

ULTRASONİK KONTROL YÖNTEMİNDE HATA DEĞERLENDİRMESİ

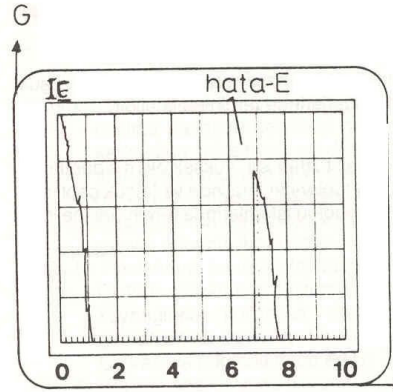
Malzeme içindeki devamsızlıklardan, ultrasonik cihazın ekranında alınan echoların, referans hatalardan elde edilen referans eğrileriyle karşılaştırılarak yapılan değerlendirmeye, ultrasonikte hata değerlendirme denir. Bu tip hata değerlendirme metotlaştırılarak A V G veya D G S metodu olarak tanımlanmıştır.

A : Uzaklık : D

V : Kazanç : G

G : Büyüklük : S

Ekranın yatay ekseninde hatanın derinliği düşey ekseninde de hatanın büyüklüğü ve cihazın kazanç düğmelerinden de cihaza verilen kazancı (Gücü) dB (desibel) cinsinden tesbit edilir.



Şekil 1

Ultrasonikte hataların algılanmasına hizmet eden, probun elektriksel impulsları ses dalgalarına dönüştürerek malzeme içine gönderirler ve tekrar algırlar. Gönderilen ve tekrar algılanan ses dalga demetine SES KERVANI denir.

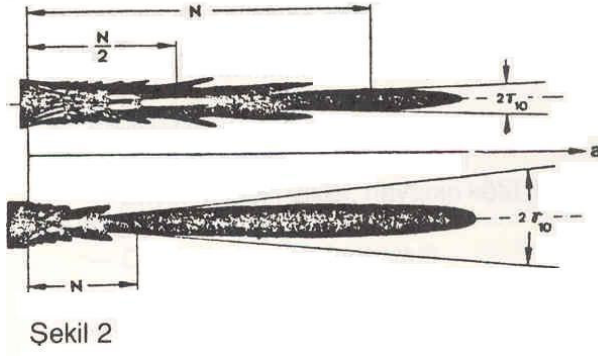
SES DEMETİ

Şekil 2'de probun gönderdiği ses demetinin gerçek formu görülmektedir.

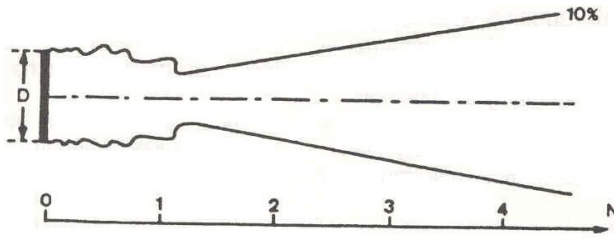
Şekil 3'de ise ses demetinin yaklaşık bir formu görülmektedir. Şu şekilde incelenir:

Yakın Alan = N

Bu alan içerisinde ses enerjisi homojen değildir. Enerjinin maksimum bölgeleri olduğu gibi minimum bölgelere de rastlanır.



Şekil 2



Şekil 3

Odak - F

Ses demetinin daraldığı ve ses enerjisinin maksimum olduğu kesittir.

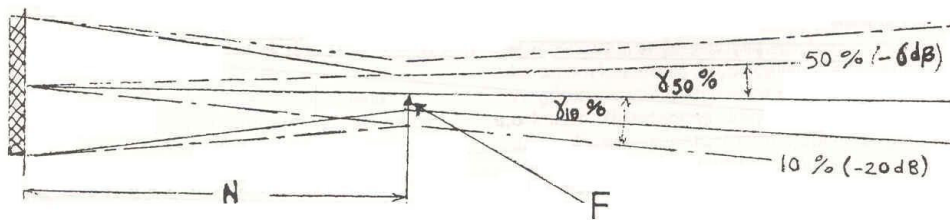
Uzak Alan

Odaktan itibaren ses demeti açılarak yayılmaya başlar ve uzaklıkla orantılı olarak ses basıncı azalır bu alana da uzak alan denir.

Merkez Demet (Akustik eksen)

Prob kristaline her uzaklıkta dik olarak yayılan ses demetine akustik eksen denir. Akustik eksen üzerindeki her nokta da aynı uzaklıktaki sınır demetlerdeki noktalardan ses basıncı daha yüksektir. Ses demetinde ses yoğunluğunun max olduğu noktalar akustik eksen üzerindeki noktalardır. Uzaklık kanununa bağlı olarak bu eksen üzerinde de ses yoğunluğu kaynaktan uzaklaştıkça azalır.

Gerçekte ses demetini sınırlamak mümkün değildir fakat pratikte ses demetinin sınır demetlerinden söz edilir. Mesela %50 sınır demeti veya %10 sınır demeti gibi ses yoğunluğunun merkez demet üzerindeki noktalara göre %50 zayıfladığı noktaların veya %10 zayıfladığı noktaların sınırladığı doğrulara %50 veya %10 sınır demetleri denilir.



Şekil 4

Ultrasonik kazanç (güç) birimi olarak kullanılan desibel (dB) Logaritmik bir ifadedir.

Ultrasonik cihaz ekranı üzerindeki bir echonun yüzde olarak boyunu azaltması veya yükselmesi için gerekli kazançlarla mevcut kazançlar arasındaki farka desibel denilir ve AV ile ifade edilir. Kısacası iki echo arasındaki kazanç farklıdır.

$$AV = 20 \text{ Log } (A_1 / A_2)$$

A_1 = Birinci echonun yüksekliği A_2 = İkinci echonun yüksekliği

Misal: Yukarıdaki formüle göre bir echonun boyunu on kat yükseltmek için +20 dB kazanca echonun boyunu %50 (yarıya) indirmek içinde -6 dB kazanca ihtiyaç vardır.

Bu değerlerin ses sınır demetleri olarak ifadesinde %50'lik sınır demet veya -6 dB'lik sınır demet %10'luk sınır demette ise -20 dB sınır demet olarak söz edilir.

Ses demetinin uzak alanında ses demetleri açılarak yayılırlar. Ses demetinin bu formu sabit bir açı altında olur. Bu açığa yayılma açısı veya uzaklaşma açısı denilir. Açısal değerler ise sadece belli sınır demetler için geçerlidir. Açının belirtilmesi halinde hangi sınır demetin açısı olduğu da mutlaka belirtilmelidir. Meselâ -6 dB ses sınır demeti için 50% veya -6 dB yayılma açısı denilir. Ses demetinin formu üç faktöre bağlıdır:

Effektiv kristal çapı = D_{eff}

Test frekansı = f

Ses hızı = c

Yakın alan uzunluğu N ile şu formül teşkil ettirilir:

$$N = (D_{eff}^2 \cdot f) / 4 \cdot C$$

Yayılma açısı için

$$\sin \theta_6 = 0.51 \cdot \frac{C}{f \cdot D_{eff}}$$

Misal:

