. ULTRASES KULLANIMININ TARİHİ GELİŞİMİ	2
2.1 Ultrasesin Tıp Alanındaki Uygulamaları	3
2.2 Akustik Mikroskop	4
2.3 Tanecik Boyutu Ölçümünde Kullanılması	5
3. ULTRASES	8
3.1 Ultrasesin Yapısı	8
3.1.1 Boyuna Ultrases Dalgası	8
3.1.2 Enine Ultrases Dalgası	9
3.1.3 Yüzey Ultrases Dalgası	10
3.2 Ultrasesin Malzemeyle Etkileşmesi	10
3.2.1 Ultrases Dalgasının Hızı	13
3.2.2 Ultrases Dalgasında Sönüm (Attenuation)	15
3.3 Yansıyan Ve Geçen Ultrasonik Dalgalar	15
3.3.1 Dik Gelen Dalgalarda Yansıma Ve Geçme	16
3.3.2 Belli Bir Açıyla Gelen Dalgalarda Yansıma Ve Geçme	16
3.3.3 Farklı Ortamlarda Enine Boyuna Dalga Davranışı	18
3.3.4 Çeşitli Yüzeyler Arasında Yansıma Ve Geçme	22
3.3.5 Ultrases Saçılma Bölgeleri	25
3.3.5.1 Rayleigh Saçılma Bölgesi	26
3.3.5.2 Rastlantı (Stochastic) Bölgesi	27

3.3.5.3 Difüzyon Bölgesi	27
4 MATERYAL VE METOD	30
4.1 Çeliklerin Sınıflandırılması	30
4.1.1 Paslanmaz Çelikler	31
4.2 Numune Hazırlama	32
4.2.1 Isıl İşlem	33
4.2.2 Zımparalama	34
4.2.3 Tane Boyutu Ölçüm Yöntemleri	36
4.2.4 Ultrasonik Ölçümler	37
4.3 Transducer	39
4.3.1 Transducer'ın Cihazla Bağlantısı	40
5 BULGULAR	42
5.1 Optik Mikroskopta Tane Boyutlarının Belirlenmesi	42
5.2 Attenuation Katsayısının Belirlenmesi	52
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	64
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ	70

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ULTRASONİK ATTENUATION METODUYLA KARBON ÇELİKLERİNDE
SÖNÜM KATSAYILARININ BELİRLENMESİ

MEHMET SARIKAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
FİZİK ANABİLİM DALI

Danışman: DOÇ.DR. MEVLÜT DOĞAN

Günümüzde ultrases dalgaları kullanılarak yapılan malzeme karakterizasyon çalışmalarının büyük çoğunluğu metaller üzerinde uygulanmıştır. Bu çalışmada AISI 1020 VE AISI 1040 karbon çelikleri üzerine yapılmıştır. Farklı sıcaklıklarda tane boyutunda meydana gelen değişiklik attenuation metoduyla incelenmiştir. Sıcaklık artışıyla birlikte tane boyutundaki artma ve buna bağlı olarak attenuation katsayısındaki artış belirlenmiştir.

2008 71 Sayfa

Anahtar kelimeler: Ultrases dalgaları, karbon çelikleri, tane boyutu, attenuation katsayısı

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

Determination of Attenuation Coefficient of Carbon Steel By Ultrasonic Attenuation
Methods

Mehmet SARIKAŞ

Afyon Kocatepe University
Institute of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

Nowadays, most studies of material characterizations using ultrasonic waves were applied to the metals. In this study, we carried out the ultrasonic attenuation method on AISI 1020 and AISI 1040 carbon steels. Specimens with different grain sizes that we gain with heat processing were investigated and we determined the increase of attenuation coefficient according grain size.

2008 71 Pages

Keywords: Ultrasonic waves, carbon steels, grain size, attenuation coefficient

TEŐEKKÜR

Bana bu tez çalışmasında daima yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Mevlüt DOĞAN'a teőekkür ederim. Çalıőmamın her aőamasında yardımcı olan Ahmet DENİZ 'e sonsuz bir teőekkürü borç bilirim. A.K.Ü Teknik EĞitim Fakóltesi metalografi laboratuvarı sorumlularına ve ÖĞretim Görevlisi Sinan ULU'ya numune elde edilmesinde yardımlarından dolayı teőekkür ederim.

Tez çalıőmam ve hayatım boyunca bana destek olan aileme çok teőekkür ederim.

Mehmet SARIKAŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
V	Ortamda ilerleyen ultrases dalgasının hızı
λ	Ultrases dalgasının dalga boyu
f	Ultrases dalgasının frekansı
C_{ij}	Esneklik katsayısı
ρ	Malzeme yoğunluğu
V_L	Boyuna ses dalgasının hızı
V_T	Enine ses dalgasının hızı
Z	Akustik empedans
A	İlerleyen dalğanın genliği
A_0	Başlangıç dalga genliği
α	Attenuation katsayısı
α_A	Soğurma katsayısı
α_S	Saçılma katsayısı
D	Tanecik boyutu
A_R	Tanecikler arasında, elastik özelliklerdeki değişimi ve anizotropiyi karakterize eden bir sabit
I_d	Gelen boyuna dalga
I_s	Gelen enine dalga

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Boyuna Ultrases Dalgasının Şematik Gösterimi	9
3.2 Enine dalgaların şematik gösterimi	9
3.3 Yüzey (Rayleigh) dalgalarının şematik gösterimi	10
3.4 İdeal (sönümsüz) Ortamdaki Yay Hareketi	11
3.5 İdeal Ortamda Dalga Hareketi	11
3.6 Sönümlü Ortamdaki Yay Hareketi	12
3.7 Sönümlü Ortamda Dalga Hareketi	13
3.8 Ortamda İlerleyen Ultrases Dalgasının Genlik Ve Sönüm Grafiği	15
3.9 Yüzeye Dik Gelen Dalgalarda Yansıma Ve Geçme	16
3.10 Katı-Katı Ortamda Yansıma Ve Geçme	17
3.11 Sıvı Ortamdan Boşluk Ortamına Geçen Boyuna Dalga Davranışı	19
3.12 Katı Ortamdan Boşluk Ortamına Geçen Boyuna Ve Enine Dalga Davranışı	19
3.13 Sıvı Ortamdan Sıvı Ortamına Geçen Boyuna Dalga Davranışı	20
3.14 Sıvı Ortamdan Katı Ortamına Geçen Boyuna Dalga Davranışı	21
3.15 Katı Ortamdan Sıvı Ortamına Geçen Boyuna Ve Enine Dalga Davranışı	22
3.16 Çelikten Suya Sudan Çeliğe Yansıma Ve Geçme Olayı	23
3.17 Sandviç Modelinin Şematik Gösterimi	24
3.18 Su İçerisindeki Çelik Ve Plexiglass Maddesinin Ölçümü	24
3.19 Frekans Ve Attenuation Katsayıları Arasındaki İlişki Gösterimi	28
3.20 Farklı Tanecik Boyutlu Numunelerin Attenuation Katsayısı	29
4.1 Balıkesir Merkez 100. Yıl Lisesinde Buluna Zımpara Makinesi	35
4.2 Ultrases Dalgasının Pürüzlü Yüzeyden Geçiş	35
4.3 AKÜ TEF Metal Eğitimi Bölümü Metalografi Laboratuarında bulunan Optik Mikroskobu	37
4.4 Branson USK 7-B Fotoğrafı	38
4.5 Cihazın Ekranında Gözlenen Sönüm Pikinin Resmi	39
4.6 Transducer'ın İç Yapısı	40
4.7 5MHz'lik Çift Kristalli Temaslı Transducer fotoğrafı	41
5.1 1000°C'de tam tavlama görmüş AISI 1020 çeliğinin içyapı resmi	43
5.2 1020 çeliğinin optik mikroskoptan alınmış iç yapı fotoğrafı	44
5.3 1020 çeliğinin 1000°C'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1)	44
5.4 1020 çeliğinin 1000°C'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2)	45

5.5	1020 çeliğinin 1100°C’de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1)	45
5.6	1020 çeliğinin 1100°C’de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2)	46
5.7	1020 çeliğinin 1200°C’de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1)	46
5.8	1020 çeliğinin 1200°C’de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2)	47
5.9	1040 çeliğinin optik mikroskopta alınmış içyapı fotoğrafı	47
5.10	1040 çeliğinin 1000°C’de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1)	48
5.11	1040 çeliğinin 1000°C’de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2)	48
5.12	1040 çeliğinin 1100°C’de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1)	49
5.13	10420 çeliğinin 1100°C’de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2)	49
5.14	1040 çeliğinin 1200°C’de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1)	50
5.15	1040 çeliğinin 1200°C’de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2)	50
5.17	Numune İçerisine Gönderilen I Ultrases Dalgasının Yansıyan Ve Geçen Kısımlarının Şematik Gösterimi	52
5.18	1020 Çeliğinin (işlemsiz)sönüm grafiği	54
5.19	1000°C’de ısı işlem görmüş 1020 çeliğinin sönüm grafiği	54
5.20	1100°C’de ısı işlem görmüş 1020 çeliğinin sönüm grafiği	55
5.21	1200°C’de ısı işlem görmüş 1020 çeliğinin sönüm grafiği	55
5.22	1020 Çeliğinin (işlemsiz)sönüm grafiği.	56
5.23	1000°C’de ısı işlem görmüş 1040 çeliğinin sönüm grafiği	57
5.24	1100°C’de ısı işlem görmüş 1020 çeliğinin sönüm grafiği	57
5.25	1200°C’de ısı işlem görmüş 1020 çeliğinin sönüm grafiği	58
5.26	1020 Çeliğinin Farklı Isıl İşlemler Altında Attenuation Eğrisi	60
5.27	1020 Çeliğinin Farklı Isıl İşlemler Altında Attenuation Eğrisi	61
5.28	AISI 1020 Ve AISI 1040 Çeliklerinin Tane Boyutunun Attenuation Katsayısına Etkisi	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Ultrases Dalgasının Dalga Tipleri Ve Malzemelere Göre Ölçüm Hızlarının Değerleri	14
4.1 Karbon Ve Alaşım Biçimlerine Göre Çelik	30
4.2 Paslanmaz Çelikler Ve Elde Edilen Fazları	31
4.3 Numune Kalınlıkları	33
4.4 AISI 1020 Çeliğinin Isıl İşlem Rejimleri	34
4.5 AISI 1040 Çeliğinin Isıl İşlem Rejimleri	34
4.6 Tane Boyutu Ölçüm Yöntemleri	36
5.1 Numunelerin Tane Boyutu Büyüklüğü	51
5.2 Ölçümler Sonucunda Numunelerin Pik Boyları	53
5.3 Numunenin Attenuation Katsayıları İle Tane Boyutları	63

1. GİRİŞ

Bir malzemeye hasar verilmeden uygulanan işlemlerin tamamına tahribatsız muayene denir. Tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan ultrases test tekniği temeli, farklı ortamlarda yüksek frekanslı ses olan ultrasesin hareketinin incelenmesidir. Ultrases dalgası malzeme içerisinde ilerlerken (saçılma ve soğrulma) malzemenin fiziksel özelliğinden dolayı farklılık gösterir. Tezin ikinci bölümünde ultrases dalgasının kullanım alanları, tarihi gelişimi ve akustik mikroskopun tarihi gelişimi verilmiştir. Üçüncü bölümde ultrases dalgasının yapısı, ultrases dalgası malzemeye dik ve belli bir açıyla geldiğinde nasıl etkileştiği verilmiştir. Dördüncü bölümde malzemenin tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan ultrasesle incelenmesi için numuneye uygulanan işlemler ve tahribatsız muayene cihazı anlatılmıştır. Beşinci bölümde alınan attenuation ölçümleri ve numunelerin tane boyutları verilmiştir. En son bölümde ise yorumlar yapılmıştır.

2. ULTRASES KULLANIMININ TARİHİ GELİŞİMİ

Eski çağlardan günümüze kadar ses ile malzeme analizi yapılmaktadır. Sert bir cisimle üretilen malzemeye vurularak, malzeme içinde çatlak olup olmadığı hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Malzemeye vurarak üretilen titreşimler 20–20000 titreşim/sn arasındadır. Başka bir deyişle kulak tarafından algılanabilen frekans aralığında olmalıdır. Bu yöntem ile bazı işyerlerinde malzemedeki beklenen cinsi ve büyüklüğü test edilen, ultrases kalite kontrol edilme düşüncesi hâkimdir. Buna örnek olarak büyük döküm parçaları veya tren rayları gibi malzemedeki süreksizlikler tahmin edilebilir. Günümüz teknolojisi malzemede daha hassas ve daha küçük boyutlardaki süreksizliği sağlamıştır. Daha yüksek frekanslı mekanik titreşim elde etmek ve bu titreşimleri test etmek için, malzemenin istediğimiz bir bölgesinde uygulayabileceğimiz ultrases kalite kontrol yöntemi geliştirilmiştir. Daha yüksek frekansta titreşimler elde etme konusunda yapılan çalışmalarda yeni yöntemler bulunmuş ve bu yöntemler teknolojiye kullanılır hale gelmiştir. 1847 yılında J.P.Joule tarafından magnetostriktive olayı keşfedilmiş ve yüksek frekanslı titreşim elde etmede kullanılmıştır. Magnetostriktive olayı I. Dünya savaşında denizaltılarda kullanılan sonarlarda ve buzdağlarının algılanmasında kullanılmıştır.

Curie kardeşlerin 1880 tarihinde piezo-elektrik olayını keşfetmesiyle yüksek frekanslı mekanik titreşimlerin bir kalite kontrol yöntemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Uygun düzlemler halinde kesilen Quartz'a mekanik enerji uygulandığında elektrik titreşimleri meydana gelir. Lipmann elektrik potansiyeli uygulayarak kesilen Quartz'ın mekanik olarak titreşebileceğini göstermiştir.

Magnetostriktive olay sonucu elde edilen frekansın kilohertzler mertebesinde olmasına karşın piezo-elektrik olayda meydana gelen titreşimler megahertzler seviyesinde olmaktadır. Piezo-elektrik olayın keşfi ile birlikte geliştirilen yeni teknolojik ürünler sanayinin çeşitli alanlarında uygulanmaya başlamıştır.

Ultrasonik titreşimlerin, malzeme muayenesinde etkili olarak kullanılabileceği Skolou tarafından ilk defa 1929 yılında gösterilmiştir. Mulhaser 1931 yılında ultrases kaynağı

ve algılayıcısı kullanarak katı içindeki çatlak ve kusurları dedekte eden bu sistemin patentini almıştır. Daha sonra Firestone 1943 yılında puls-eko tekniği ile ultrases metodunu geliştirmiştir.

Ultrases test edilen numuneye veya dokuya zarar vermemektedir. Bundan dolayı tıp ve malzeme analizi alanında 1945 yılından beri uygulamalar devam etmektedir.

2.1 Tıp Alanındaki Uygulamaları

II. Dünya Savaşında kullanılan radarlar, Firestone'un 1945 yılında geliştirdiği puls-eko tekniği ile üretilmiştir. Tıp alanında ultrases ile çalışmalar Firestone'nun puls-eko tekniğinden yola çıkılarak başlamıştır. Tıp alanında ilk çalışmayı Dussik (1942) beyin ve kafatası üzerinde yapmıştır. Ludwing et al (1949), safra taşları teşhisinde ultrasesi kullanmıştır. Bu çalışma başarılı olduğundan 1950'li yıllardan sonra görüntüleme amaçlı ultrases kullanımı artmıştır. Beyin karıncıklarının iki boyutlu görüntülenmesi için ultrases, Ballantine et al (1950) ve Hueter ve Bolt (1951) tarafından kullanılmıştır.

1950 yılında Ludwing tarafından yumuşak dokulardan yansıyan ultrases dalgalarıyla görüntü, farklı dokularda yoğunluk ve akustik hız ölçümleri kullanarak sağlamıştır. Wild (1950) ve French et al (1950, 1951) tarafından oluşturulan cihaz 15 MHz'lik ultrases dalgası vererek dokulardan yansıyan ekoların tek boyutlu görüntülerinin elde edilmesini sağlamıştır. İki boyutlu görüntüleri değişik doku yapıları içinde Wild ve Reid (1952,1953) cihazı geliştirerek elde etmişlerdir. Bu cihaza benzer eş zamanlı ultrases tarayıcısı ile daha iyi görüntüler elde etmiştir (Howry ve Bliss 1952). Ultrasesin klinik uygulamaları 1957 yılında Reid ve Wild tarafından araştırılmıştır.

1957 yılında Doppler-ultrasesi kullanılarak Satomura tarafından kardiyak hareketleri gözlenmiştir. 1967 yılında Strandness et al (1967) tarafından Doppler sinyallerinin spektral analizi, değişik arter ile ilgili hastalıkların teşhisinde yardım için kullanılmıştır. Kan hızının ölçümleri için ise Wells (1969) ve Baker (1970) tarafından puls Doppler cihazı geliştirilerek kullanılmıştır.

Puslu Doppler cihazının geliştirilmesi Wells (1969) ve Baker (1970) tarafından yapılmış olup ilk olarak kan hızının ölçümleri için kullanılmıştır. Bu ölçümler ilk başta tek-boyutlu olmasından dolayı hassas olmamasına rağmen daha sonra kan akış hız vektörünün üç koordinat bileşeninin elde edilmesi ile hassasiyet artmıştır (Fox 1978, Kasai et al 1985). İki-boyutlu (von Ramm ve Smith, 1990) ve üç-boyutlu (Wells et al. 1992, Picot et al. 1993) görüntüleme tekniklerinin geliştirilmesi ile ultrasesin tıpta kullanımı oldukça genişlemiş hatta her kadın-doğum uzmanının özel muayenehanesinde bile Ultrason cihazı bulunur hale gelmiştir.

Kalp kasının morfolojik ve kimyasal belirlenmesi, ultrases dalgalarının yayılma özelliklerinin bulunmasıyla ilk defa Q'Brien et al (1995) tarafından yapılmıştır. 1996 yılında da Assentoft (2006) lazer-ultrases metodu ile biyolojik dokuların karakterizasyonunu yapmıştır. Daha iyi bir görüntüleme elde etmek için Töyräs et al (1999), Miller ve Bamber (2000) tarafından ultrases dalgasının frekansı yükseltilmiştir.

Ling Wei Chang Fong ve Hsi Yao Chen (2002) adlı bilim adamları doğum öncesi böbrek rahatsızlıkları tanısında ultrasesi kullanmışlardır. Henkjan Huisman (2003) ceninin böbreğinde oluşan tümörün iki ve üç boyutlu olarak belirlenmesi üzerinde çalışmalar yapmıştır. Acil servislerde Andrea ve Jonathan (2005) Amerika'da radyoloji bölümünde ultrasesi kullanmışlardır. Göğüs kafesindeki kanser riski yüksek tümörleri etkisiz hale getirmek amacıyla Holmes ve Silverstein (2006) çalışmalar yapmışlardır. Japonya 'da Takata ve Kazuotanne (2006) kök hücreler üzerine alçak ve yüksek ultrasonik dalgalar uygulamışlardır. Michael (2007) yılında kalp yetmezliğinde ultrasonik dalgaları kullanmıştır. 2007 yılında Amerika'da Ben ve Julie (2007) midedeki tümörün ultrasonik perdelenmesi üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır. Jim ve Fern (2008) gaz zehirlenmelerine karşı, ultrasonik uygulamalar üzerine çalışmalar yapmışlardır.

2.2 Akustik Mikroskop

Korpel et al (1971) akustik mikroskop oluşturma teorisini ve uygulamasını malzeme içine gönderilen ultrases dalgasını kullanarak yapmıştır. Numune yüzeyinin taranarak

transmisyon tekniğini kullanarak tüm yüzey görüntüsünün alınmasını sağlayan bu mikroskop ile numune içerisinde sönüm olayı incelenmiştir. Frekansın artırılmasıyla, çözünürlüğün artırılması (Atalar et al 1979, Nikoonahad 1984) ve tarama sisteminin geliştirilmesi (Quate et al 1979, Kino 1980) çalışmalarıyla akustik mikroskop geliştirilmiştir.

Numunenin daha hızlı ve daha net görüntülerinin alınması (Hoppe et al 1985), numune yüzeyinden geri yansıyan ultrases dalgasının incelenmesi ile sağlanmıştır. Taramalı akustik mikroskobu (Zinnin et al 1997) kullanarak üç boyutlu saçıcı merkezlerinin görüntülenmesi ile malzeme analizinin teorik çalışmasını yapmıştır. Popovics (2001) bununla ilgili deneysel çalışmayı, bileşik haldeki numunelerde gerçekleştirmiştir.

Katı, sıvı ve gazlarda Zinnin (2001, 2003) Amerika'da biyolojik madde karakterizasyonunda akustik mikroskop üzerinde çalışmıştır. Manghnani (2004) seramik kompozitlerde hata belirlenmesinde akustik mikroskop kullanmışlardır. Yüksek frekanslı elastiklerin ölçülmesinde Lemor (2004) akustik mikroskop kullanmıştır. Yine Bereiter Hahn (2004) biyolojik madde karakterizasyonunda ultrasesi kullanmıştır.

2.3 Tanecik Boyutunun Belirlenmesinde Kullanılması

Bir poli-kristal malzeme, düzgün kristal yapıya sahip ayrı taneciklerin oluşturduğu bir yapıdır. Bu taneciklerin yönelimlerinin farklılığından dolayı elastik özellikleri anizotropiktir. Poli-kristal bir yapıya gönderilen elastik dalgalar, tanecik sınırlarından saçılarak sönüme uğrarlar. Bu sönüm ve hızındaki değişiklik taneciklerin boyutu, şekli, yönelim dağılımları ve kristal anizotropisine bağlıdır. Eğer tanecikler eşit boyutlara sahip ve farklı yönelimli ise saçılan dalga yönelime bağlı olmaz. Fakat eşit boyutlu değilse malzeme analizi için tanecik yönelimlerinin ve şekillerinin anizotropisinin sebep olduğu sönüm ve hızları bilinmelidir.

Ultrases ile tanecik boyutu belirleme çalışmaları farklı yönelimli, eşit boyutlu taneciklerin oluşturduğu polikristaller düşünülerek bunların içlerinde elastik dalgaların yayılımı esas alınarak yapılmıştır (Hirsekom 1982, Beltzer ve Brauner 1987, Turner

1999). Stanke ve Kino (1983,1984) tanecik boyutu dağılımı belirleme çalışmaları yapmıştır. Ahmed (2004), Hirsekorn'un çalışmalarından faydalanarak küresel taneciklerde çoklu saçılma teorilerini kullanmışlardır.

Nicoletti et al (1990) attenuation metoduyla tanecik boyutunun belirlenmesi konusunda daha önce iki transducer kullanılarak yapılan deneyleri, bir transducer kullanarak yapmış ve deneylerin teorik sonuçlarını karşılaştırmıştır.

Geniş bir dalga boyu aralığında ultrases dalgasını attenuation metoduyla malzeme karakterizasyonunda Hull et al (1996) tarafından kullanılmıştır. Puls-eko tekniğini kullanarak malzeme içindeki ultrases dalgasının hızının hesaplanmasında Anderson ve Brown (1998) bir yöntem geliştirerek bunun malzeme karakterizasyonunda kullanılmasını açıklamışlardır.

1966 yılında Beecham tarafından geri-yansıma tekniği kullanarak tanecik boyutunun belirlenmesinin ilk çalışmaları yapılmıştır. Fay et al (1976) ve Goebbels ve Höller (1976) teorik olarak değişik yapılara uygulanmasını yapmışlardır. Daha sonraki yıllarda (özellikle metal ve alışım numunelerde) tanecik boyutu çalışmalarına devam etmiştir.

Bu çalışmalarda bazı bilim adamları (Goebbels 1980, Goebbels ve Höller 1980, Goebbels et al. 1984, Saniie ve Bilgutay 1986, Saniie et al. 1988) teorik olarak geri-yansıma dalgalarının tanecik boyutu hesabında kullanılmasını açıklarken diğer araştırmacılar da (Klinmann et al. 1980, Klinmann ve Stephenson 1981, Hecht et al. 1981, Saniie ve Bilgutay 1985) bu teorilerin deneysel olarak ispatını gerçekleştirmiştir.

Yoon ve Rammabdran (1992), Bridge ve Merikh (1996) metal alaşımlarda ısı iyileştirme ile tanecik boyutunun değişimleri, geri yansıma tekniği ile araştırılmıştır. Sturges et al (1991), Bashyam ve Rose (1992) seramik numunelerde malzeme karakterizasyonu ile ilgili olarak tanecik boyutu, sertlik gibi fiziksel özelliklerin tespitini yapmışlardır. Ultrases dalgalarını kullanarak Kruger et al (1998) ve Boninin et al (2000) demir ve kâğıt numunelerde malzeme karakterizasyonu çalışmalarını yapmışlardır.

Yabeigu ve Vitali (2006) tane boyutu hesaplamaları üzerinde çalışmalarda bulunmuşlar, yine aynı sene içinde silindir ve kalın bir duvarda dayanım ve uzama sertleşmesi yönteminde tane boyutu yöntemini kullanmışlardır. Povey (2007) İngiltere’de akustik metotla parçacık karakterizasyonu üzerinde çalışmalarda bulunmuştur. Vinagraman ve Ali Abbas (2007) kâğıda yüksek şiddette ultrasonik dalgalar uygulayarak yüksek sıcaklıkta oluşan akustik boşluk oluşumlarını incelemişlerdir.

3. ULTRASES

3.1 Ultrasesin Yapısı

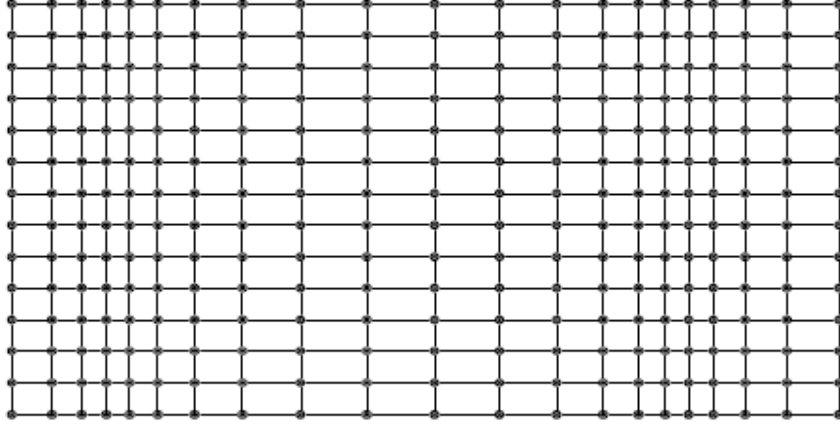
Frekansı 20 kHz' den yüksek olan seslere ultrases denir. Ultrases bir titreşim hareketidir. Ultrases titreşim hareketi ile doğar, titreşim hareketi ile yayılır, titreşim hareketi ile algılanır. Ortamda ultrases hareketi yayılırken atom ve moleküller denge konumu etrafında titreşirler. Bundan dolayı ultrases mekanik bir enerjidir. Dalga ortamda ilerlerken, ortamda sıkışma ve gevşemeler meydana getirir. Ortamda v hızıyla ilerleyen bir ultrases dalgasının λ dalga boyu ile f frekansı arasındaki bağıntı aşağıdaki denklemdeki gibi verilir.

$$V=\lambda f \quad (3.1)$$

Ultrases dalgalarının yayılmaları ortam içinde gerçekleştiğinden, ortamdaki parçacıkların hareket doğrultusu ve ultrases dalgasının ilerleme yönüne göre 3 gruba ayrılır.

3.1.1. Boyuna Ultrases Dalgaları

Madde içerisinde ultrases dalgasının hareket doğrultusu ile titreşim hareketini ileten parçacıkların hareket doğrultusu aynı ise boyuna ultrases dalgası oluşur. Boyuna dalgalar katı, sıvı ve gaz ortamda oluşabilirler. Bunun sebebi parçacığın ve dalganın hareket doğrultusunun aynı olmasından dolayıdır. Boyuna dalgalara basınç dalgaları da denir.

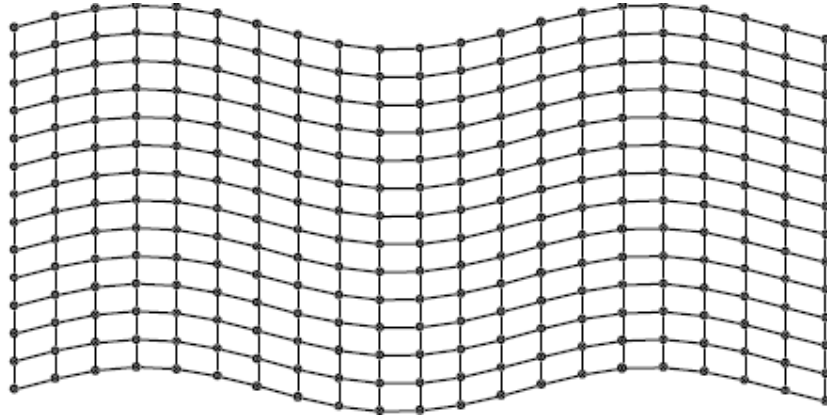


Şekil 3.1 Boyuna ultrases dalgasının şematik gösterimi (Nagy 2003).

Dalga ortamda ilerlerken sıkışma ve gevşemeler meydana gelir (Şekil 3.1). Bu sıkışma ve gevşemeler ortamda dalğanın yayılma doğrultusunda ilerler. Sıkışma ve gevşemeler arasındaki uzaklık bir dalga boyudur.

3.1.2. Enine ultrases dalgaları

Madde içerisinde ilerleyen parçacıkların hareketi, ultrases dalgasının yayılma doğrultusuna dikse bu tip dalgalara enine ultrases dalgası denir. Enine ultrases dalgaları sıvı ve gaz ortamda yayılamazlar. Bunun sebebi, parçacıklar arasındaki bağın zayıf olmasındandır. Katı ortamda ise bağlar kuvvetli olduğundan, ortamda ilerlerler. Ortamların cinsine göre ortamda yayılan enine dalğanın yayılma hızları farklı farklı olmaktadır.

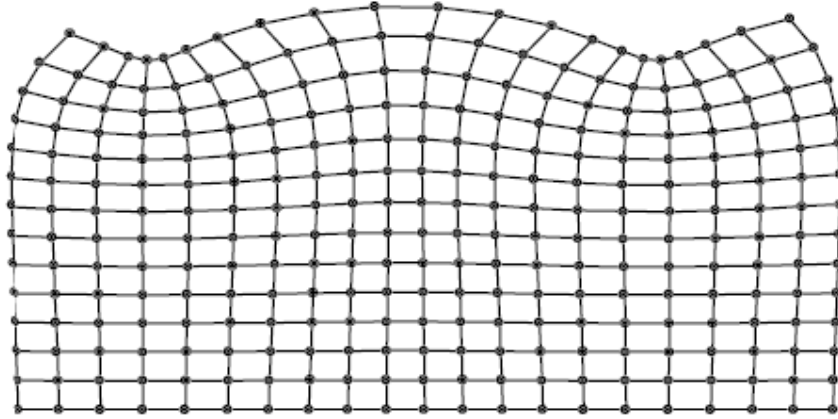


Şekil 3.2. Enine ultrases dalgasının şematik gösterimi (Nagy 2003).

Enine ultrasen dalgasında, dalğanın ilerleme doğrultusu ile enerji taşıyan parçacıkların hareket doğrultusu birbirine dik olduğu için Şekil 3.2) alt ve üst taraflarında dalgalanmalar meydana gelir.

3.1.3 Yüzey (Rayleigh) dalgaları

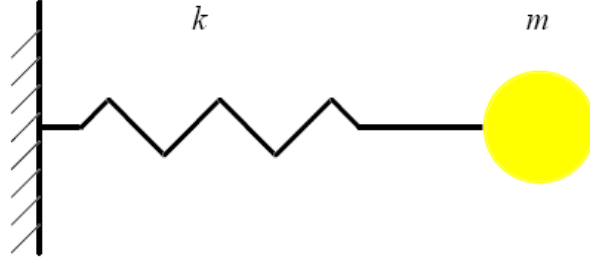
Yüzey dalgaları enine ve boyuna dalgalarının bileşimidir ve yayılma doğrultusuna dik elipsler şeklindedir. Yüzey dalgalarının genliği yüzeyden itibaren ortamın içine doğru üstel olarak azaldıkları ve bir dalga boyu uzaklık da sıfır olduklarından bu dalgalarla yalnız cisimlerin yüzeyi incelenir. Boyuna titreşimlerin yüzeyde ve yayılma doğrultusunda olması, enine titreşimlerin yüzeye ve yayılma doğrultusuna dik olması parçacığın eliptik hareket yapmasını sağlar (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Yüzey (Rayleigh) dalgasının Şematik gösterimi (Nagy 2003).

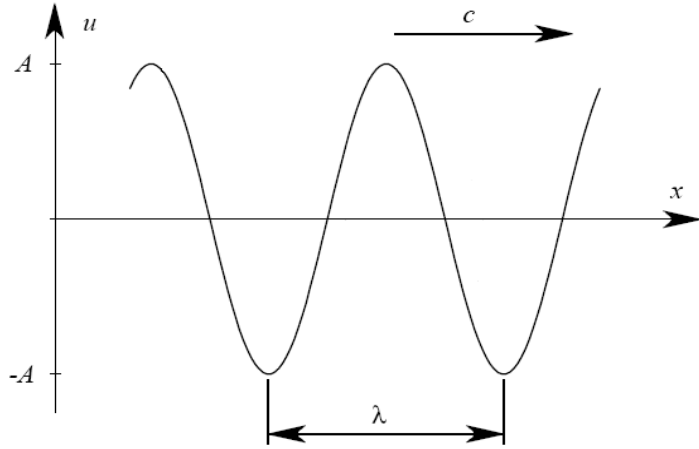
3.2 Ultrasen Malzemeyle Etkileşmesi

Ultrasen dalgası, malzeme içinde parçacıkların titreşimi şeklinde yayılır. Yayılan bu dalga, bir yay üzerinde titreşerek sayısız parçacık ve kütle olarak düşünülebilir. Her parçacık komşu parçacığın hareketinden etkilenir ve geri çağırıcı kuvvete göre davranır. Şekil 3.4'te olduğu gibi, yaydaki Hokke yasası ($F=-kx$) gibi düşünülebilir.



Şekil 3.4. İdeal (sönümsüz) ortamda yay hareketi (Nagy 2003).

Şekil 3.4'te ideal ortamdaki yay hareketini gösterilmektedir. Şekildeki m cismin kütlesi, k ise yay sabitidir.



Şekil 3.5 İdeal (sönümsüz) ortamdaki dalga hareketi.

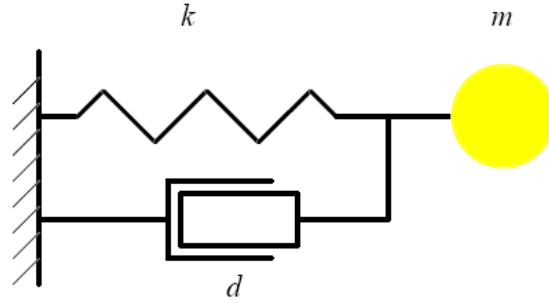
Şekil 3.5'de; “ u ” dalga denklemini, “ λ ” dalga boyunu, “ c ” dalganın hızını, “ A ” ise dalganın genliğini ifade eder. Şekilde de görüldüğü gibi dalga herhangi bir sönüme uğramadan yoluna devam etmektedir.

Ultras ses dalgası, malzeme içerisinde ilerlerken ses basıncı şeklinde ilerler. Katıda atom ve moleküllerin birbirine bağlı olmasından dolayı bu basınç ses dalgasının ilerlemesine

karşı bir direnç gösterir. Buna akustik empedans denir. Ultrases dalgalarının malzeme içinde ilerlerken farklılık göstermesinin sebebi budur.

Akustik empedans (Z), numunenin yoğunluğu “ ρ ” ile ultrases dalgasının hızının “ v ” çarpımına eşittir.

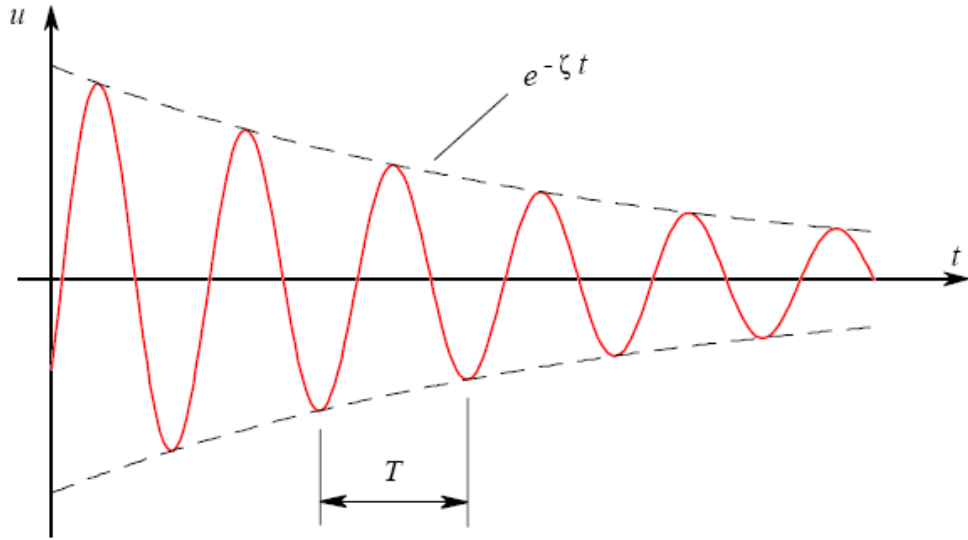
$$Z = \rho v \quad (3.2)$$



Şekil 3.6 Sönümlü ortamdaki yay hareketi (Nagy 2003).

Şekil 3.6 sönümlü ortamdaki yay hareketini göstermektedir. Şekilde “ m ” kütle, “ k ” yay sabitini, “ d ” ortamla ilgili katsayıdır (malzemenin karakteristik özelliği).

Şekil 3.7’de sönümlü ortamdaki dalga hareketi görülmektedir. Şekildeki “ u ” dalga denklemini, “ T ” periyodu göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi dalga $e^{-\xi t}$ kadar sönüme uğrar.



Şekil 3.7 Sönümlü dalga hareketi (Nagy 1995).

3.2.1 Ultrases Dalgasının Hızı

Bir katı içinde ilerleyen dalga hızı ile katının yoğunluğu ve esneklik katsayısı arasındaki genel bağıntı

$$V = \sqrt{\frac{C_{ij}}{\rho}} \quad (3.3)$$

şeklinde verilir. Bu denklemde, C ; esneklik katsayısını, ρ ; malzeme yoğunluğu, V ise dalga hızını göstermektedir. Genellikle Young esneklik katsayısı ve Poisson oranı boyuna dalgaların hızları hesaplanırken esneklik katsayısı olarak kullanılır. Fakat bunun yerine Young esneklik katsayısı ve Poisson oranından çıkartılan Lamé katsayısı da kullanılmaktadır.

Denklem (3.3)'de verilen C_{ij} katsayısının indisleri; esneklik katsayısının yönünü ve dalga tipi ile ilgili bilgi verir. İzotropik malzemelerde her yön için esneklik katsayıları aynıdır.

Çizelge 3.1 Ultrases dalgasının dalga tiplerine ve malzemelere göre ölçülmüş hızlarının değerleri (Deniz 2004).

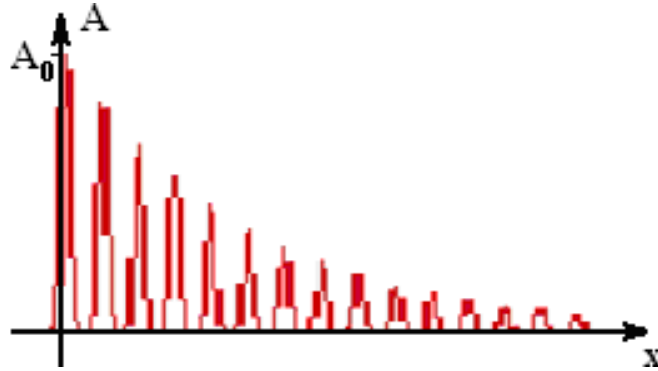
	Malzeme	Yoğunluk (ρ) 10^3 kg/m^3	Ses hızı (m/s)		Akustik Empedans $Z=\rho V_L$ ($10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$)
			V_L Boyuna dalga	V_T Enine dalga	
M E T A L L E R	Alüminyum	2,7	6320	3130	17
	Kurşun	11,4	2160	700	25
	Beyaz Metal	7,3	3300		24
	Sert metal	11–15	6800–7300	4000–4700	77–102
	Bakır	8,9	4700	2260	42
	Konstantan	8,8	5240	2640	46
	Civa	13,6	1450		20
	Magnezyum	1,7	5770	3050	10
	Mangan	8,4	4660	2350	39
	Pirinç	8,1	3830	2050	31
	Nikel	8,8	5630	2960	50
	Dökme Demir	7,2	3500–5600	2200–3200	25–40
	Çelik	7,7	5900	3230	45
	Kalay	7,3	3320	1670	24
	Titanyum	4,5	6070	3110	27
	Bizmut	9,8	2180	1100	21
Tungsten	19,1	5460	2620	104	
Çinko	7,1	4170	2410	30	
A M E T A L L E R	Alüminyum oksit	3,9	1000		39
	Araldit	1,18	2500	1100	3
	Yumuşak lastik	0,9	1480		1,4
	Ham cam	3,6	4260	2560	15
	Vulkanize lastik	1,2	2300		2,8
	Parafin mumu	0,83	2200		1,8
	Buz	0,9	3980	1990	3,6
	Kristal cam	2,5	5660	3420	14
	Quartz cam	2,6	5570	3520	14,5
	Naylon, perlon	1,1-1,2	1800–2200		2,0–2,7
	Perspeks	1,18	2730	1430	3,2
	Polisitren	1,06	2670		2,8
Porselen	2,4	5600–6200	3500–3700	13	
Teflon	2,2	1350		3	
S I V I L A R	Motorin	0,8	1250		1
	Gliserin	1,26	1920		2,5
	Motor yağı	0,87	1740		1,5
	Su(20°C)	1,0	1483		1,5

3.2.2. Ultrases Dalgasında Sönüm (Attenuation)

İlerleyen ses dalgasının şiddeti, ortam içinde alınan yol ile azalır. Saçılma ve soğrulma doğal bir malzemede bu azalmanın sebepleridir. Bu iki sebepten dolayı şiddette görülen azalma olayına attenuation denir (Şekil 3.8) ve Denklem 3.8 ile ifade edilir.

$$A = A_0 e^{-\alpha x} \quad (3.8)$$

Bu denklemde, A; x kadar yol almış dalganın genliğini, A_0 başlangıç konumundaki dalga genliğini, α ; malzemenin x doğrultusundaki dalgaya etki eden attenuation katsayısını ifade eder. Attenuation katsayısı birimi neper/uzunluk veya desibel/uzunluktur.



Şekil 3.8 Ortamda ilerleyen ultrases dalgasının genlik-sönüm grafiğinin şematik gösterimi (Doğan ve Deniz 2004).

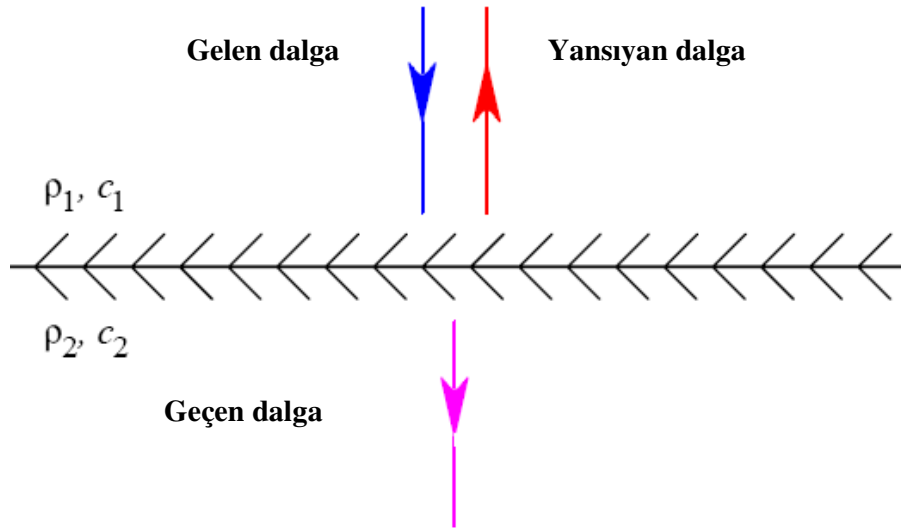
3.3. Yansıyan ve Geçen Ultrasonik Dalgalar

Tıbbi görüntüleme ve tahribatsız muayene yöntemlerine yansıyan ve geçen ultrasonik dalgaları birer örnektir. Malzeme ile ilgili temel çalışmalar dalganın sönümü ve sınır etkileşimlerinin analizidir.

Ultras ses dalgaları farklı iki ortamın ara yüzeyine geldiklerinde yansrlar ve kırılırlar. Esnek bir ortamda ultras ses dalgaları yayılırken ortam dalga empedansı farklı bir diğ er ortam arakesitine ulaştığında ultras ses dalgasının bir kısmı ikinci ortama girer. Diğ er kısmı ise ara yüzeyden yansarak geriye döner.

3.3.1 Dik gelen dalgalarda yansıma ve geçme

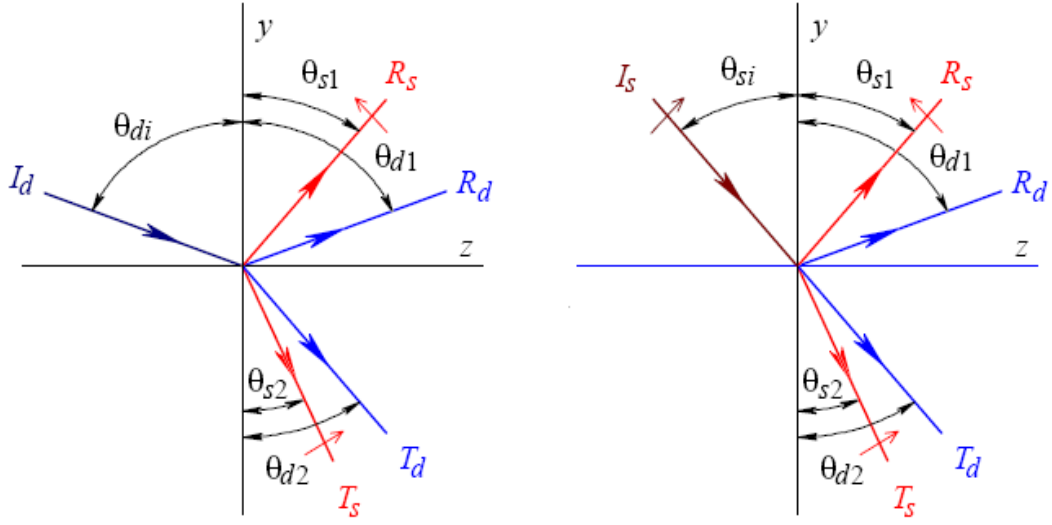
Şekil 3.9’da görüldüğü gibi ara yüzeye dik olarak gelen ultras ses dalgasının bir kısmı aynı doğrultuda yansarak geri döner. Diğ er kısım ise doğrultusunu değıştirmeden yoluna devam eder. Dik olarak gelen dalgalarda gelen dalga ile yansıyan dalganın toplamı, geçen dalgayı verir.



Şekil. 3.9 Yüzeye dik gelen dalgalarda yansıma ve geçme (Nagy 2003).

3.3.2 Belli bir açıyla gelen dalgalarda yansıma ve geçme

Boyuna ultras ses dalgası katı bir ortamın ara yüzeyine belli bir açıyla gelmiş Şekil 3.10’da görüldüğü gibi gelen dalga dörde bölünür. Bunlardan ikisi yansıyan, diğ er ikisi de kırılan ışınlardır. Gelen boyuna ultras ses dalgasının bir kısmı enine dalgaya dönüşmüştür. Böylece yansımış enine ve boyuna dalgalar, kırılmış enine ve boyuna dalgalar olarak dört dalga oluşur. Bu dalgaların yansıma ve kırılma açıları Snell kanunu ile optikte olduğu gibi hesaplanır.



Şekil 3.10 Katı-katı ortamda yansıma ve geçme olayı (Nagy 2003).

Şekil 3.10’da görüldüğü gibi, gelen enine (I_s) ve boyuna (I_d) dalgalar dört ayrı dalgaya ayrılmıştır. Bunlardan ikisi yansıyan dalgaları, diğer ikisi de geçen dalgaları ifade eder. “ R_s ” yansıyan enine dalgayı, “ R_d ” yansıyan boyuna dalgayı gösterir. “ T_d ” ve “ T_s ” ise sırasıyla geçen boyuna ve enine dalgayı gösterir.

Yansıyan boyuna dalga (R_d), farklı iki ortamın akustik empedansının farkının, akustik empedansları toplamına oranıdır. Bir başka ifadeyle yansıyan dalganın genliğinin, gelen dalganın genliğine oranıdır.

$$R_d = \frac{A_r}{A_i} = \frac{\rho_2 C_2 - \rho_1 C_1}{\rho_1 C_1 + \rho_2 C_2} \quad (3.9)$$

Yansıyan enine dalga ise (R_s), yansıyan dalganın geriliminin, gelen dalganın gerilimine oranıdır.

$$R_s = \frac{\tau_r}{\tau_i} = \frac{\rho_2 C_2 - \rho_1 C_1}{\rho_1 C_1 + \rho_2 C_2} \quad (3.10)$$

Geçen boyuna dalga (T_d), ilk ortamın akustik empedansının iki katının, akustik empedansları toplamına oranıdır. Başka bir ifadeyle geçen dalganın genliğinin, gelen dalganın genliğine oranıdır.

$$T_d = \frac{A_r}{A_i} = \frac{2\rho_1 C_1}{\rho_1 C_1 + \rho_2 C_2} \quad (3.11)$$

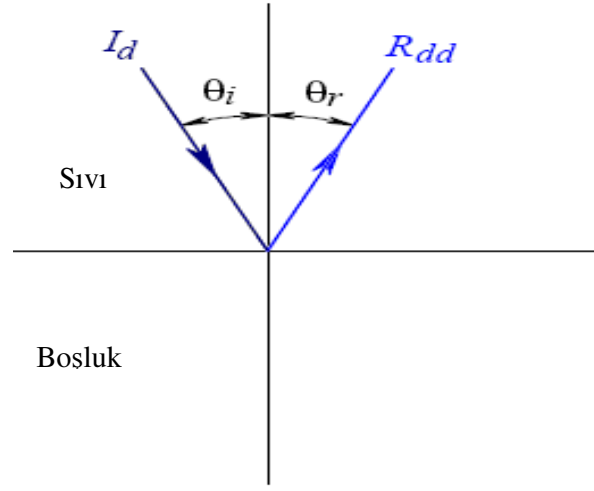
Geçen enine dalga (T_s) ise, ilk ortamın akustik empedansının iki katının, iki ortamın akustik empedansları oranına eşittir.

$$T_s = \frac{\tau_t}{\tau_i} = \frac{2\rho_1 C_2}{\rho_1 C_1 + \rho_2 C_2} \quad (3.12)$$

3.3.3 Farklı ortamlarda enine ve boyuna dalga davranışı

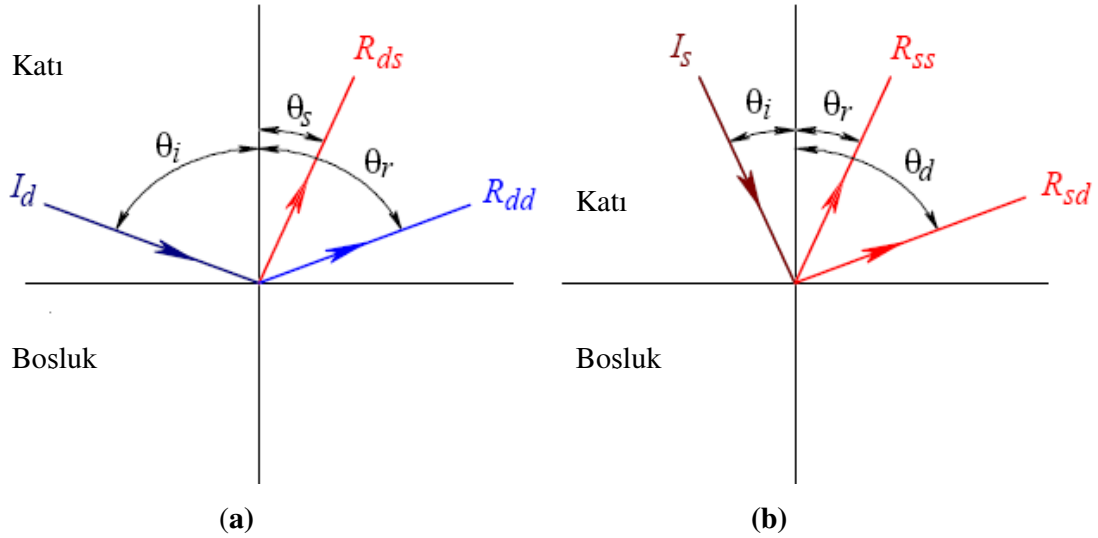
Şekil 3.11’de farklı ortamlara gelen boyuna ve enine dalga davranışları görülmektedir. Boşlukta (vakumlu ortam) herhangi bir dalga hareketi gözlenmez. Bunun sebebi dalga bir titreşim hareketidir ve titreşim hareketi ile doğar ilerler ve algılanır. Dalga ortamda atom ve moleküller aracılığıyla ilerler. Vakumlu ortamda atom ve molekül olmadığı için dalga hareketinden söz etmemiz mümkün değildir. Aşağıdaki şekillerde ifade edilen “ θ_s ” ve “ θ_d ” sırasıyla enine ve boyuna dalganın normalle yapmış oldukları açıdır.

Sıvı ortamdan boşluğa gelen boyuna dalgada (I_d), sadece yansıyan dalgayı görürüz. (R_{dd}), ikinci ortam boşluk (vakumlu) olduğundan dalga hareketinden söz edemeyiz. Gelen boyuna dalga olduğundan, yansıyan dalga da boyunadır (Şekil 3.11).



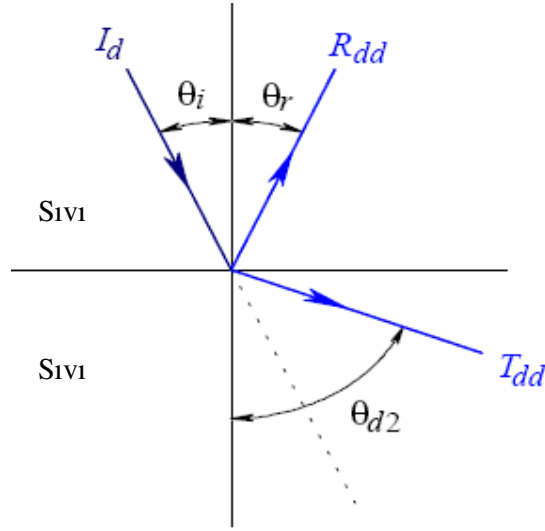
Şekil 3.11 Sıvı ortamdan boşluk ortamına geçen boyuna dalga davranışı (Nagy2003).

Katı ortamdan boşluğa gelen boyuna dalga (I_d), yansıyan boyuna dalga (R_{ds}) ve yansıyan enine dalga (R_{ss}) olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 3.12 a). Gelen dalga enine dalga ise (I_s) yine aynı şekilde enine (R_{ss}) ve boyuna dalga (R_{sd}) olmak üzere iki tane yansıyan dalga oluşur (Şekil 3.12 b).



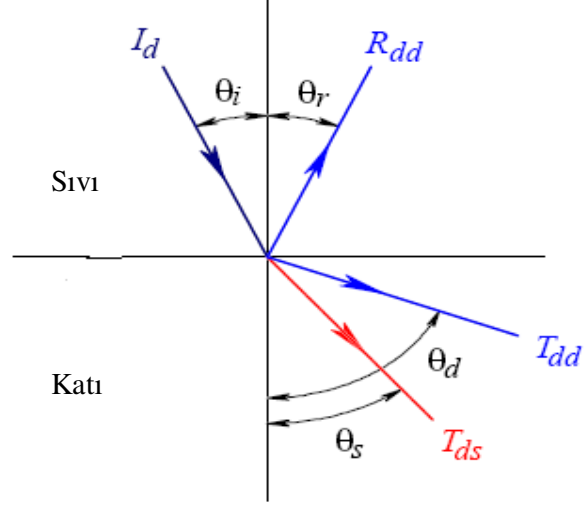
Şekil 3.12 (a) Katı ortamdan boşluk ortamına geçen boyuna dalga hareketi ve **(b)** Katı ortamdan boşluk ortamına geçen enine dalga hareketi (Nagy2003).

Sıvı ortamdan, sıvı ortama gelen boyuna dalga (I_d) yansıyan (R_{dd}) ve geçen (T_{dd}) dalga olmak üzere ikiye ayrılır. Gelen dalga boyuna dalga olduğu için sıvı ortamda yansıyan ve geçen dalgalar da boyunadır (Şekil 3.13).



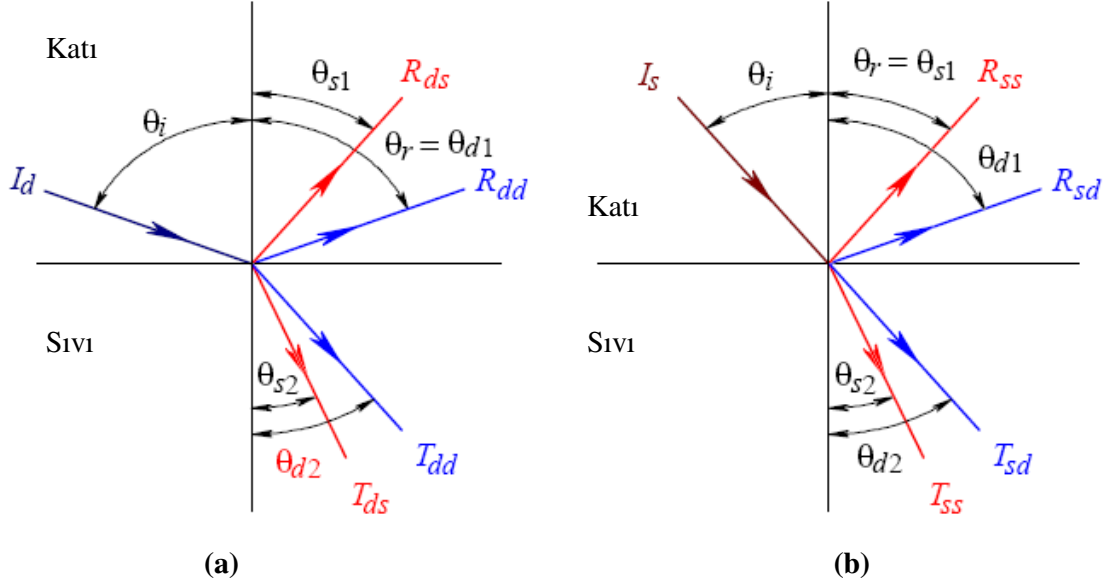
Şekil 3.13 Sıvı ortamdan sıvı ortama geçen boyuna dalga hareketi (Nagy2003).

Sıvı ortamdan katı ortama geçen boyuna dalga (I_d), yansıyan boyuna dalga (R_{dd}) ve geçen boyuna dalga (T_{dd}) olmak üzere ikiye ayrılır. Ancak ikinci ortamın katı olmasından dolayı geçen dalgalar boyuna ve enine dalga olarak ikiye ayrılır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Sıvı ortamdan katı ortama geçen boyuna dalga hareketi (Nagy2003).

Katı ortamdan sıvı ortama gelen boyuna dalga (I_d) ve enine dalgalar (I_s), iki tanesi yansıyan ve iki tanesi geçen olmak üzere dört kola ayrılır. “ R_{ds} ” gelen dalganın boyuna yansıyan dalganın enine olduğunu, “ R_{dd} ” gelen dalganın boyuna yansıyan dalganın da boyuna olduğunu, “ R_{ss} ” gelen dalganın enine, yansıyan dalganın enine olduğunu, “ R_{sd} ” ise gelen dalganın enine, yansıyan dalganın boyuna olduğunu gösterir. Geçen dalgalara baktığımızda ise “ T_{dd} ” gelen dalganın boyuna, geçen dalganın da boyuna olduğunu, “ T_{ds} ” gelen dalganın boyuna geçen dalganın enine olduğunu, “ T_{sd} ” gelen dalganın enine, geçen dalganın boyuna olduğunu, “ T_{ss} ” ise gelen dalganın enine, geçen dalganın da enine olduğunu gösterir (Şekil 3.15).

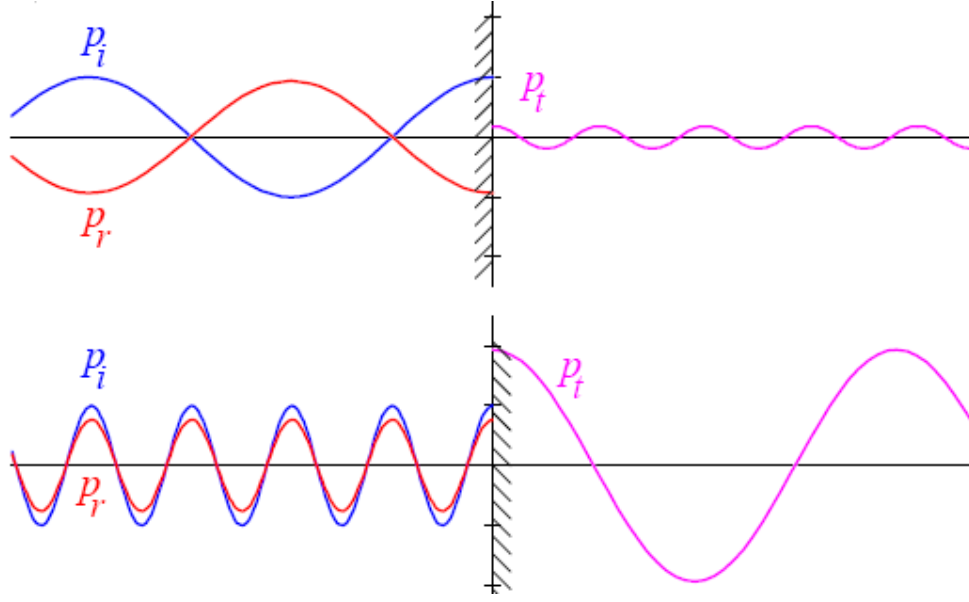


Şekil 3.15 (a) Kıta ortamdan sıvı ortama geçen boyuna dalga ve
 (b) Kıta ortamdan sıvı ortama geçen enine dalga(Nagy2003).

3.3.4 Çeşitli yüzeyler arasındaki yansımaya ve geçme olayı

Çeşitli yüzeyler arasında yansımaya ve geçme olayında iki ortamda kıta ise ortamları birbirinden ayırmak için ince film kullanılır. Sıvı ortamdan, kıta ortama gelen dalga hareketinde sadece boyuna dalgadan geçebilirken, enine dalga ikinci ortama geçemez.

Şekil 3.16'da çelikten suya ve sudan çeliğe geçen dalga hareketi görülmektedir. Çelikten suya ve sudan çeliğe geçişlerde gelen dalganın bir kısmı geri yansırken, diğer bir kısmı da ikinci ortama geçer. Çelikten gelen bir dalga suya geçtiğinde dalganın genliğinde bir azalma olur, yine aynı şekilde su ortamından çelik ortamına geçen bir dalgada ise genliğinde bir artma olur. Bunun sebebi suyun ve çeliğin akustik empedansları farkıdır (Tablo 3.11).



Şekil 3.16 Çelikten suya sudan çeliğe yansıma ve geçme olayı (Nagy 2003).

Gerilme açısından yansıma ve geçme denklemlerinin yerine konulduğunda $R=-0.938$ ve $R=0.063$ bulunur. Yansıma gerilim dalgasının büyüklüğü 0.938 'dir. Yani %93,8 olduğunu ve (-) işaretli olması yansıyan ve gelen dalgalar arasındaki faz farkının 180 derece olmasından kaynaklanmaktadır. Gelen dalga boyuna dalgaysa, yansıyan dalgada boyunadır.

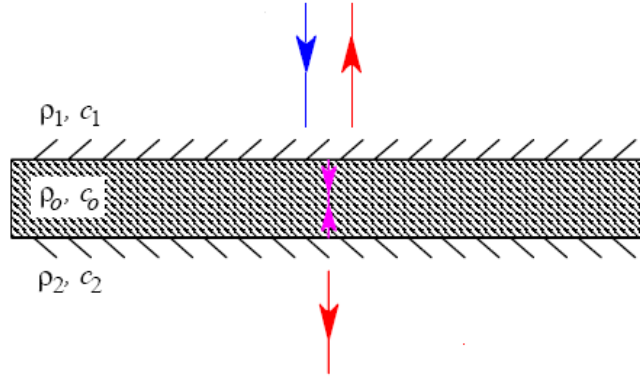
Enerjinin korunumundan dalga genliği ve hızı hesaplanabilir. Yansıyan dalganın gücü ile geçen dalganın gücünün toplamı gelen dalganın gücüne eşittir.

$$P_r + P_t = P_i \quad (3.13)$$

Birim alana düşen güç şiddet olarak tanımlanır ve I ile ifade edilir.

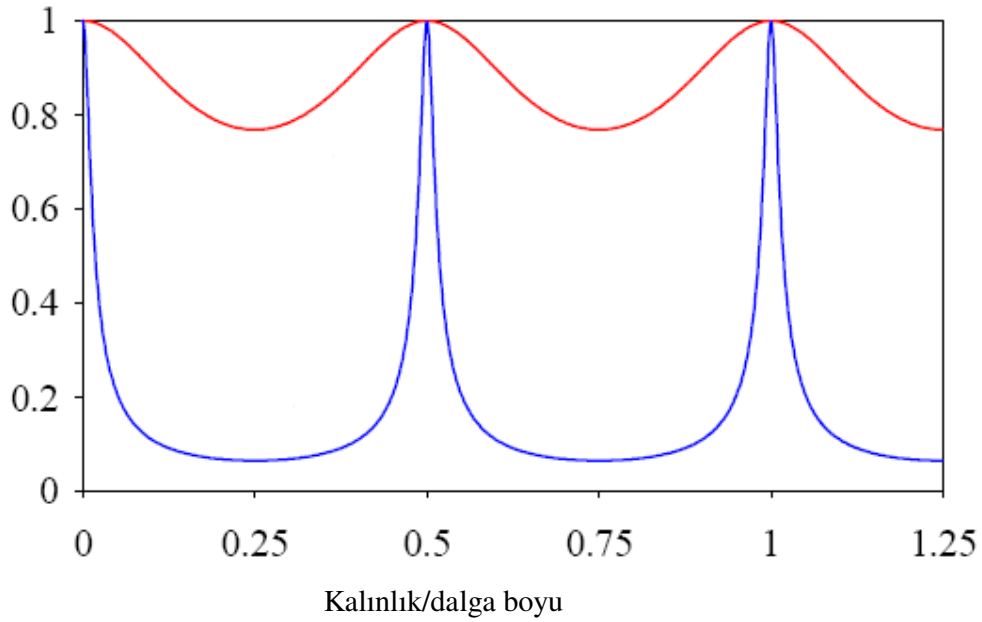
$$I = -\tau V \quad (3.14)$$

Ultrasonik deneylerde sandviç modeli sık kullanılmaktadır (Şekil 3.17).



Şekil.3.17 Sandviç modelinin şematik gösterimi (Nagy 2003).

Elastik tabaka geçme ve yansıma olayında frekansa bağlı olarak rezonans görülür, bu problemi açıklayan en basit yaklaşım impedance-translation teoremidir. Bu teorem elektrik mühendisliğinde sıkça kullanılır. Sınır değerleri için önemlidir.



Şekil.3.18. Su içersindeki çelik ve plexiglass maddelerinin ölçümleri (Nagy 2003).

Şekil 3.18'de su içersindeki madde olarak ele alındı ve en basit durumu (her iki ortamında akustik empedansı eşit) ele alınmıştır. Şekildeki mavi çizgi plexiglass maddesine gönderilen boyuna dalgayı, kırmızı ile ifade edilen ise enine dalgayı göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi boyuna dalğanın ve enine dalğanın genliklerinde

bir değişme olmamıştır. Bunun nedeni iki ortamında akustik empedansları eşit olmasından kaynaklanmaktadır.

Maddenin su içine konulmasının sebebi, suyun numuneyle hiçbir etkileşime girmemesi, düşük yoğunlukta olduğu için sönüm olayını yapmaması ve suyun akustik empedansı düşük olduğundan dalganın büyük bir kısmının numuneye iletilmesidir.

3.3.5 Ultrases Saçılma Bölgeleri

Katı içinden geçen ultrases dalgasının ortamdaki parçacıklarla etkileşmesinden dolayı enerjisinde azalma (attenuation) olur. Bu enerji kaybı, katının sahip olduğu soğurma ve saçılma özelliklerinden dolayı oluşur. Attenuation katsayısı (α); α_A , soğurma katsayısı ve α_S , saçılma katsayısı olmak üzere;

$$\alpha(f) = \alpha_A(f) + \alpha_S(f) \quad (3.15)$$

ile gösterilir. α_S ; katının ortalama tanecik boyutuna, ultrases dalgasının dalga boyuna (dolayısıyla frekansına), katı içinde var olan boşluklara, taneciklerin anizotropik özelliklerine ve kristallenmenin yönelimlerine bağlıdır. α_A ise dalganın enerjisinin ısıya çevrilmesinden dolayı oluşur. Bu enerji dönüşümünün sebebi dislokasyon sönümlenmesi, manyetik domain sönümlenmesi ve termo-elastik etkileşmelerden kaynaklanmaktadır.

Kullanılan ultrases dalgasının frekansı çok düşükse ($\alpha_A \gg \alpha_S$) soğurma olayı baskındır. Çünkü dalga boyu büyük olacak ve dalga boyundan çok küçük parçacık ve taneciklerle etkileşmeye girmeyecektir. Yüksek frekanslarda da saçılma olayı önem kazanır. Çok yüksek frekanslarda ($\alpha_A \ll \alpha_S$) soğurma katsayısı (α_A) saçılma katsayısına (α_S) göre ihmal edilebilecek duruma gelir.

Saçılmaya uğrama; tanecik boyutuna, biçimine, yönelimlerine, anizotropiye ve kimyasal yapıya bağlıdır. Ultrases dalgasının tüm yapı ile değil sadece yapının içinde bulunan bir

tanecik ile etkileştiği kabul edilmektedir. Bu kabullenme tanecik saçılması olarak isimlendirilir. Tanecik saçılması modelinde kullanılan bazı standart kabullenmeler aşağıda verilmiştir.

1. Tanecik sınırlarındaki süreksizlik elastik tabiatlıdır, böylece yapı yoğunluğunda hiçbir süreksizlik yoktur.
2. Dalga, bireysel taneciklerden, bir küreden saçılıyormuş gibi saçılmaya uğrar.
3. Taneciklerin yerleşimleri ve yönelimleri rasgeledir. Böylece yapı, elastik olarak homojen ve izotropiktir.
4. Yapı içinde çok fazla tanecik bulunmaktadır.
5. Bireysel taneciklerden saçılma koharent değildir.

Bu kabullenmeler kullanılarak tanecik boyutuna ve kullanılan ultrases dalgasının dalga boyuna bağlı olarak üç ana saçılma bölgesi tanımlanmıştır.

3.3.5.1 Rayleigh Saçılma Bölgesi

Dalga boyunun, tanecik boyutundan daha büyük olduğu bölgedir.

$$\lambda \gg D \quad (D/\lambda < 1/3) \quad (3.16)$$

Bu bölgede beş standart kabullenmeye ek olarak; “Bireysel taneciklerden saçılan enerji oldukça küçüktür, böylece çoklu saçılma etkileri ihmal edilebilir şekilde” bir kabullenme daha vardır.

A_R , tanecikler arasında, elastik özelliklerdeki değişimi ve anizotropiyi karakterize eden bir sabit ve D_1 , birim hacimdeki ortalama dislokasyon çevre uzunluğu olmak üzere, saçılma katsayısı ve attenuation katsayısı;

$$\alpha_S = A_R D^3 / \lambda^4 \quad (3.17)$$

$$\alpha = \{A_1 1/\lambda + A_2 D_1 / \lambda^2\} + A_R D^3 / \lambda^4 \quad (3.18)$$

olarak yazılır (Rayleigh 1926).

3.3.5.2 Rastlantı (Stochastic) Saçılma Bölgesi

Ultrases dalgasının dalga boyu (λ) ile ortalama tanecik boyutunun (D) kıyaslanabilir olduğu durumdur.

$$\lambda \cong D \quad (3.19)$$

Gelen dalga cephesi üzerindeki komşu noktalardan oluşan Huygens dalgacıklarının, rast gele yönelmiş bireysel tanecikler içinde yayıldığı durumu belirtir. Bu durumda ikincil dalgacıklar hızlarını rast gele ölçülerde değiştirirler ve alıcıya rast gele dağılmış fazlarda ulaşırlar. Saçılma ve attenuation katsayısı bu bölgede

$$\alpha_S = A_S D / \lambda^2 \quad (3.20)$$

$$\alpha = \{ A_1 1 / \lambda + A_2 D / \lambda^2 \} + A_S D / \lambda^2 \quad (3.21)$$

olarak yazılır (Papadakis 1981).

3.3.5.3 Difüzyon Bölgesi

Kullanılan ultrases dalgasının dalga boyu, tanecik boyutundan çok küçük olduğu durumdur.

$$\lambda \ll D \quad (3.22)$$

Dalga boyu küçük olduğundan birim yol üzerinde dalganın, birçok tanecik sınırı tarafından saçıldığını belirtmek için bu bölgeye difüzyon bölgesi denilmiştir.

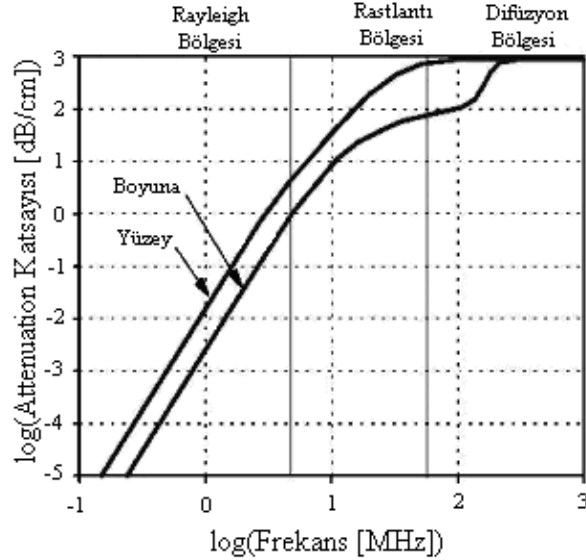
D_2 birim hacimdeki termal difüzyonu olmak üzere saçılma ve attenuation katsayısı;

$$\alpha_S = A_D 1 / D \quad (3.23)$$

ve

$$\alpha = \{ A_1 1 / \lambda + A_2 D_1 / \lambda^2 + A_3 (1 / D_3)(D_2^n / \lambda^n) \} + A_D 1 / D \quad (3.24)$$

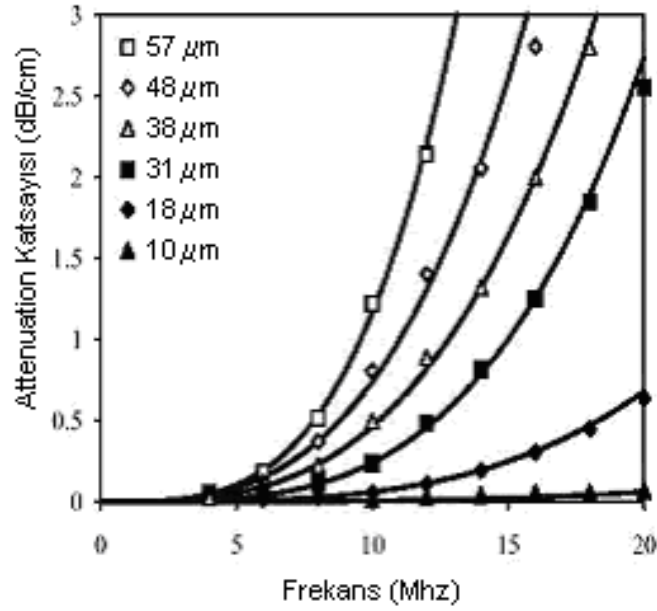
olarak verilmiştir (Papadakis 1981). Kullanılan ultrases dalgası ile malzemenin attenuation katsayısı arasındaki saçılma bölgeleri Şekil 3.19’da gösterilmiştir.



Şekil 3.19 Frekans ve attenuation katsayısı arasındaki ilişkinin farklı saçılma bölgelerinde boyuna ve yüzey dalgalar için gösterimi (Nagy 1999).

Tanecik boyutu belirlenmesinde genellikle Rayleigh bölgesi tercih edilmektedir. Şekil 3.19’da görüldüğü gibi frekans ile attenuation katsayısı arasındaki değişim, logaritmik olarak Rayleigh bölgesi ile Raslantı bölgesinin ilk bölümünde düzgün iken, Raslantı bölgesinin son kısmında ve Difüzyon bölgesinde değişimler farklı olmaktadır. Çünkü bu bölgede, tanecik sınırları arasındaki çoklu yansımalar ihmal edilir. Ayrıca bu bölgede soğurma katsayısı da frekansla düzgün artar.

Farklı frekanslarda farklı tanecik boyutlu numunelerin azalma (attenuation) katsayılarını gösteren grafik Şekil 3.20'de gösterilmiştir. Şekilde tanecik boyutu ile ultrases dalgasının dalga boyu arasındaki oran küçüldükçe grafiğin eğiminin azaldığı görülmektedir. Bu oran küçüldükçe ve kullandığımız ultrases dalgasının frekansı arttıkça azalma (attenuation) olayı etkili olmaktadır. Dolayısıyla materyal karakterizasyonu çalışmaları için gerekli olan numunenin arka yüzeyinden gelen birinci ve ikinci yansıma dalgalarının gözlenmesi zorlaşmaktadır.



Şekil 3.20 Farklı tanecik boyutlu numunelerde farklı frekanslardaki saçılma ile oluşan attenuation katsayıları (Nagy 1999).

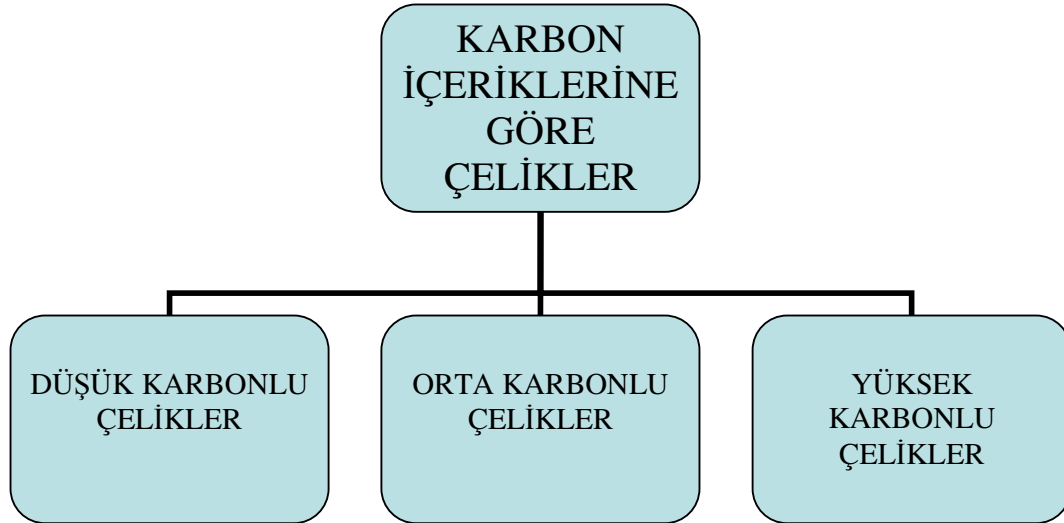
4. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, ultrases dalgalarının numune ile etkileşimleri sonucunda, tanecik boyutuna bağlı olarak, attenuation katsayısı değişiminin gözlenmesi amaçlanmıştır. İncelenecek malzemenin uygun bir numune haline getirilmesinin, ölçüm yapılacak malzemeden doğru ölçüm alınabilmesi için önemli bir yeri vardır. Bu bölümde numune hazırlanması ve kullanılan cihazlar hakkında bilgi verilecektir.

4.1. Çeliklerin Sınıflandırılması

Çelik; demir (Fe) ve karbon (C) alışımdır. Çeliğe farklı mekanik özellikler kazandıran, kimyasal bileşimi ve içyapısıdır. Çeliğe ıslah etme, temperleme, normalizasyon gibi çeşitli işlemler uygulayarak değişik özellikte çelikler elde edilebilir.

Çizelge 4.1 Karbon ve alaşım biçimlerine göre çelikler (Kara 2006).



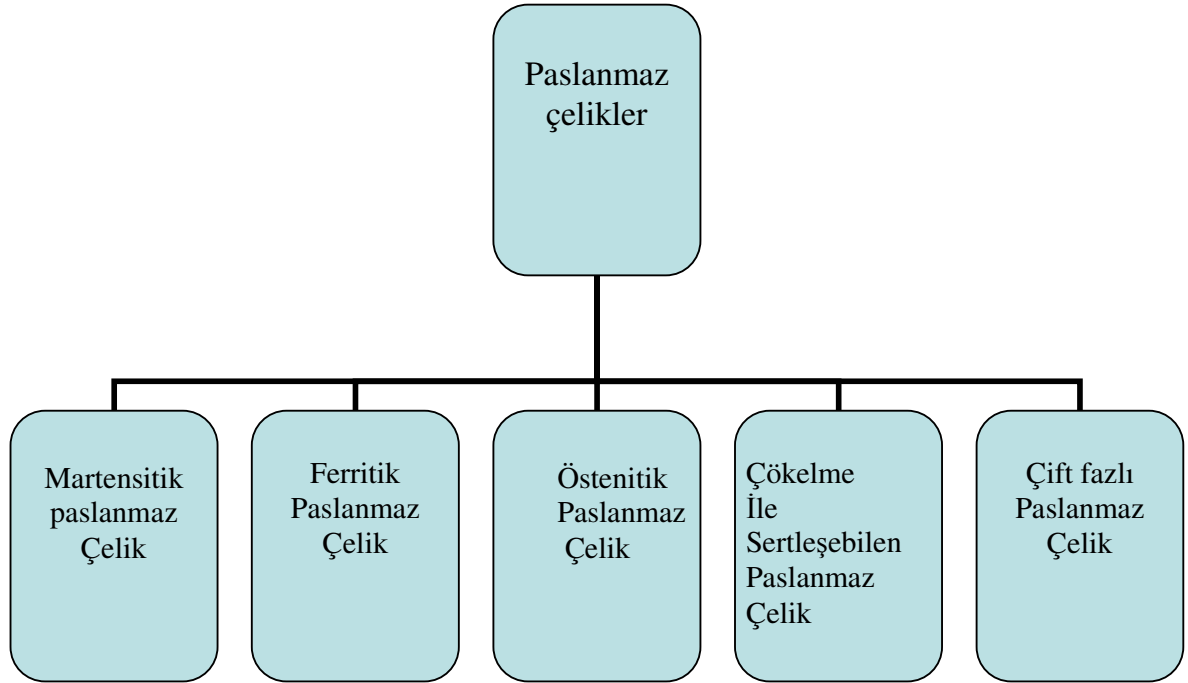
Düşük karbonlu çeliklerin yapısında % 0,2 karbon vardır. Orta karbonlu çelikler ise %0.25 ile %0.55 arasında karbon içerirler. Yüksek karbonlu çeliklerin yapısında ise %0.45 ile %0.9 arasında karbon vardır.

Ayrıca çelikler alaşım oranlarına göre alaşımsız düşük alaşımlı ve yüksek alaşımlı olmak üzere 3'e ayrılır.

4.1 1. Paslanmaz çelikler

Paslanmaz çelikler; yüksek korozyon direncine sahip olmaları nedeni ile kimya, petrol-kimya, enerji, gıda, ilaç gibi endüstri dallarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım amaçlarına göre, farklı oranlarda krom (%11 krom minimum) ve nikel ilavesi ile değişik mikro yapılarda paslanmaz çelik üretilmektedir.

Çizelge 4.2 Paslanmaz Çelikler ve elde edilen fazları.



Martensitik paslanmaz çelik; Su verilme ile mantensitik yapıya dönüşen bu çelikler, tavlanmış halde perlitik yapıdadır. Tipik bileşimi %0.15 C, %12–18 Cr şeklindedir.

Ferritik paslanmaz çelik; Ferritik yapıdadırlar ve su verme işlemi ile sertleşmezler. Yapılarında %17–26 Cr içerirler.

Östenitik paslanmaz çelik; Kromun yanında yapıyı östenitik halde tutacak oranda nikel ve mangan içeren alışımlardır. %0.03–0,2 C , %15–25 Cr, %7–20 Ni içeren bu faz, paslanmaz çelik fazları içerisinde en çok kullanılmaktadır.

Çökeltme ile sertleşebilen paslanmaz çelik; Yapılarında bakır, titan gibi çökeltme ile sertleşebilmesi sağlayabilecek alaşım elementlerini içerirler. Bu tür çelikler martensitik ve östenitik tipte fazlarla üretilmektedir. Uçak, uzay ve savunma sanayi gibi özellikle yüksek sıcaklıkta mukavemet ve korozyon direnci gerektiren yerlerde kullanılırlar.

Çift fazlı paslanmaz çelik; Eşit oranda ferrit ve östenit içeren paslanmaz çelik türüdür. Genellikle %18–30 Cr içerirler ve buna bağlı olarak değişen nikel ilavesi ile, bazı durumlarda da Nb ve Ti ilavesi ile stabilize yapılmaktadır. Östenit oluşturan azot ilavesi ise, en son gelişmedir. Bu paslanmaz çelikler; kimya endüstrisindeki birçok uygulamada kullanılmasının yanında, önemli pompaların valflerinin üretiminde ve denizcilik endüstrisinde kullanılırlar.

4.2. Numune Hazırlama

Tez çalışmasında iki farklı çelik kullanılmıştır. Kullanılan çelikler AISI 1020 ve AISI 1040 çelikleridir. Çelikler 24 mm çaplı, 10 mm kalınlıklı ve silindirik 14 tane numune olmak üzere Afyon Kocatepe Üniversitesi metal bölümünden alınmıştır.

Numune kalınlığı materyal karakterizasyonu sönüm ölçümleri yapılacaksa dikkat edilmesi gereken önemli unsurdur. Bu tür ölçümlerde arka yüzeyden gelen en az iki yansıma pikinin ölçülmesi gerekir. Eğer numune çok kalın olursa ultrases dalgası katı içinde azalmadan (attenuation) dolayı ölçülmesi gereken ikinci arka yüzey gözlenmez hale gelir. Eğer numune çok ince olursa bu durumda da ultrases dalgası materyal ile çok az etkileşeceğinden ultrases dalga genliklerinde ölçülmesi gereken azalma tam olarak belirlenemez. AISI 1020 ve AISI 1040 çeliklerinin kalınlıkları kumpas yardımıyla ölçülmüştür.

Çizelge 4.3 Numune kalınlıkları.

Numuneler	Kalınlık (mm)
1020 satıldığı durum	10,67
1020 çeliği 1000 derece (1)	9,85
1020 çeliği 1000 derece (2)	10,06
1020 çeliği 1100 derece(1)	9,68
1020 çeliği 1100 derece(2)	9,62
1020 çeliği 1200 derece (1)	10,19
1020 çeliği 1200 derece (2)	10,09
1040 Satıldığı durum	10,54
1040 çeliği 1000 derece(1)	10,27
1040 çeliği 1000 derece(2)	10,35
1040 çeliği 1100 derece(1)	10,15
1040 çeliği 1100 derece(2)	10,01
1040 çeliği 1200 derece(1)	9,63
1040 çeliği 1200 derece(2)	9,79

4.2.1 Isıl işlem

Isıl işlem metallerin içyapısını ve özelliklerini değiştirmek amacıyla sıcaklık zaman programı dâhilinde uygulanan ısıtma ve soğutma işlemidir. Başka bir ifadeyle çelikte bulunan metal ve alaşımlara istenilen özellikleri kazandırmak amacıyla kontrollü bir şekilde uygulanan ısıtma ve soğutma işlemidir.

Isıl işlem ham haldeki çeliğe ve son ürün olarak çeliğe uygulanabilmektedir. Isıl işlem üç aşamalı gerçekleşmektedir. Birincisi belli bir sıcaklık değerine kadar çeliğin çıkartılması (sıcaklık artışı), ikincisi bu sıcaklık değerinde belli bir süre bekletilmesi (bekletme süresi), üçüncüsü ise oda koşullarına kadar soğutma işlemidir.

Hidrolik testere ile kesilen 14 tane numuneden 12 tanesi üç farklı sıcaklık rejiminde tam tavlama ile sırasıyla 1000⁰C , 1100⁰C ve 1200⁰C 'lere tabi tutulmuştur. Numunelere uygulanan ısıl işlem sıcaklık rejimleri Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 AISI 1020 Çeliği İçin Isıl İşlem Rejimleri.

Malzeme	Tavlama sıcaklığı °C	Bekletme süresi (dakika)	Soğutma oranı	Isıl işlem çeşidi
AISI1020	–	–	–	Satıldığı durum
AISI1020	1000	30	Fırında soğutma	Tam tavlama
AISI1020	1100	30	Fırında soğutma	Tam tavlama
AISI1020	1200	30	Fırında soğutma	Tam tavlama

Çizelge 4.5 AISI 1040 Çeliği İçin Isıl İşlem Rejimleri.

Malzeme	Tavlama sıcaklığı °C	Bekletme süresi (dakika)	Soğutma oranı	Isıl işlem çeşidi
AISI1040	–	–	–	Satıldığı durum
AISI1040	1000	30	Fırında soğutma	Tam tavlama
AISI1040	1100	30	Fırında soğutma	Tam tavlama
AISI1040	1200	30	Fırında soğutma	Tam tavlama

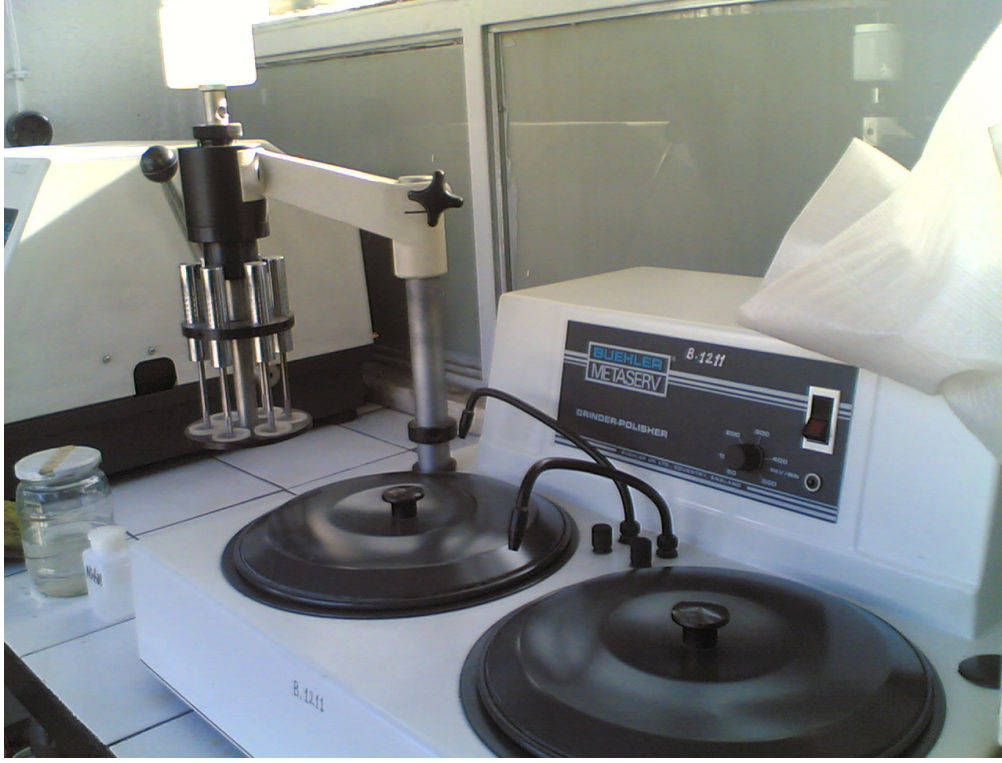
Çizelge 4.4 ve 4.5’ de görüldüğü gibi ısıl işlem çeşidi olarak tam tavlama yöntemi kullanılmıştır. Tam tavlama yönteminin özelliği soğutma işleminin fırın içerisinde gerçekleşmesidir. Tam tavlama yöntemi ile çeliğin elektrik ve manyetik özellikleri geliştirilebilir, çeliğin sertliği azaltılabilir ve tane boyutu üzerinde değişiklik yapılabilir, bende yaptığım çalışmada tane boyutunu değiştirmek amacıyla tam tavlama yöntemini kullandım.

4.2.2 Zımparalama

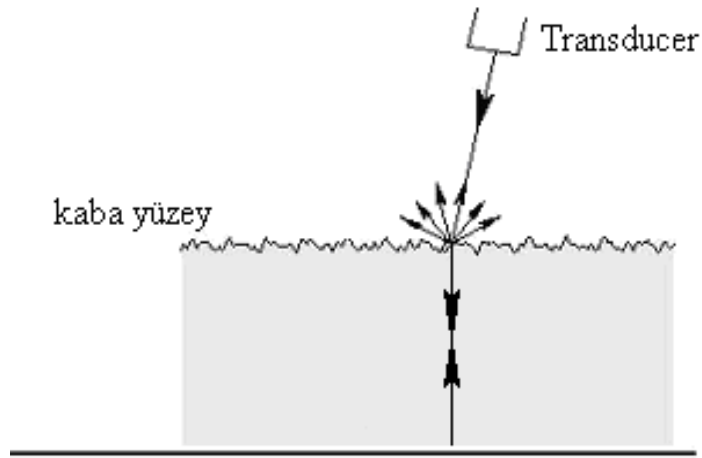
Isıl işlem uygulanmış çeliklerde, değişen tane boyutlarının optik olarak ölçülmesi için metalografik işlemlere tabi tutulmuştur. Numuneler 120 gridden başlayarak 1200 gride kadar sırasıyla, 120, 180, 240, 320, 400, 600, 800, 1000 ve 1200 kademelerinde SiC zımpara ile zımparalanmıştır (Şekil 4.1).

Ultrasonik materyal karakterizasyonunda da, numune yüzeylerinin özellikle transducer’den gelen dalga ile etkileşime girecek olan ön yüzeyin düzgün olması gerekir. Numune yüzeyinin düzgün olmayıp kaba bir yüzeye sahip olması durumunda numune yüzeyine gelen ultrasen dalgası geldiği noktadaki yüzey durumuna göre keyfi

kırılmalara ve yansımalara uğrar. Bu durumu engellemek için numune yüzeyinin mümkün olduğunca pürüzsüz olması gerekir (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 Balıkesir merkez 100. yıl meslek lisesinde bulunan zımpara makinesi.



Şekil 4.2 Ultrases dalgasının pürüzlü yüzeyden geçişinin şematik gösterimi.

4.2.3 Tane Boyutu Ölçüm Yöntemleri

Tanesel yapı gösteren malzeme içindeki tanelerin boyutlarını ve boyut dağılımları değişik yöntemlerle ölçülür (Çizelge 4.6). Mikroskopik yöntem tane boyutunun kesin belirlendiği tekniktir. Optik mikroskop tekniği ile 150–0,8 mikron arasındaki tanelerin boyutu ölçülebilmektedir. 0.001 mikrona kadar küçük olan tanelerin ölçülmesinde elektron mikroskobu kullanılır.

Çizelge 4.6 Tane Boyutu Ölçüm yöntemleri (Özdağ 2000).

Yöntem	Tane boyutu büyüklüğü (mm)
Laboratuvar Elekleri	100–0.010
Elütriyasyon	0.040–0.005
Optik mikroskop	0.050–0.00025
Sedimentasyon (Gravite)	0.040–0.001
Sedimentasyon (Merkezkaç)	0.005–0.00005
Elektron mikroskobu	0.001–0.000005

Zımparalanan numuneler daha sonra, alümina pasta kullanılarak çuhada parlatılmıştır. Bu işlem sonrası parlatılan numune yüzeyleri Nital ile dağlanarak optik mikroskop ile içyapı ve tane sınırlarının gözleneceği hale getirilmiştir. Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü Metalografi Laboratuvarında bulunan 3,3 mega piksellik kamera ve bilgisayar destekli bir yazılım programıyla tez çalışmasındaki içyapı resimleri elde edilmiştir. OLYMPUS BX–60 marka optik mikroskopta 50X ve 20X büyütme’de fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 4.3). Elde edilen içyapı resimlerinin kayıt edilip çıktı alınması sağlanmıştır.



Şekil 4.3 AKÜ TEF Metal Eğitimi Bölümü, metalografi laboratuvarında bulunan Optik Mikroskobu.

4.2.4 Ultrasonik ölçümler

Tahribatsız malzeme muayenesinin amacı malzeme süreksizliğini ve boyutlarını, o malzemeyi tahrip etmeden tespit etmektir. Süreksizliklerin tip ve boyutları standartlarla kıyaslanır. Standartların müsaade ettiği sınırları aşan süreksizlikler hata olarak kabul edilir.

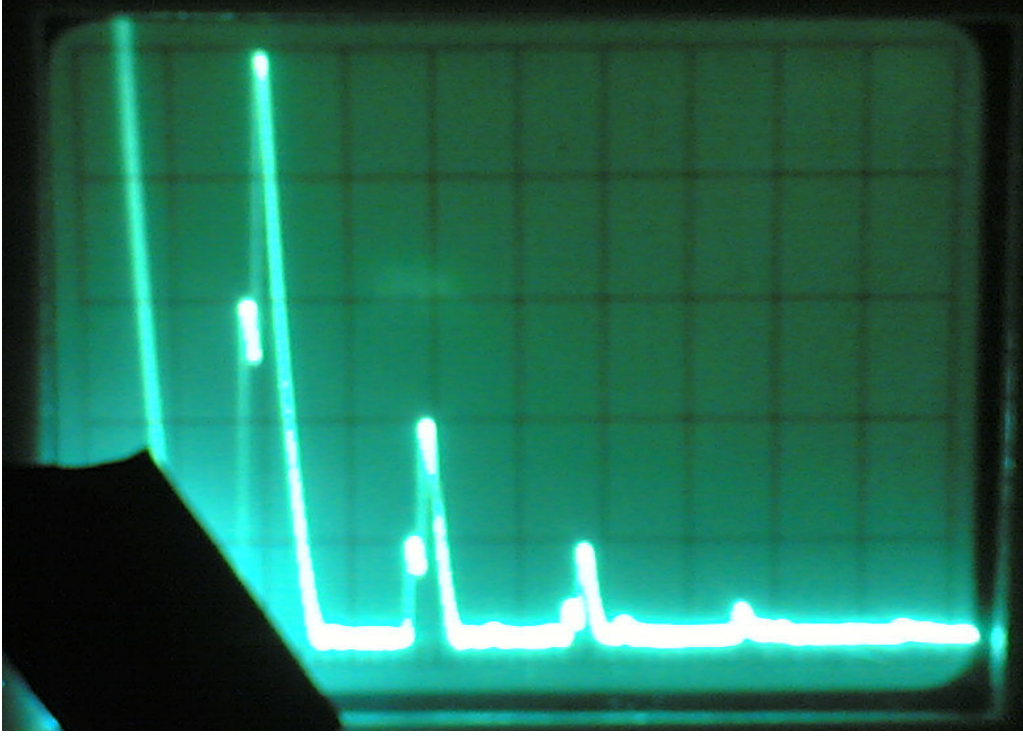
Ultrases mekanik bir enerjidir. Ortam içinde moleküllerin titreşimi şeklinde ilerler, ultrases ortam içinde ilerken rasgele moleküllerinde titreşmesine sebep olur, buda dalganın enerjisinin azalmasına ve ortamın ısınmasına neden olmaktadır. Bu enerjideki azalmadan dolayı ultrases dalgasının genliğinde bir azalma meydana gelmektedir. Şekil 4.5’de görüldüğü gibi ultrases dalgası çelik içinde aldığı yol ile birlikte genliğinde gözle görülür bir azalma meydana gelmektedir.

Bu çalışmada kullanılan Branson USK-7B Cihazı Krautkramer marka olup çift kristalli 2 MHz ve 4MHz’ lik 2 propdan oluşmaktadır. Hazırlanan 1020 ve 1040 çelikleri Balıkesir Merkez Yüzüncü Yıl Endüstri Meslek Lisesi’ndeki Branson USK 7-B isimli

ultrasonik malzeme muayene cihazıyla ölçülmüştür (Şekil 4.4). Ultrasonik cihazın ölçüm sonuçlarından bir örnek Şekil4.5 'de verilmiştir



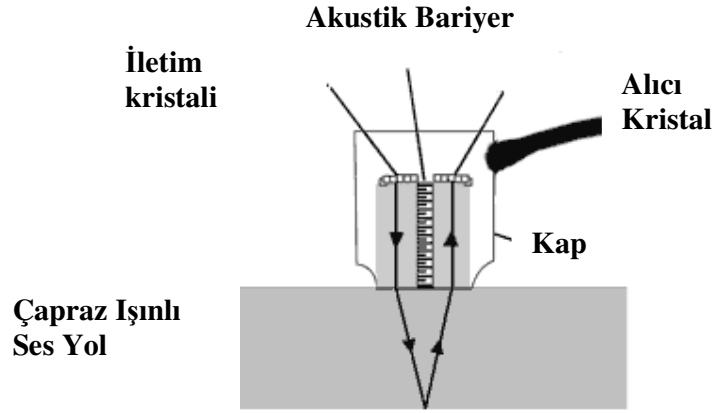
Şekil 4.4 Branson USK 7-B fotoğrafı.



Şekil 4.5 Cihazın ekranında gözlenen sönüm pikinin resmi.

4.3 Transducer

Ultrasound is a vibration energy or a mechanical energy. Producing ultrasound means producing vibration energy. High frequency vibrations, or ultrasound, are obtained through different physical events and tools. High frequency vibrations are produced and detected by these elements called transducers. Transducers produce high frequency vibration energy and vice versa convert high frequency vibration energy into electrical energy.



Şekil 4.6 Transducer'ın iç yapısı.

Üretme ve algılama biçimine göre transducerlar çeşitlere ayrılır. Bunlar;

- piezoelektrik,
- manyetostriksiyon,
- elektrostriksiyon transducerlardır.

4.3.1. Transducer'ın cihazla olan bağlantısı

Transducerler ölçüm alınacak numuneye direk temas ettirilmezler. Çünkü transducer ve numune arasında kalacak hava tabakasından ultrases dalgası geçemezler. Bu nedenle transducer ve numunenin temas edecekleri yüzeyler arasında ultrases dalgalarının geçmesine imkan sağlayacak bir madde koyulmalıdır. Normal sıcaklıklarda yapılan çalışmalar sırasında ve boyuna ultrases dalgalarıyla yapılacak çalışmalarda yüzeyler arasına yağ veya diğer uygun sıvı sürmek yeterli olacaktır. İmpedans karakteristiği kaybını önlemek için düşük sıcaklıklarda yapılan çalışmalarda transducer ve numune arasına yüksek vakum gresi konulur.

Bu çalışmada 4 MHz'lik temaslı transducer (prop) kullanılmıştır. (Şekil 4.7). Bu prob tarafından üretilen yüksek frekanstaki (0,1–20 MHz) elastik dalgaların test edilecek numune ortamında yayılması ve bir süreksizliğe çarptıktan sonra tekrar proba yansması esasına dayanır. Prob tarafından algılanan dalgalar elektrik sinyallerine dönüştürülerek ekranda yankılar (echo) halinde görülür. Bu çalışmada transducerlardan elde edilen pik görüntülerinden, sönüm katsayıları hesaplanmıştır.



Şekil 4.7 5 Mhz'lik çift kristalli temaslı transducer fotoğrafı.

5 BULGULAR

5.1 Optik mikroskopla ortalama tane boyutlarının belirlenmesi

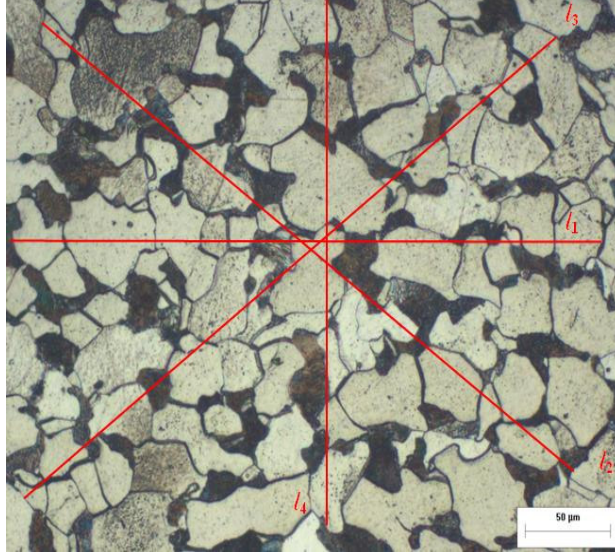
Tane büyüklükleri farklı olan iki çeliğin kimyasal bileşenleri aynı olsa da, mekanik özellikleri büyük farklılık gösterir (Weissbach 1998).İnce taneli yapıların mukavemeti yüksekken, iri taneli yapıların mukavemeti düşüktür. Çeliklerin mekanik özelliklerinin farklı olmasının sebebi tane sınırlarından kaynaklanmaktadır. Çünkü tane sınırlarında atomların düzenli dizilişi bozulmuştur.

Ortalama tane boyutunu belirlemek için numunenin OLYMPUS BX-60 marka optik mikroskopta çekilen 50X büyütme fotoğrafı üzerine farklı doğrultularda 4 adet çizgi çekilir (Şekil 5.1).

Bu çizgilerin kesmiş olduğu tane sınırları sayılarak denklem 5,1'den hesaplanır (Darbari et al., 1968).

$$d_{ort} = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} \cdot \frac{1}{R} = \frac{\sum \ell_i}{\sum N_i} \cdot \frac{1}{R} \quad (5.1)$$

Denkleminde belirtilen ℓ_i çizgi boyu, N_i çizginin kestiği tane sayısı, R ise büyütme oranıdır.



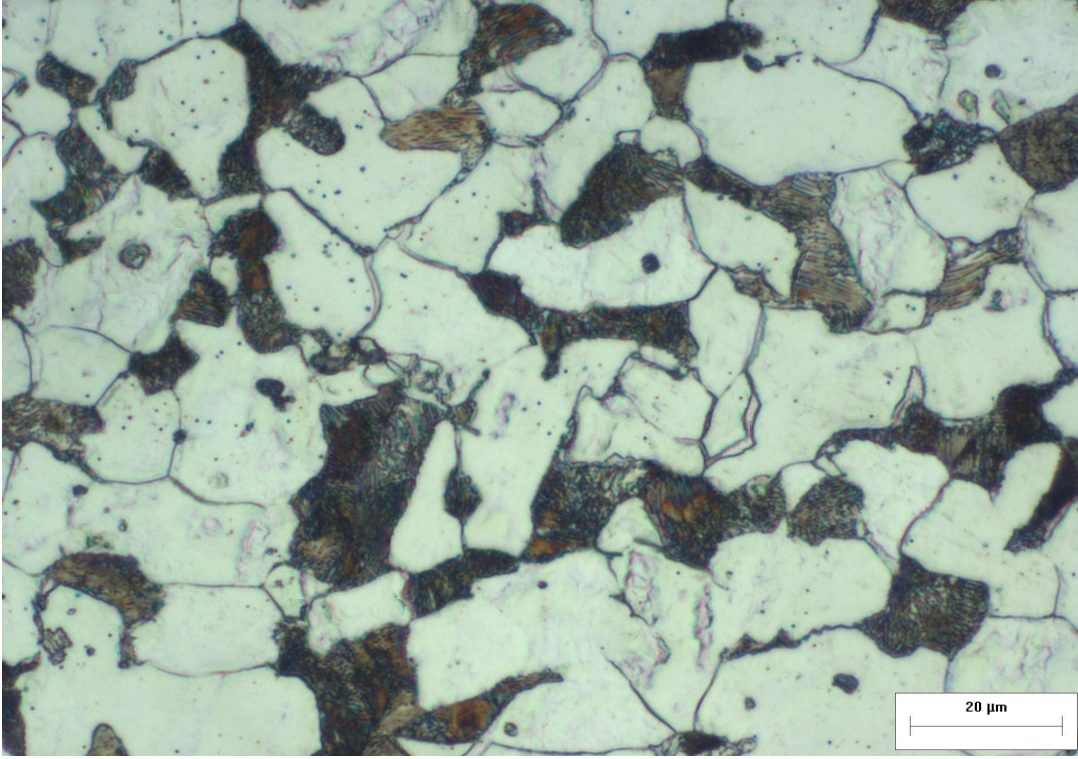
Şekil 5.1 1000°C’de tam tavlama görmüş AISI 1020 çeliğinin içyapı resmi.

Örnek olarak Şekil 5.1’de görülen resim üzerindeki çizgi uzunlukları ölçüldü. Daha sonra üzerinden geçen tane sayıları sayılıp Denklem 5.1’de yerine koyularak aşağıdaki gibi tane boyutu belirlendi.

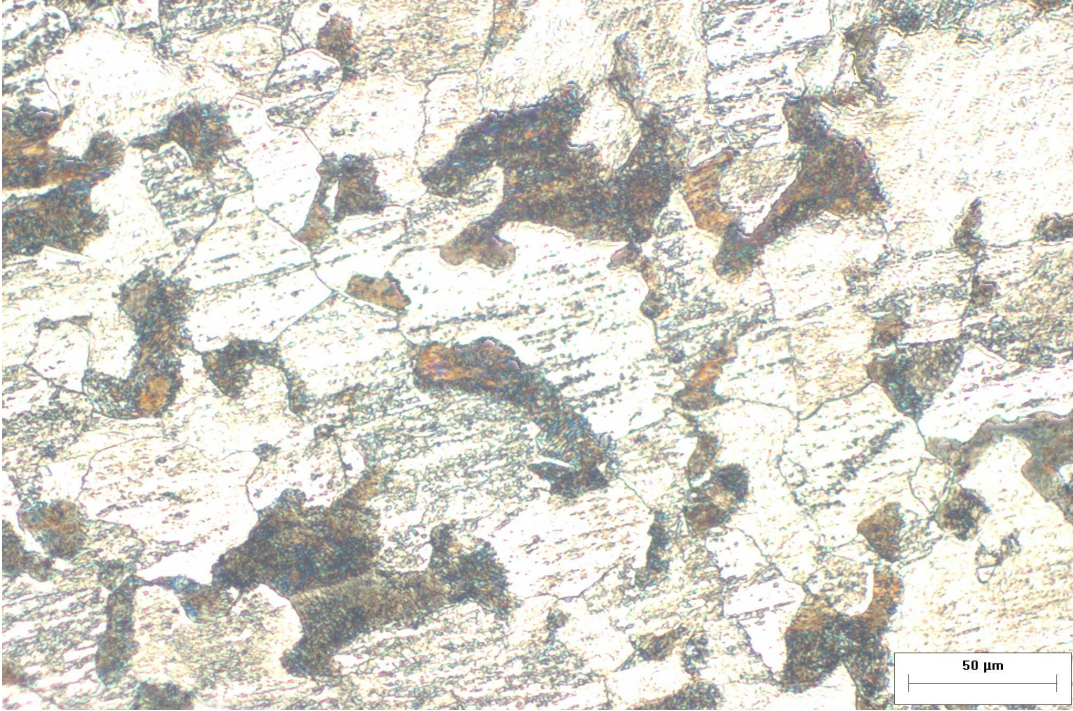
Ölçek:24mm/50μm

$$D = \frac{(165 + 183 + 184 + 124)}{(11 + 13 + 14 + 9) \left(\frac{24}{50}\right)} = \frac{656}{22,56} = 29,07 \mu m \text{ olarak bulunur.}$$

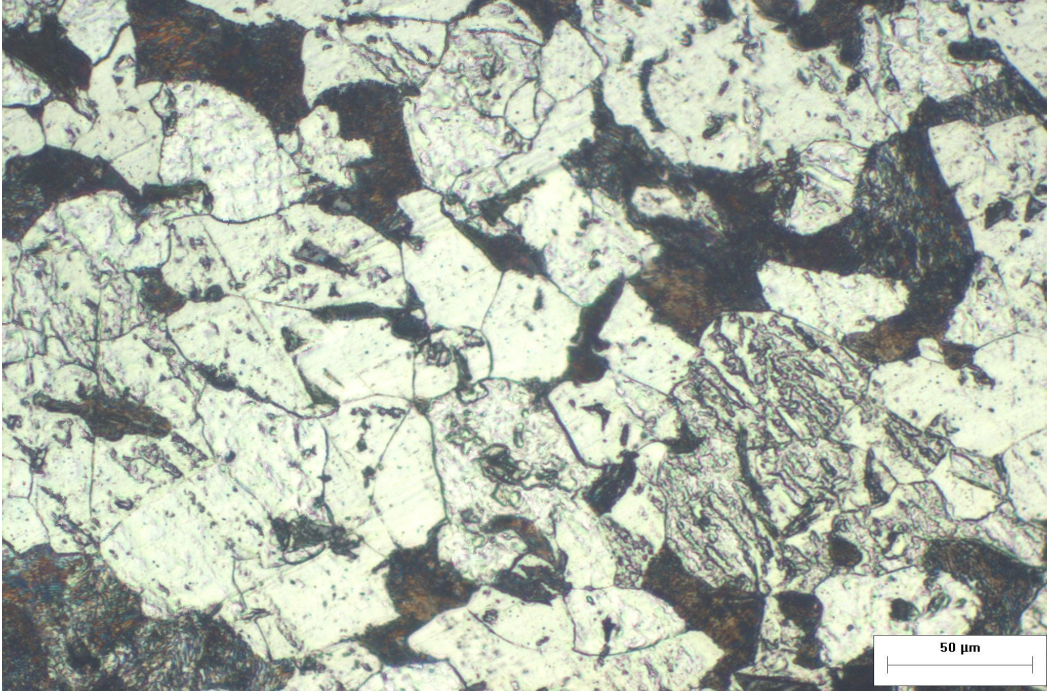
Aşağıdaki şekillerde (Şekil5.2–16) 1000°C, 1100°C ve 1200°C’de ısıtılma tabii tutulan AISI 1020 ve AISI 1040 çeliklerinin içyapı resimleri görülmektedir. Çeliklere uygulanan ısıtılma işlemde sıcaklık artışıyla birlikte tane sınırlarında gözle görülür bir artış meydana gelmiştir. Sıcaklık artışıyla birlikte tane sınırlarında bulunan metalik ve metal olmayan atıklar çözünerek ufak taneli yapılar bir araya gelerek aynı kimyasal özelliklere sahip iri taneli yapıları meydana getirmiştir. Isıtılma işlemde sıcaklığın 1200°C ‘ye çıkmasıyla birlikte daha fazla çözülme meydana gelir ve bunun sonucunda daha iri taneli yapılar oluşur (Şekil 5.2–16).



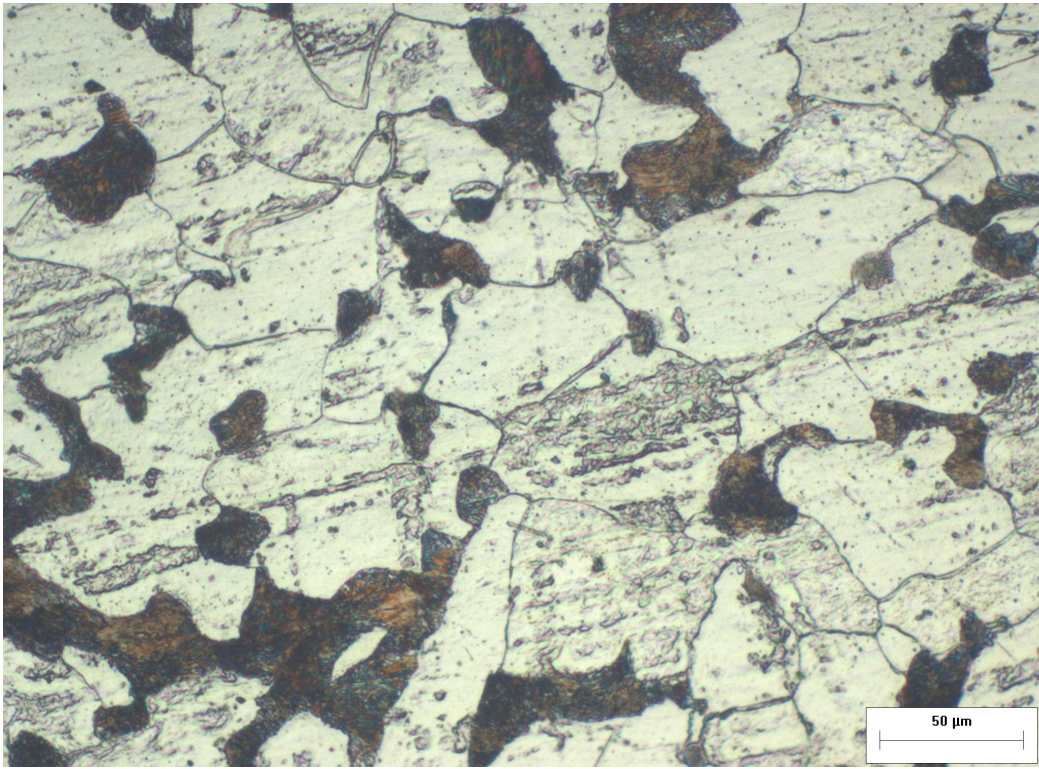
Şekil 5.2 1020 Çeliğinin optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı.



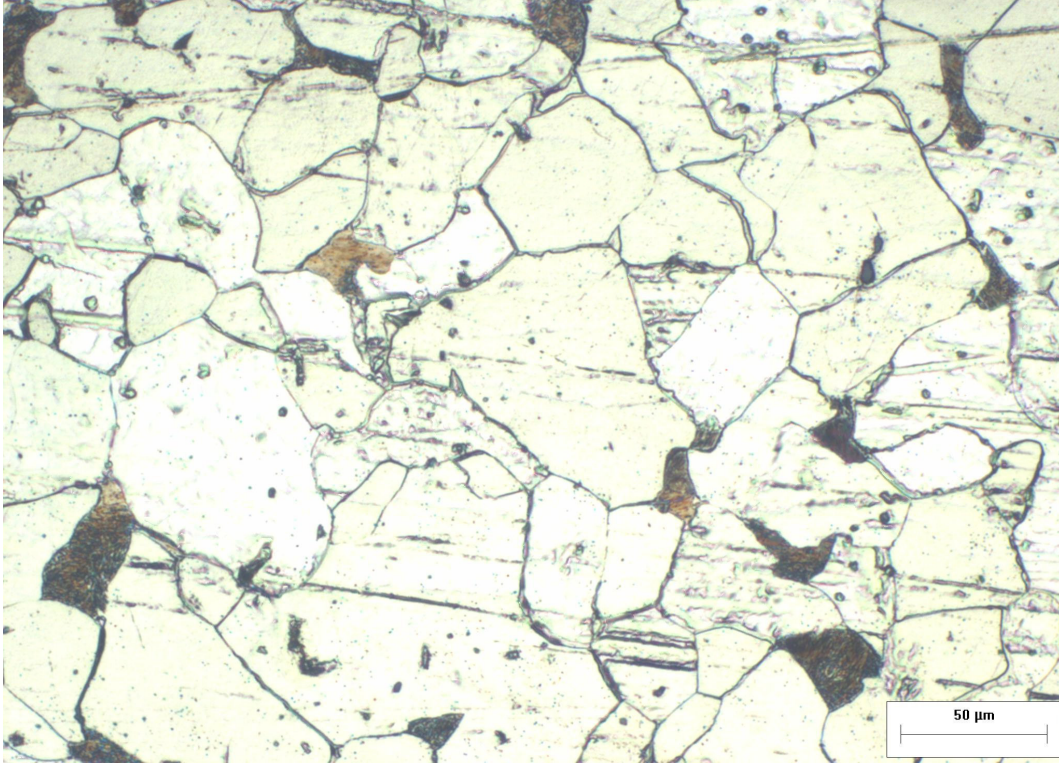
Şekil 5.3 1020 çeliğinin 1000⁰C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1).



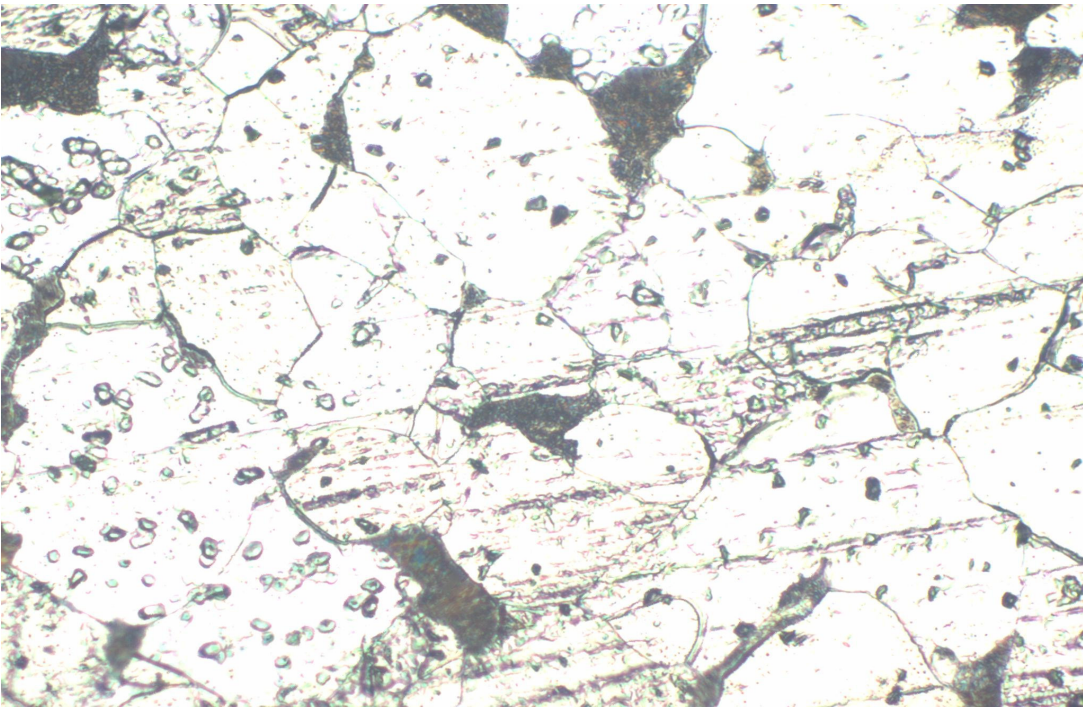
Şekil 5.4 1020 çeliğinin 1000°C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2).



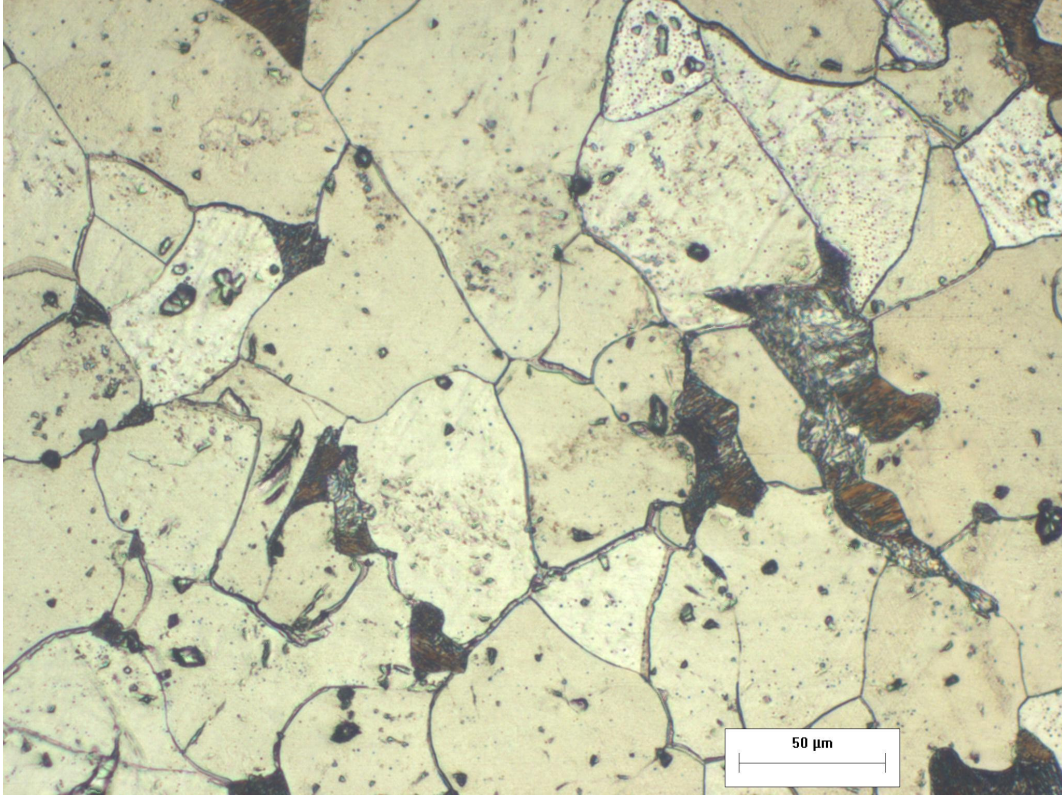
Şekil 5.5 1020 çeliğinin 1100°C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1).



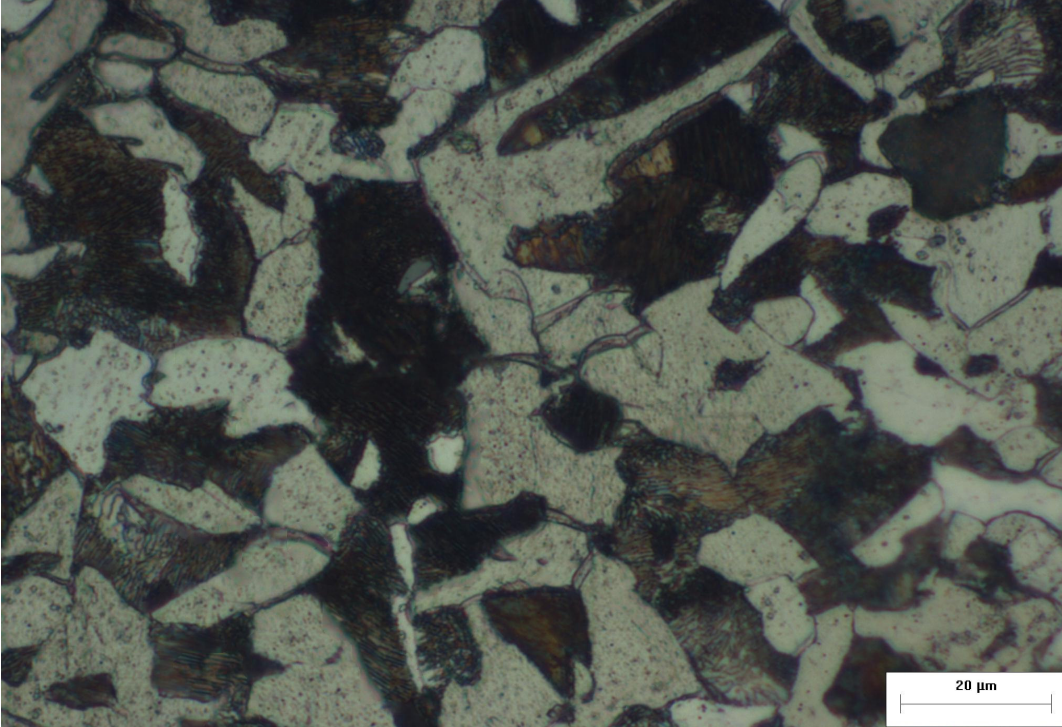
Şekil 5.6 1020 çeliğinin 1100⁰ C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2).



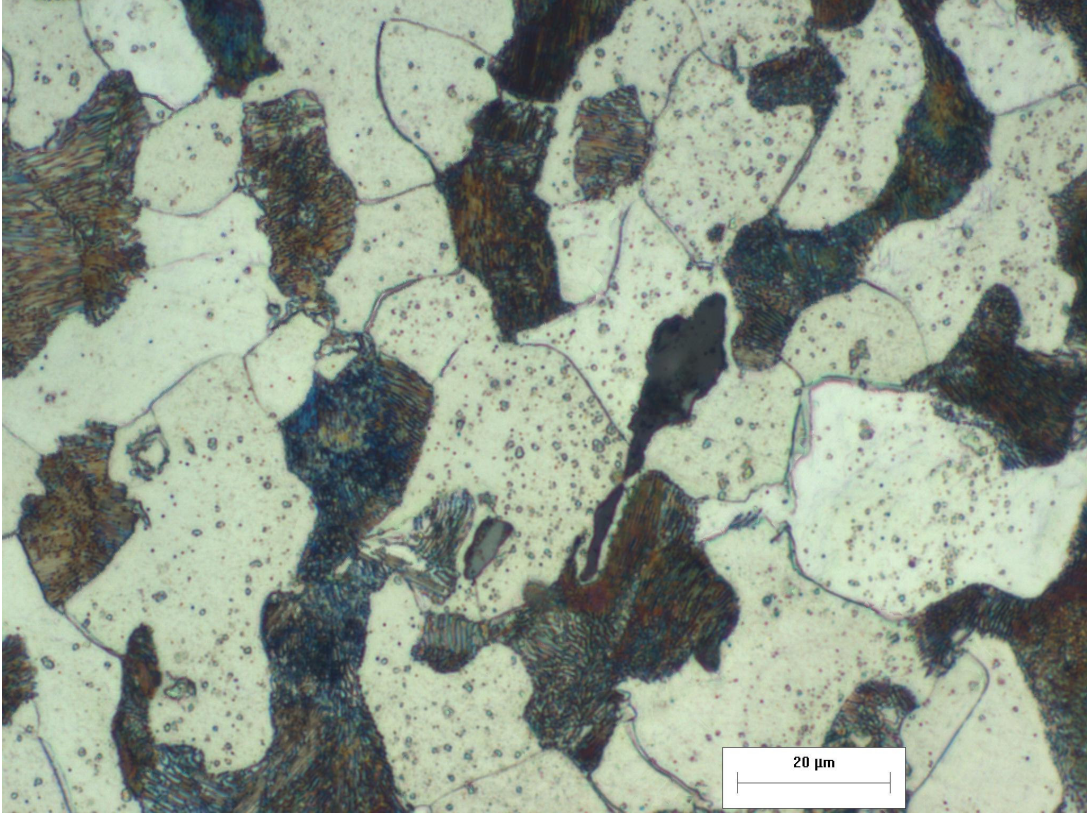
Şekil 5.7 1020 çeliğinin 1200⁰ C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1).



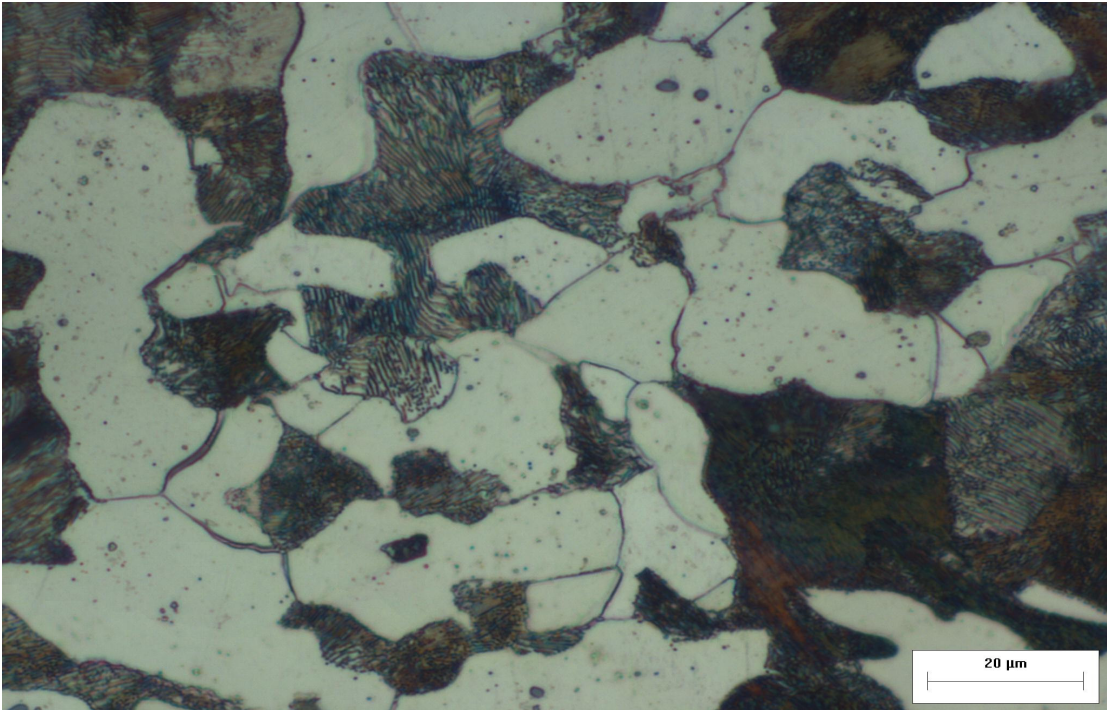
Şekil 5.8 1020 çeliğinin 1200⁰ C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2).



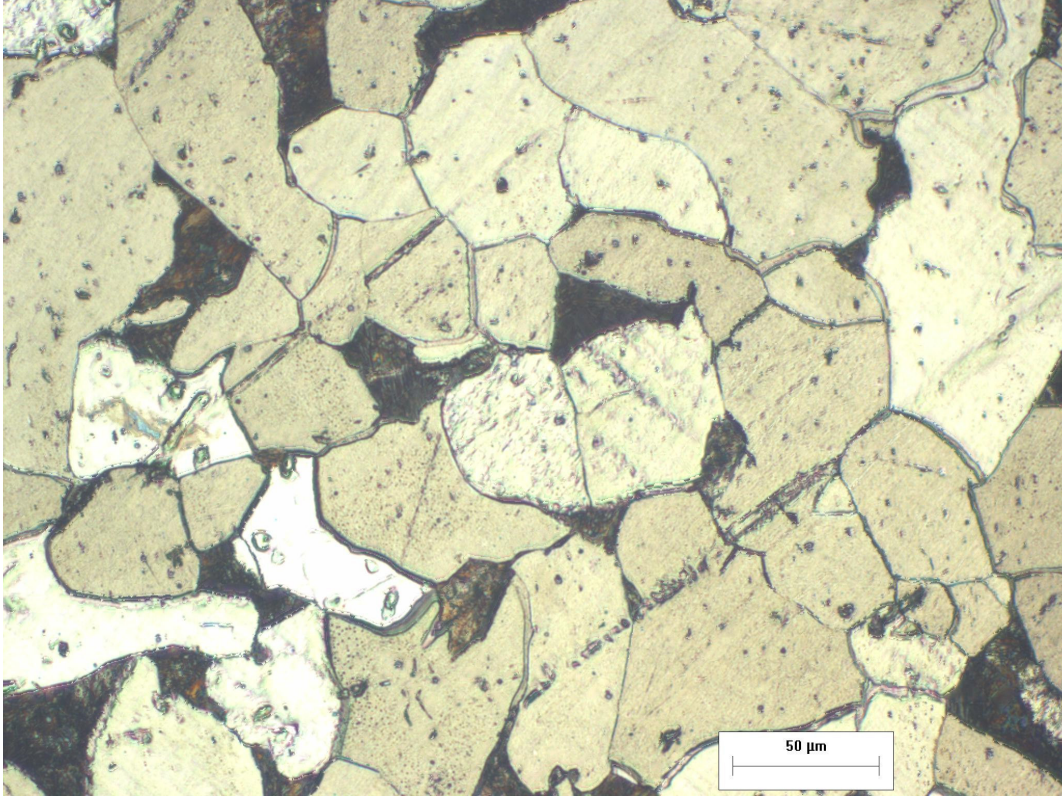
Şekil 5.9 1040 çeliğinin optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı.



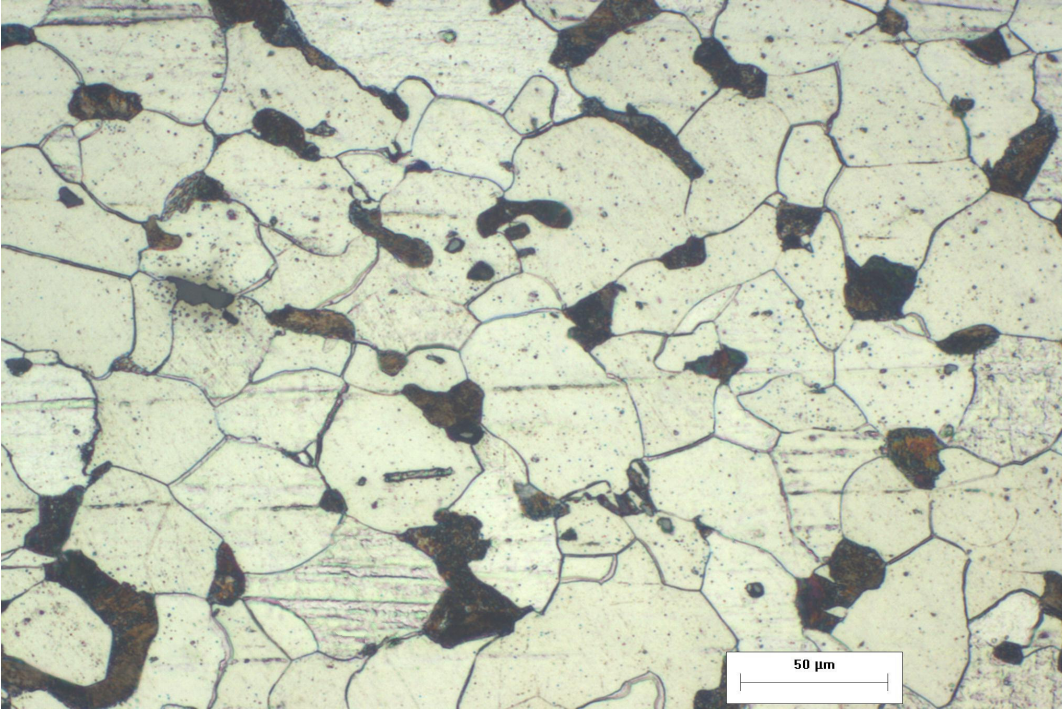
Şekil 5.10 1040 çeliğinin 1000⁰ C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı(1).



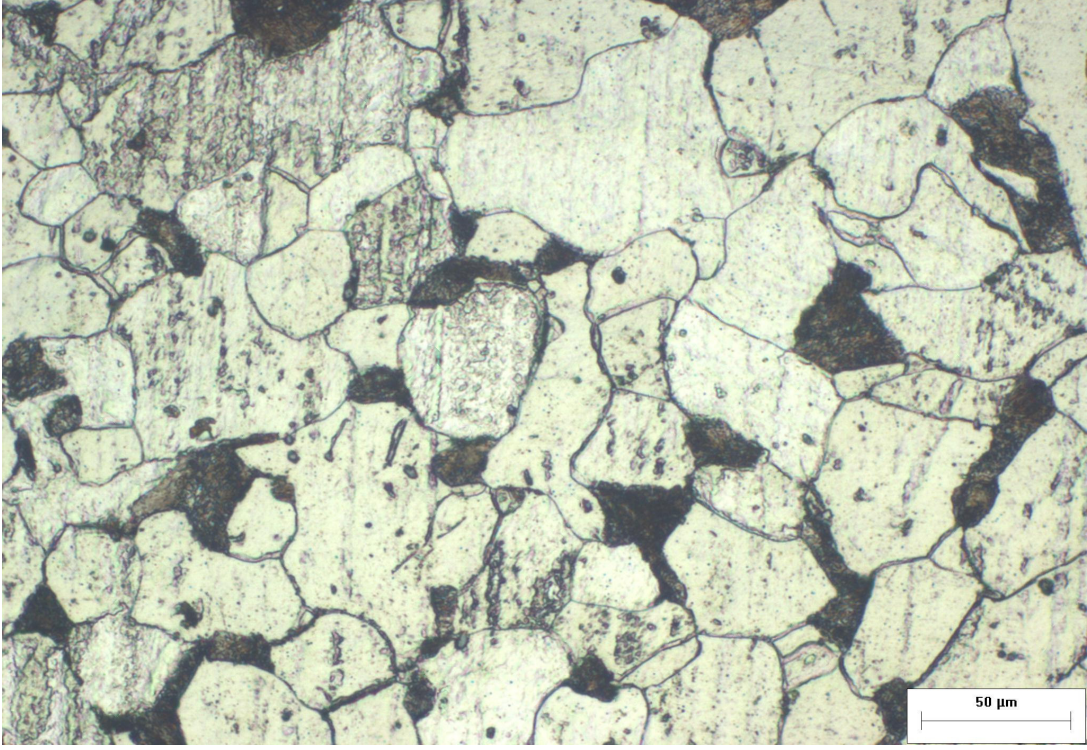
Şekil 5.11 1040 çeliğinin 1000⁰ C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2).



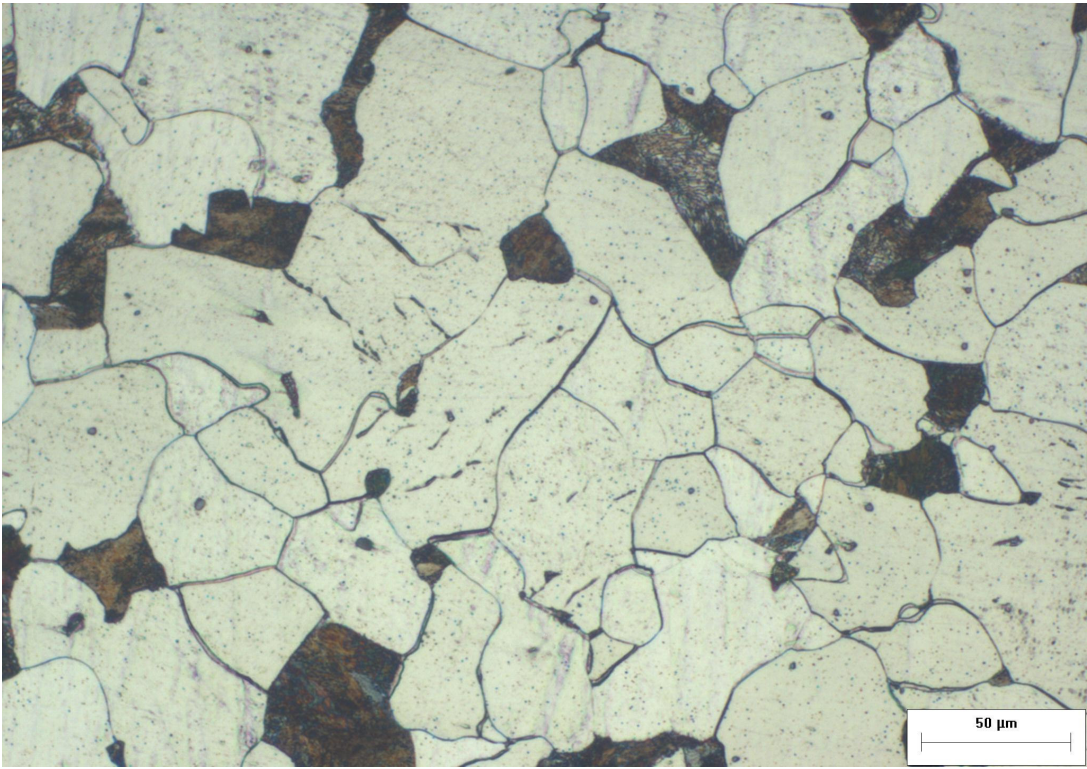
Şekil 5.12 1040 çeliği 1100⁰ C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1).



Şekil 5.13 1040 çeliğinin 1100⁰ C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (2).



Şekil 5.14 1040 çeliğinin 1200⁰ C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1).



Şekil 5.15 1040 çeliğinin 1200⁰ C 'de optik mikroskoptan alınmış içyapı fotoğrafı (1).

Yukarıdaki şekillerde $1000^{\circ}C$, $1100^{\circ}C$ ve $1200^{\circ}C$ 'lerde ısıtma tabii tutulmuş 1020 ve 1040 çeliklerinin $50\ \mu m$ ve $20\ \mu m$ 'daki içyapı resimleri verilmiştir (Şekil 5.2–16). Bu resimler daha sonra şekil 5.1'de olduğu gibi mikroskopik yöntemle tane boyutu büyüklükleri hesaplanıp Çizelge 5.1 oluşturulmuştur.

Çizelge 5.1 Numunelerin tane boyutu büyüklüğü.

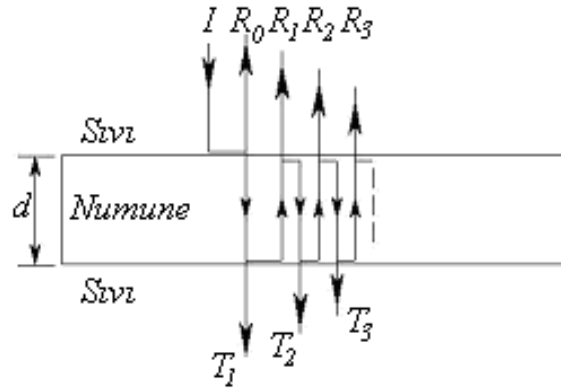
Numune	Tane boyutu büyüklüğü (μm)
1020 Çeliği (işlemsiz)	11,15
1000 derece 1020 (ortalama)	27,675
1100 derece 1020 (ortalama)	31,795
1200 derece 1020(ortalama)	38,675
1040 Çeliği (işlemsiz)	10,31
1000 derece 1040 (ortalama)	12,295
1100 derece 1040 (ortalama)	27,95
1100 derece 1040 (ortalama)	30,125

İri tane yapısı malzemeyi yüksek sıcaklıklarda ısıtma veya yüksek sıcaklıklarda uzun süre bekletme sonucunda oluşur. Çeliklere uygulanan yüksek sıcaklık sonucu, iri taneli yapılar meydana gelmiştir. Kimyasal özelliği aynı olan iki çeliğin tane boyutları farklı ise mekanik özellikleri de farklıdır. Bu farklılık tane sınırlarından kaynaklanmaktadır. Ultrasesle yapılan çalışmalarda tane boyutu hesaplamaları Rayleigh bölgesinde yapılmaktadır. Bu bölgenin özelliği gelen ultrases dalgasının dalga boyu ortamın tanecik boyutundan çok çok büyük olmasıdır. Bu sebeple ultrases dalgası ortam içinde küçük parçacık ve taneciklerle etkileşime girmez. Çeliklere uygulanan ısıtma işlemi beraber iri taneli yapılar meydana gelmiş, dolayısıyla tane boyutu büyüklükleri artmıştır. Tane boyutunun artmasıyla Rayleigh saçılma bölgesi değil tane boyutunun gelen ultrases dalgasının dalga boyundan çok çok büyük olduğu difüzyon saçılma bölgesine geçiş olmuştur. Bundan dolayı gelen ultrases dalgası ortam içinde soğrulmadan dolayı sönmeye uğrayacağından attenuation katsayısı artmıştır. Çizelge 5.1'e bakıldığında AISI 1020 ve AISI 1040 çeliklerine uygulanan ısıtma işlemde sıcaklık

artışı ile birlikte çeliklerde kristal kafesinde yeniden kristalleşme ile birlikte iri taneli yapılar oluşmuştur. Tane boyutları artmasıyla birlikte attenuation katsayısı da artmıştır. Çünkü ultrases dalgası çelik içerisinde bütün taneler ile değil bir tek tane ile etkileşime girecektir. Burada tane saçılması söz konusudur.

5.2 Attenuation katsayılarının belirlenmesi

Ultrases dalgası malzeme içerisinde ilerlerken hızında ve genliğinde malzemeye göre değişiklik gözlenir. Bu çalışmada sönüm ölçümü için fotoğrafik metot (Darbari et al 1968) kullanılmıştır. Tahribatsız muayene cihazın ekranında elde edilen pik deseni kaydedilerek pik boyları hesaplanmıştır. Pik boyları hesaplanırken, ekran 5 eşit parçaya bölünerek her parça bir birim olarak alınmıştır.



Şekil 5.16 Numune içine gönderilen I ultrases dalgasının yansıyan ve geçen kısımlarının şematik olarak gösterimi.

Şekil 5.17’de numune yüzeyine gelen ultrases dalgası (I) ile gösterilir. R ve T ise sırasıyla yansıyan ve geçen dalgaları gösterir. A_0 numune yüzeyine ilk gelen pik, yani R_0 ’dan kaynaklanan piktir. İkinci pik (A_1), arka yüzeyden ilk yansıyan R_1 ’den kaynaklanan pik ve üçüncüsü de pik (A_2), R_2 ’den kaynaklanan piktir.

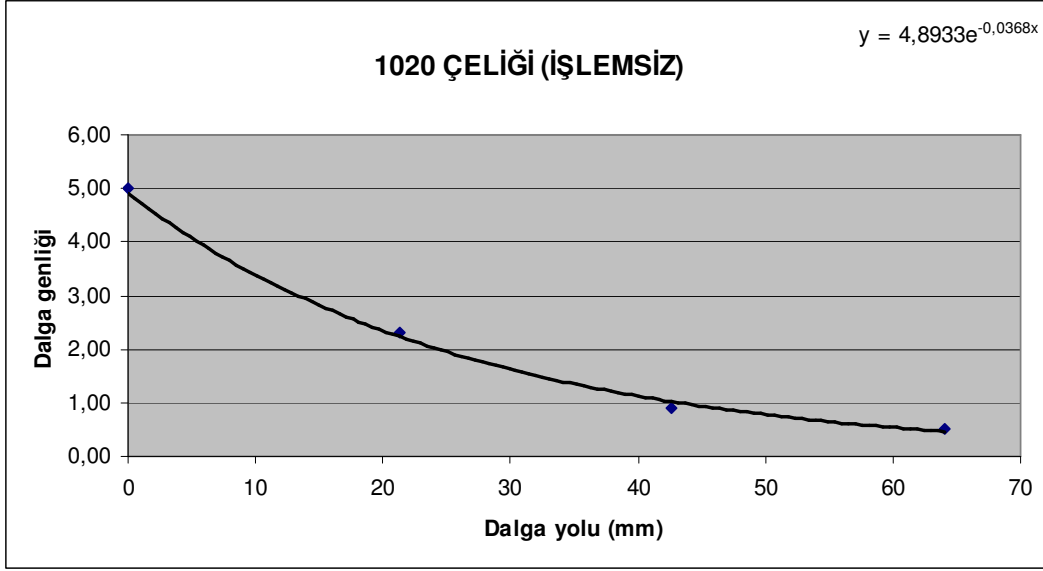
Çizelge 5.2 Ölçümler sonucunda numunelerin pik boyları.

Numune	Ölçümler			
	A_0	A_1	A_2	A_3
1020 Çelik, işlemsiz	5	2.3	0.9	0.5
1020 Çelik, 1000°C (ortalama)	5	2.3	1.15	0.5
1020 Çelik, 1100°C (ortalama)	5	2.20	0.90	0.55
1020 Çelik, 1200°C (ortalama)	5	1.9	0.65	0.3
1040 Çelik, işlemsiz	5	2.0	0.7	0.3
1040 Çelik, 1000°C (ortalama)	5	2.25	0.8	0.45
1040 Çelik, 1100°C (ortalama)	5	2.3	1.05	0.45
1040 Çelik, 1200°C (ortalama)	5	2.15	0.95	0.4

Çizelge 5.2 'de verilen pik değerleri bilgisayar ortamında çizilmiştir. Bu üstel eğriler

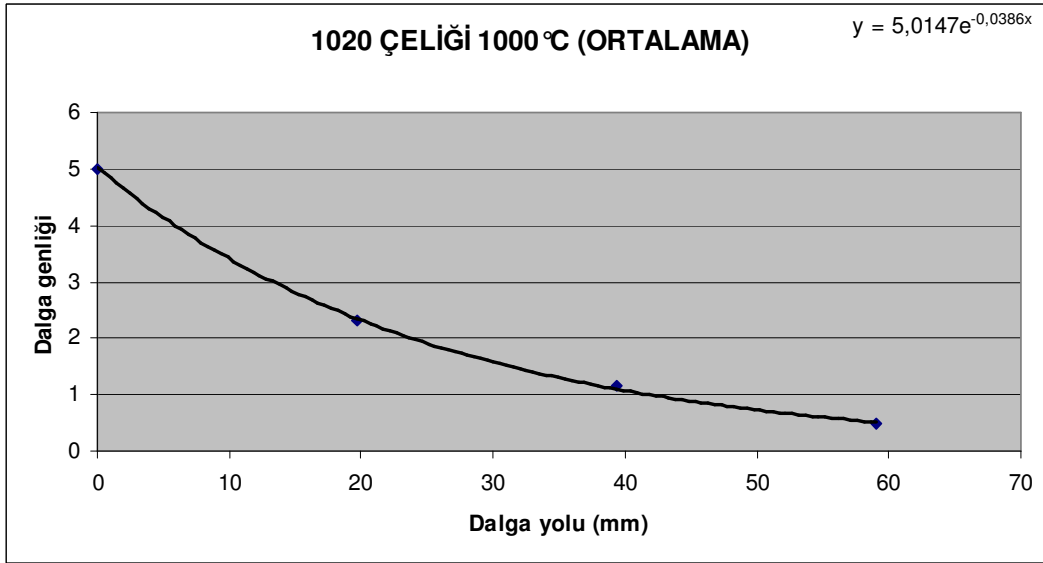
$$A = A_0 e^{-\alpha x} \quad (5.2)$$

şeklindedir. Bu eşitlik denklem (3.8) ile aynıdır. Bu şekilde attenuation katsayısı α (neper biriminde) deneysel olarak belirlenmiştir. Çizelge 5.2 ultrasonik tahribatsız muayene cihazında görülen (Şekil 4.5) dalga genlikleri ölçülerek oluşturulmuştur. Bu ölçümde cihazın ekranı beş eşit parçaya bölünerek her parça bir birim alınmıştır.



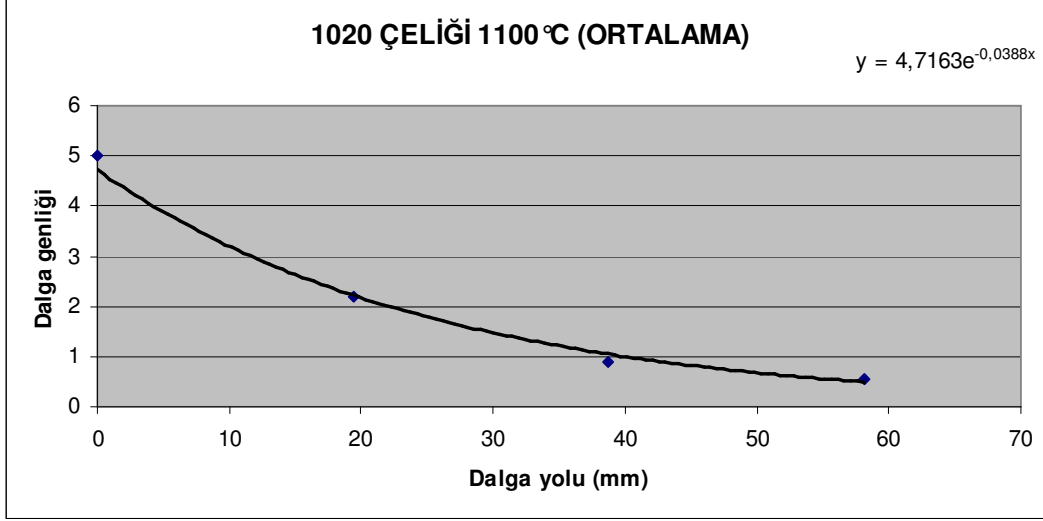
Şekil 5.18 1020 (işlemsiz) çeliğinin sönüm grafiği.

Şekil 5.18’de hiçbir ısı işlem görmemiş AISI 1020 çeliğinin bilgisayar tarafından noktalara en yaklaşık olarak çizilen attenuation eğrisi gösterilmektedir. Sağ üst tarafta yer alan denklem ise attenuation denklemdir. Denklemde üstlü olarak ifade edilen kısım numune kalınlığı ile attenuation katsayısının çarpımının iki katıdır ($2d\alpha$). Şekilde ifade edilen siyah çizgi attenuation denkleminin eğrisidir.



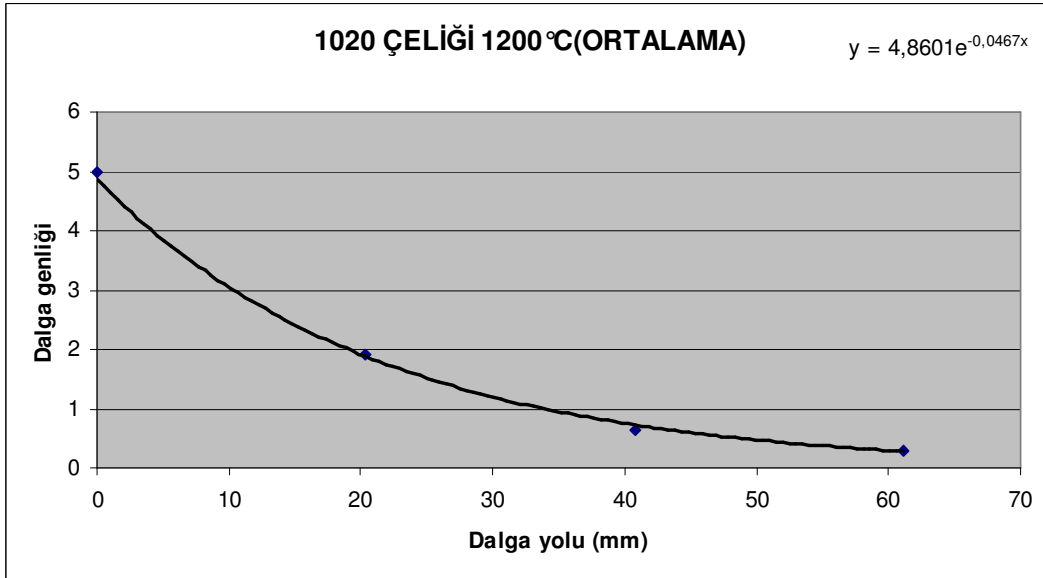
Şekil 5.19 1000°C’ de ısı işlem görmüş 1020 çeliğinin sönüm grafiği.

Şekil 5.19'da 1000°C'de ısıtılmış AISI 1020 çeliğinin attenuation eğrisi gösterilmektedir. Yatay eksen dalga yolunu dikey eksen ise dalga genliğini ifade eder.



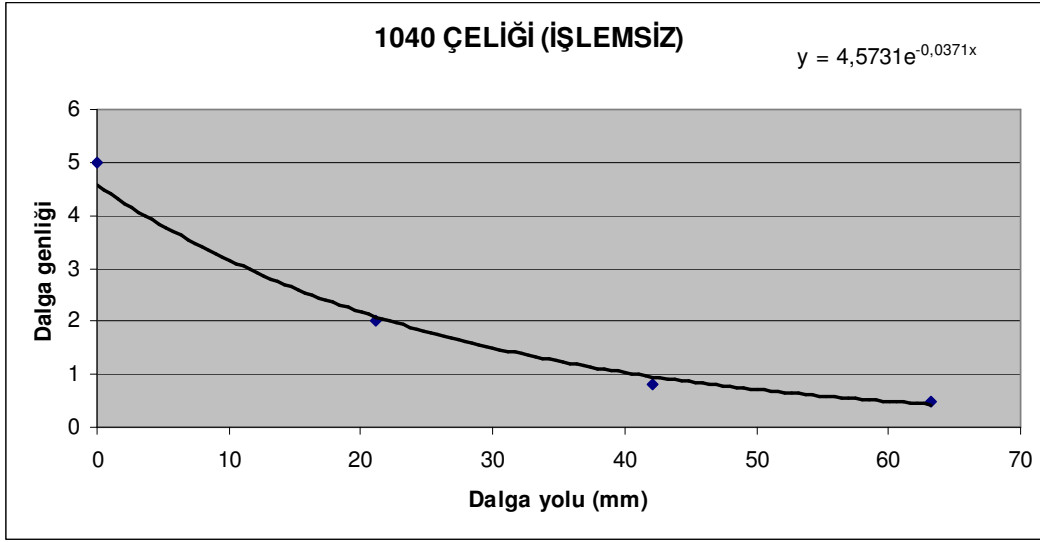
Şekil 5.20 1100°C' de ısıtılmış 1020 çeliğinin sönüm grafiği.

Şekil 5.20'de 1100°C' de ısıtılmış AISI1020 çeliğinin bilgisayar tarafından noktalara en yaklaşık olarak çizilen attenuation eğrisi ve denklemini gösterilmektedir.



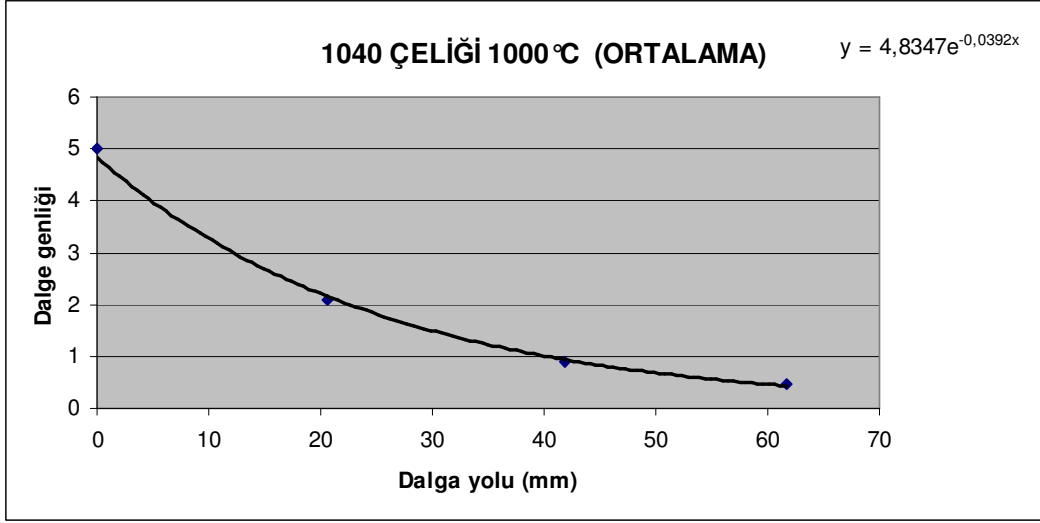
Şekil 5 21 1200°C' de ısıtılmış 1020 çeliğinin sönüm grafiği

Şekil 5.21'de 1200°C' de ısıl işleme tabi tutulmuş AISI 1020 çeliğinin bilgisayar ortamında noktalara en yaklaşık olarak çizilmiş attenuation eğrisi ve denklemi gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi 1020 çeliğine ısıl işlemde uygulanan sıcaklık artışıyla birlikte attenuation denkleminin ve deneysel olarak bulunan attenuation katsayısı artmıştır.



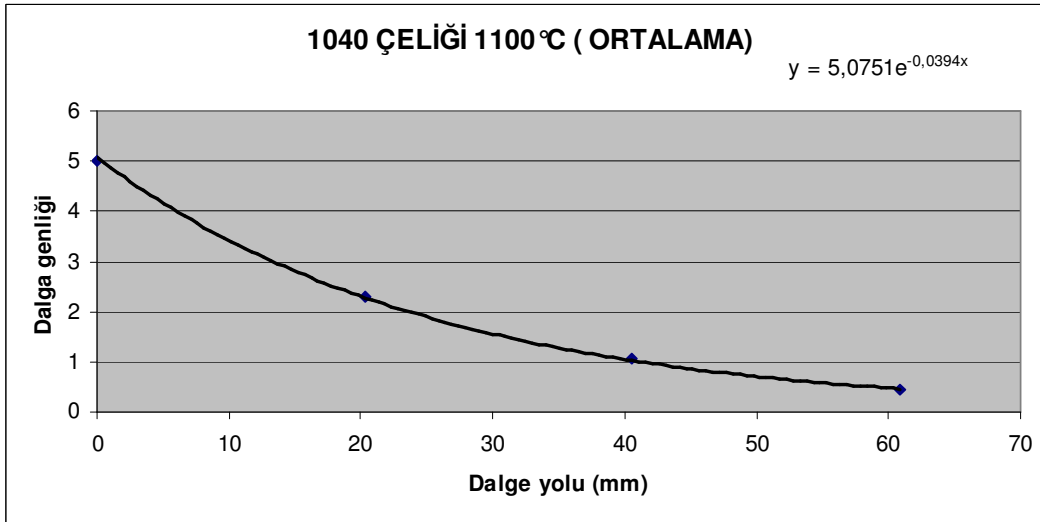
Şekil 5.22. 1020 (işlemsiz) çeliğinin sönüm grafiği.

Şekil 5.22'de hiçbir ısıl işlem görmemiş AISI 1040 çeliğinin bilgisayar tarafından noktalara en yaklaşık olarak çizilen attenuation eğrisi gösterilmektedir. Sağ üst tarafta yer alan denklem ise attenuation denklemdir. Denklemde üssü olarak ifade edilen kısım numune kalınlığı ile attenuation katsayısının çarpımının iki katıdır ($2d\alpha$).



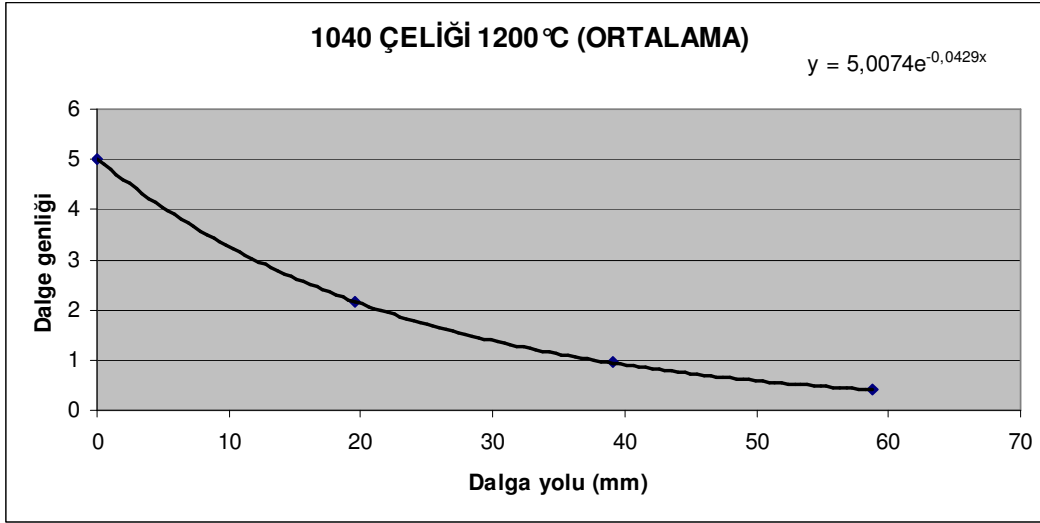
Şekil 5.23 1000°C' de ısıı işlem görmüş 1040 çeliğinin sönüm grafiği.

Şekil 5.23'de 1000°C' de ısıı işlem görmüş AISI 1040 çeliğinin bilgisayar tarafından noktalara en yaklaşık olarak çizilen attenuation eğrisi ve denklemini yer almaktadır. Grafikte yatay eksen dalga yolunu düşey eksen ise dalga genliğini ifade etmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi çeliğe uygulanan ısıı işlemle birlikte attenuation eğrisinin eğimi artmıştır.



Şekil 5.24 1100°C' de ısıı işlem görmüş 1040 çeliğinin sönüm grafiği.

Şekil 5.24'de 1100°C' de ısıtılmış 1040 çeliğinin bilgisayar tarafından çizilen attenuation eğrisi ve denklemi gösterilmektedir. Şekilde yatay eksen dalga yolunu, dikey eksen ise dalga genliğini ifade eder. Sağ üst tarafta yer alan denklem ise attenuation denklemdir. Denklemde üssü olarak ifade edilen kısım numune kalınlığı ile attenuation katsayısının çarpımının iki katıdır ($2d\alpha$). Şekildeki mavi çizgi attenuation denkleminin eğrisi, siyah çizgi ise deneysel olarak bulunduğumuz attenuation eğrisidir.

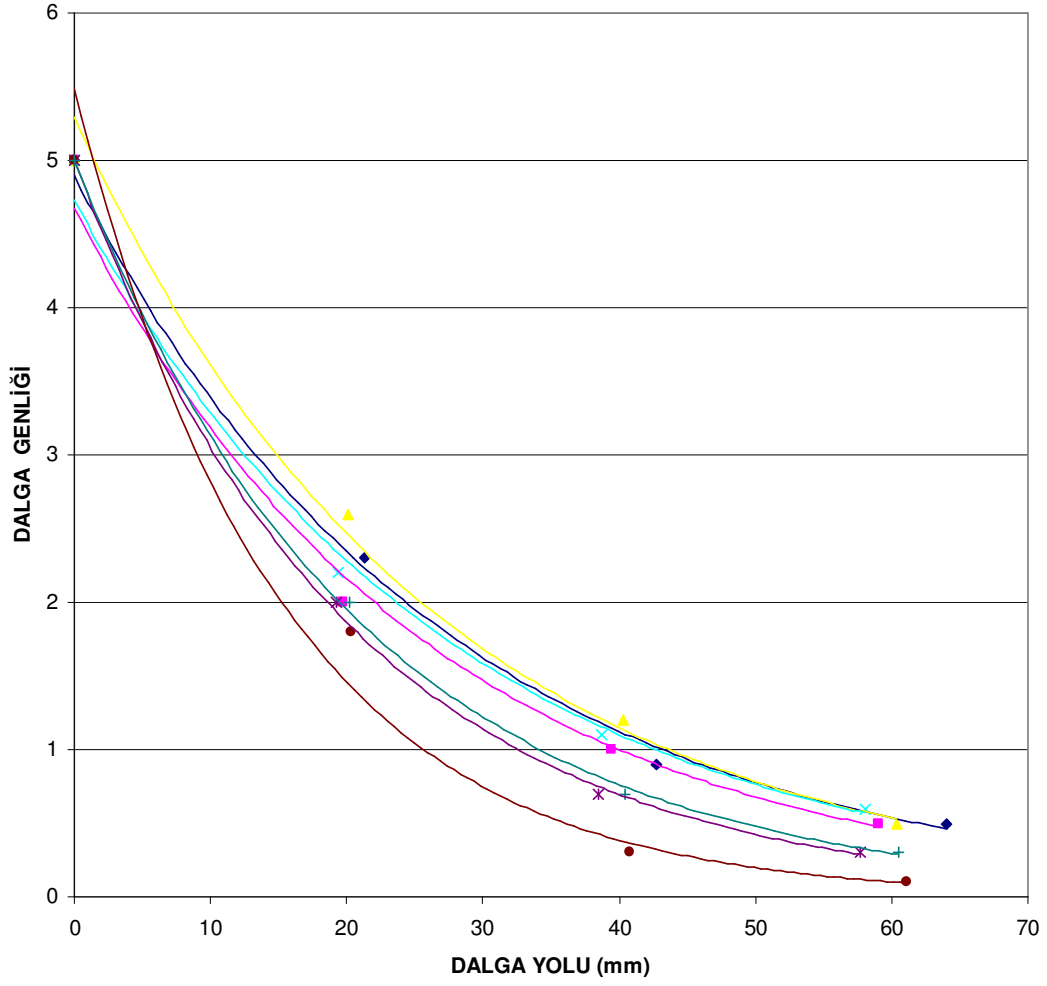


Şekil 5.25 1200°C' de ısıtılmış 1040 çeliğinin sönüm grafiği.

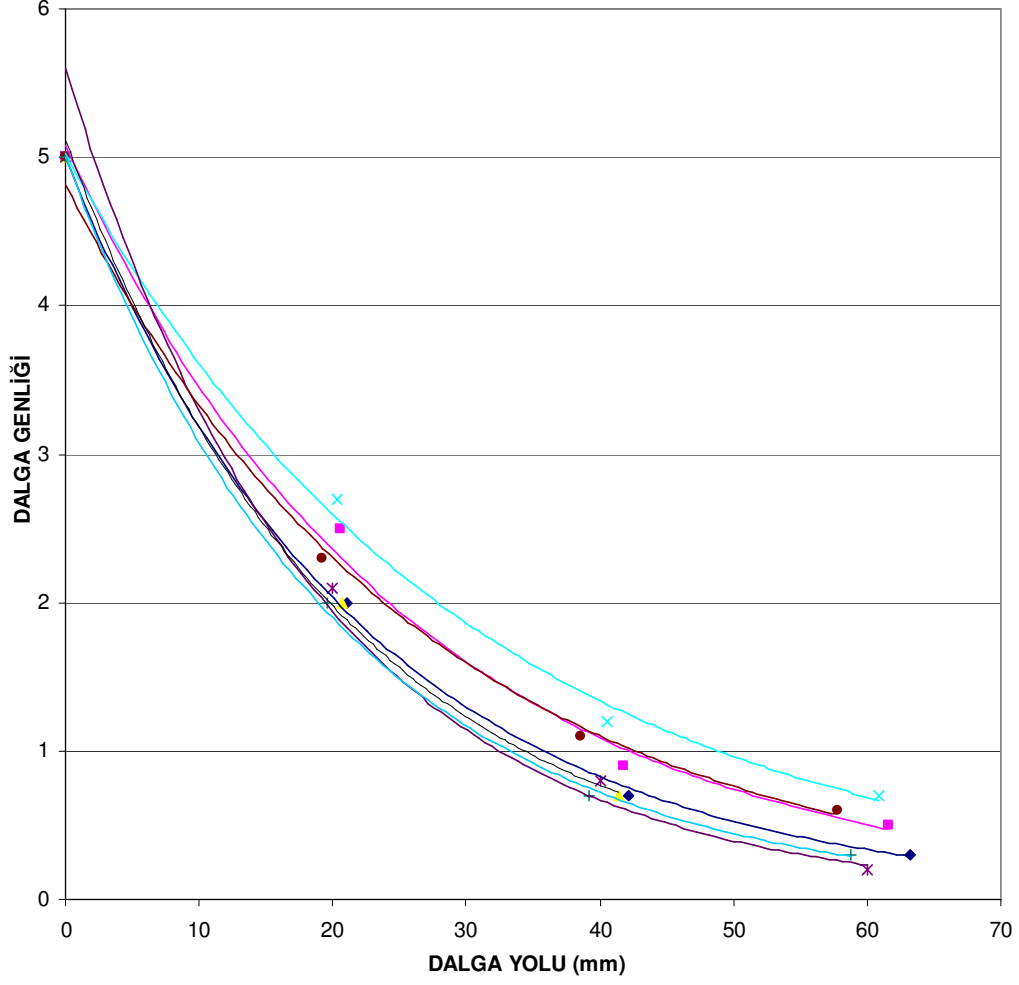
Şekil 5.25'de 1200°C' de ısıtılmış AISI 1040 çeliğinin bilgisayar ortamında çizilmiş attenuation eğrisi ve denklemi gösterilmektedir. Şekilde ifade edilen mavi çizgi deneysel olarak bulunan attenuation eğrisini siyah çizgi ise attenuation denkleminin eğrisidir. 1200°C çeliklere uyguladığım en yüksek sıcaklıktır ve bu sıcaklık değerinde attenuation eğrisinin eğimi artmıştır.

Yukarıdaki şekillerde (Şekil 5.2–5.9) 1020 ve 1040 çeliklerine uygulanan ısıtılma sıcaklık artışıyla birlikte attenuation eğrisi de artmıştır, dolayısıyla dalga çelik içerisinde daha çok sönüme uğramıştır. Attenuation (sönüm) eğrisinin eğiminin artması, ortama gönderilen ultrases dalgasının dalga boyunun artması anlamına gelir. Dalga boyunun artmasıyla ortam içinde ultrases dalgası küçük parçacık ve taneciklerle etkileşime girmeyecek, dolayısıyla soğrulma katsayısını düşürecek. Soğrulma katsayısını artıran diğer bir etken de ısıtılma sıcaklık artışıyla birlikte ufak taneli yapılar bir araya

gelerek aynı özelliklere sahip iri taneli yapıları oluşturur. Sonuçta çeliklere uygulanan ısıtma işlemi sıcaklık artışıyla birlikte, ultrases dalgasının attenuation katsayısı (α) artar.



Şekil 5.26 1020 çeliğinin farklı ısı işlemler altında elde edilen attenuation eğrileri. AISI 1020 çeliği için 1000°C'de ısı işleme tabi tutulmuş 1020 çeliğinin, “(—)” attenuation eğrisi. (—) 1000°C'de ısı işleme tabi tutulmuş 1020 çeliğinin attenuation eğrisi. (—) 1100°C'de ısı işleme tabi tutulmuş 1020 çeliğinin (1) attenuation eğrisi. (—) 1100°C'de ısı işlem uygulanmış 1020 çeliğinin attenuation eğrisi. (—) 1200°C'de ısı işlem uygulanmış 1020 çeliğinin attenuation eğrisi. (—) 1200°C'de ısı işlem uygulanmış çeliğin attenuation eğrisini göstermektedir.



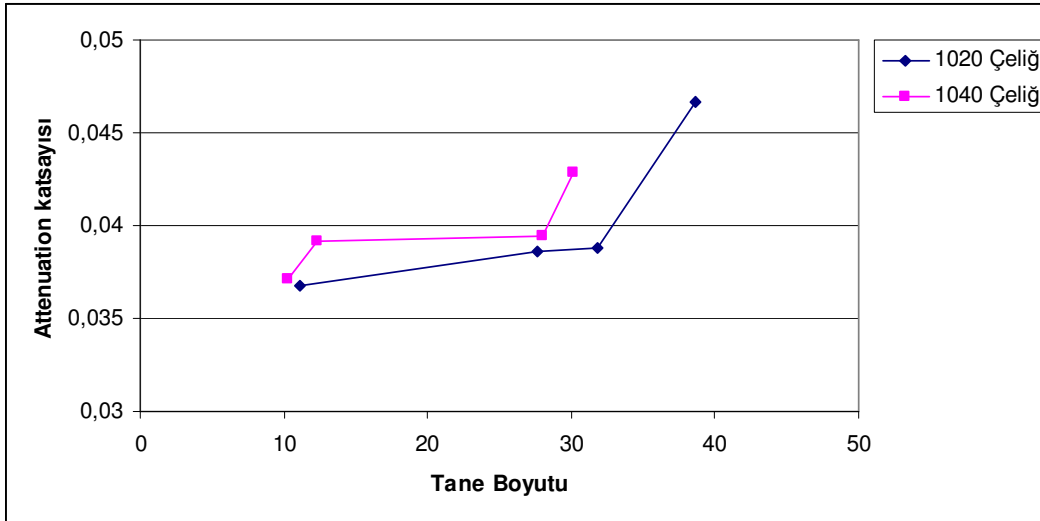
Şekil 5.27 1040 çeliğinin farklı ısı işlemler altında elde edilen attenuation ergileri. AISI 1040 çeliği için 1000°C’de ısı işleme tabi tutulmuş 1040 çeliğinin , “(—)” attenuation eğrisi. (—) 1000°C’de ısı işleme tabi tutulmuş 1040 çeliğinin attenuation eğrisi. (—) 1100°C’de ısı işleme tabi tutulmuş 1040 çeliğinin attenuation eğrisi. (—) 1100°C’de ısı işlem uygulanmış 1040 çeliğinin attenuation eğrisi. (—) 1200°C’de ısı işlem uygulanmış 1040 çeliğinin attenuation eğrisi. (—) 1200°C’de ısı işlem uygulanmış 1040 çeliğinin attenuation eğrisini göstermektedir.

Şekil 5.26 ve Şekil 5.27’de çizilen attenuation eğrilerinin denklemlerinde üstel kısım, alınan yol ve attenuation katsayısının çarpımıdır ($2d\alpha$). Alınan yol her malzeme için malzemenin kalınlığının iki katıdır. Malzeme kalınlıkları (Çizelge 4.3) her numune için ayrı ayrı göz önünde bulundurularak hesaplanan attenuation katsayıları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2’de görüldüğü gibi 1020 ve 1040 çeliklerine 1000°C, 1100°C ve 1200°C’ler de ısıtma işlemi uygulanmasıyla birlikte attenuation katsayısı artmıştır. Bunun sebebi ısıtma işlemi sıcaklık artışı ile birlikte yeniden kristalleşme ile iri taneli yapılar meydana gelir ve bunun sonucunda soğrulma katsayısı artmasıdır. Ultrases ortam içine girdiğinde tane yapısının büyümesiyle soğrulma katsayısı artmıştır. Buda attenuation katsayısının artmasına sebep olmuştur. Ultrases ortam içine girdiğinde dalganın genliğinde ortam içinde aldığı yolla birlikte üstel olarak azalma meydana gelir (Denklem 3.8). Attenuation katsayısı Şekil 5.26–27’deki bilgisayar tarafından noktalara en yaklaşık olarak çizilen attenuation denklemlerindeki üstlü ifadenin ikiye bölünmesiyle elde edilmiştir ve çizelge 5.3 oluşturulmuştur. Çizelgede gösterildiği gibi AISI 1020 ve AISI 1040 çeliklerine ısıtma işlemi uygulanan sıcaklık artışıyla birlikte attenuation katsayısı artmıştır.

Çizelge 5.3 Numunelerin attenuation katsayıları ile tanecik boyutları.

NUMUNE	TANECİK BOYUTU (µm)	ATTENUATION KATSAYISI (Db/mm)
1020 çeliği (işlemsiz)	11,15	0,0368
1020 çeliği 1000°C	27,675	0,0386
1020 çeliği 1100°C	31,795	0,0388
1020 çeliği 1200°C	38,675	0,0467
1040 çeliği (işlemsiz)	10,31	0,0371
1040 çeliği 1000°C	12,295	0,0392
1040 çeliği 1100°C	27,95	0,0394
1020 çeliği 1200°C	30,125	0,0429



Şekil 5.28 AISI 1020 ve AISI 1040 Çeliklerinde tane boyutunun attenuation katsayısına etkisi

6 TARTIŞMA VE SONUÇ

Malzemeye hasar vermeden yapılan çalışmaların tamamına tahribatsız muayene denilmektedir. Ultrases tahribatsız muayene yöntemlerinden birisidir. Ultrasesin temel tekniği farklı ortamlarda, yüksek frekanslı ses olan, ultrasesin hareketinin davranışı incelenmesidir. Malzeme ile ilgili yapılan çalışmaların tamamı farklı iki ortama gelen ultrases dalgasının sınır değerleri ile etkileşiminin analizi ve ultrases dalgasının ortam içindeki sönümü üzerinedir.

Yapılan çalışmada, gelen ultrases dalgasının ortam ile etkileşimi sonucu değişen tanecik boyutuna bağlı olarak attenuation (sönüm) katsayısının hesaplanması amaçlanmıştır. Bu tez çalışmasında sıcaklık ve bekletme sürelerine bağlı olarak AISI 1020 ve AISI 1040 çeliklerinin tane boyutlarının artması sağlanmıştır.

Yüksek sıcaklıklarda uygulanan tam tavlama yöntemi sonucunda, yeniden kristalleşme sonucunda iri taneli yapılar oluşmuştur. Kimyasal bileşenleri aynı olan iki çeliğin tane boyutları farklı ise mekanik özellikleri de farklıdır. Mekanik özelliklerinin farklı olmasının sebebi tane sınırlarıdır. Çünkü tane sınırlarında atomların düzenli dizilişi bozulacak ve atomları birbirine bağlayan kuvvet azalacaktır. Metallerin tane sınırlarında metalik ve metal olmayan yabancı atıklar bulunabilir. AISI 1020 ve AISI 1040 çeliklerine $1000^{\circ}C$, $1100^{\circ}C$ ve $1200^{\circ}C$ 'lerde ısıtma işlemi uygulanmasıyla tane sınırlarında bulunan bu yabancı atıklar (metalik ve metal olmayan atıklar) çözünerek esas kristalin yapısına içersine girer. Bu şekilde sınır tabakaları ortadan kalkar ve aynı özelliklere sahip iri taneli yapılar meydana gelir.

Isıtma işlemi; numunelerin belli bir sıcaklığa çıkarılması (sıcaklık artışı), o sıcaklık değerinde bekletilmesi (bekletme) ve oda koşullarına gelinceye kadar soğutma işlemi (soğutma) olmak üzere üç aşamalı gerçekleşir. Bu tez çalışmasında sıcaklık artışını 60 dakika bekletme süresini 30 dakika ve soğutma işlemini tam tavlama olarak belirlenmiştir. Tam tavlama yönteminin özelliği soğutma işleminin fırın içerisinde gerçekleşmesidir. Bu şekilde iri taneli yapılar oluşması sağlanmıştır. Karbon çeliklerinin ergime ısısı $1600^{\circ}C$ 'dir. Bu çalışmada en fazla $1200^{\circ}C$ 'de çelikleri ısıtma işlemi tabi

tutulmasının sebebi daha yüksek sıcaklıklarda çelikte bulunan karbon oranı değişmekte ve bu da çeliğin mekanik özelliklerini değiştirmesidir.

Ultrases dalgası ortam içinde moleküllerin titreşimi şeklinde ilerler ancak ortam içine girdiğinde farklı moleküllerin de titreşmesine sebep olur. Bu dalganın enerjisinin azalmasına ve ortamın ısınmasına sebep olmaktadır. Ultrases dalgası ortam içine girdiğinde dalganın enerjisinin azalmasından dolayı ortam içinde aldığı yolla birlikte dalganın genliğinde üstel olarak azalma meydana gelir (Denklemler 3.8).

Ultrases dalgası ortam içinde ortamın tamamı ile değil taneciklerle etkileşime girer, dolayısıyla tanecik saçılması söz konusudur. Tanecik boyutu hesapları Rayleigh bölgesinde yapılmaktadır. Ancak çeliklere uygulanan ısıtma işlemi birlikte iri taneli yapılar meydana gelmekte ve saçılma bölgesi olarak difüzyon bölgesine geçiş olmuştur. Tane boyutu ultrases dalgasının dalga boyundan büyük olduğundan soğrulma katsayısı artmış ve bundan dolayı ısıtma işlemi sıcaklık artışıyla birlikte attenuation katsayısı artmıştır (Çizelge 5.2).

Yapılan çalışmada sıcaklık ve bekleme süresine bağlı olarak tane boyutlarının artması sağlanmış, tane boyutunun artmasıyla birlikte soğrulma katsayısının dolayısıyla attenuation katsayısının artması gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, S. ve Taylor, T., 2004, "Inversion of ultrasonic attenuation for textural information of polycrystals", 16th World Conference on NDT Proceedings, 471-494.
- Anderson, M.F. ve Brown, D.G., 1998, "The direct estimation of sound speed using pulse-echo ultrasound", Journal of the Acoustical Society of America 104, 3099-3106.
- Atalar, A., Jipson, V., Koch, K. ve Quate, C.F., 1979, "Acoustic microscopy with microwave frequencies", Annual Review of Material Science 9, 255-281.
- Baker, D.W., 1970, "Pulsed ultrasonic Doppler blood-flow sensing", IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics SU-17, 170-185.
- Ballantine, H. T., Bolt, R. H., Hueter, T. F. ve Ludwig, G. D., 1950, "On the detection of intracranial pathology by ultrasound", Science 112, 525-528.
- Bashyam, M., 1991, "Ultrasonic NDE for ceramic- and metal- matrix composite material characterization", Review of Progress in Quantitative NDE 10, D.O. Thompson and D.E. Chimenti (Eds.), Plenum Press, New York, 1423-1430.
- Beecham, D., 1966, "Ultrasonic scatter in metals: Its properties and its application to grain size determination", Ultrasonics 4, 67-76.
- Curie J. ve Curie P., 1880, "Sur l'électricité polaire dans les cristaux hémihédres à faces inclinées", CR Séances Acad Sci, 91; 383-386.
- Deniz, A., 2005, "Alümina Seramiklerinde Tanecik Boyutunun Ultrases ile Belirlenmesi", Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

- Dussik, K., 1942, "On the possibility of using ultrasound waves as a diagnostic aid", *Neurol. Psychiat.*, 174, 153-168.
- Firestone, F.A., 1943, U.S. patent 2.439.13.9.
- Firestone, F.A., 1945, "The supersonic reflectoscope for interior inspection", *Metal Progress*, 48; 505-512.
- French, L.A., Wild, J.J. ve Neal, D., 1951, "The experimental application of ultrasonics to the localisation of brain tumors", *Neurosurgery* 8; 198-203.
- Goebbels, K. ve Höller, P., 1976, "Quantitative determination of grain size by means of scattered ultrasound", *Proceedings of the 8th World Conference on NDT*, 1-7.
- Goebbels, K., Hirsekorn, S. ve Willems, H., 1984, "The use of ultrasound in the determination of microstructure", *IEEE Ultrasonics Proceedings*, 841-846.
- Goebbels, K., 1986, "Ultrasonics for microcrystalline structure examination", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A320*, 161-169.
- Hirsekorn, S., 1983, "The scattering of ultrasonic waves by polycrystalline II.", *Shear waves, Journal of the Acoustical Society of America* 73, 1160-1163.
- Kara, R., "Tane Boyutunun Hmk Kafesli Metallerin Temel Mekanik Özelliklerine Etkisi", *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*
- Kumar, B. ve Kumar, A., 1996, "Evaluation of ultrasonic attenuation without invoking the diffraction correction seperately", *Ultrasonics* 34, p. 847-853.
- Langevin, P. ve Chilowsky, C., 1916, "Procédés et appareil pour production de signaux sous-marins dirigés et pour la localisation à distances d'obstacles sous-marins", *French patent no. 502913*.

- Lemons, R.A. ve Quate, C.F., 1974, "Acoustic microscope-Scanning version", Applied Physics Letters 24, 163-165
- Lipmann, G., 1881, An. Chim. Phys., 24, 145-149.
- Miller, N.R. ve Bamber, J.C., 2000, "Thresholds for visual detection of Young's modulus contrast in simulated ultrasound image movies", Physics in Medicine and Biology 45, 8, 2057-2079.
- Nagy, P.B., 1999, Ultrasonic Nondestructive Evaluation, Ders Notları, University of Cincinnati, Dept. Aerospace Eng. and Eng. Mech., p.3.15-3.16
- O'Brien, W.D., Sagar, K.B., Warltier, D.C. ve Rhyne, T.L., 1995, "Acoustic propagation properties of normal, stunned and infarcted myocardium: Morphologic and Biochemical determinants", Circulation 91, 154-160.
- Papadakis, E. P., 1981, "Scattering in Polycrystalline Media", Methods Of Experimental Physics, Vol.19, Academic Press, London, p.237.
- Rayleigh, L., 1899, "On the transmission of light through an atmosphere containing small particles in suspension, and on the origin of the blue sky", The Philosophical Magazine, 47, 375-383.
- Rayleigh, Lord, Theory of sound, London, 1926
- Russell, M.D. ve Neal, S.P., 1994a, "Grain size power spectrum estimation for weak scattering polycrystalline materials using experimentally estimated backscatter coefficients: normal incidence", Ultrasonics 32, 163-171.
- Satomura, S., 1957, "Ultrasonic Doppler method for the inspection of cardiac functions", Journal of the Acoustical Society of America 29, 1181-1185

- Sokolov, S.Y., 1929, "On the problem of the propagation of ultrasonic oscillations in various bodies", *Elek. Nachr. Tech.*, 6:454-460.
- Töyräs, J., Rieppo, J., Nieminen, M.T., Helminen, H.J. ve Jurvelin, J.S., 1999, "Characterization of enzymatically induced degradation of articular cartilage using high frequency ultrasound", *Physics in Medicine and Biology* 44, 11, 2723-2733.
- Wells, N.T., 1969, "A range-gated ultrasonic Doppler system", *Medical & Biological Engineering* 7, 641-652.
- Wild, J.J., 1950, "The use of ultrasonic pulses for the measurement of biological tissues and the detection of tissue density changes", *Surgery* 27; 183-188
- Wild, J.J. ve Reid, J.M., 1952, "Application of echo-ranging techniques to the determination of structure of biological tissues", *Science* 115; 226-230.
- Wild, J.J. ve Reid, J.M., 1953, "The effects of biological tissues on 15-mc pulsed ultrasound", *Journal of the Acoustical Society of America* 25, 270-286.
- Zinin, V., Weise, W., Lobkis, O. ve Boseck, S., 1997, "The theory of three-dimensional imaging of strong scatterers in scanning acoustic microscopy", *Wave Motion* 25, 213-236.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Adı Soyadı: **Mehmet SARIKAŞ**
Doğum tarihi: 20/11/1977
Doğum yeri: İZMİR
Milliyet: T.C.
Askerlik durumu: Tecil (Yüksek Lisanstan dolayı)
Adresi: Bahçelievler mah. Okul sok. No 13 D 1 BALIKESİR-0505-4304399 0-266-2444091
Telefon: Sarikas44@hotmail.com
E-mail:

Eğitim:

İlkokul Zağnos Paşa İlköğretim Okulu (1986-1990)
Ortaokul Cumhuriyet Lisesi(1991-1994)
Lise Ticaret odası lisesi(1994-1997)
Üniversite Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü (2001-2005)
Alümina seramiklerin ultrases ile incelenmesi
Yüksek lisans Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik ABD. (2005-..) (Tez aşaması)

Yapılan

Çalışmalar:

Sunulan
Seminerler

Numune içerisinde ultrases dalgasının ilerlemesi, TUAM, Ocak 2005, Erdal Akar Konferans Salonu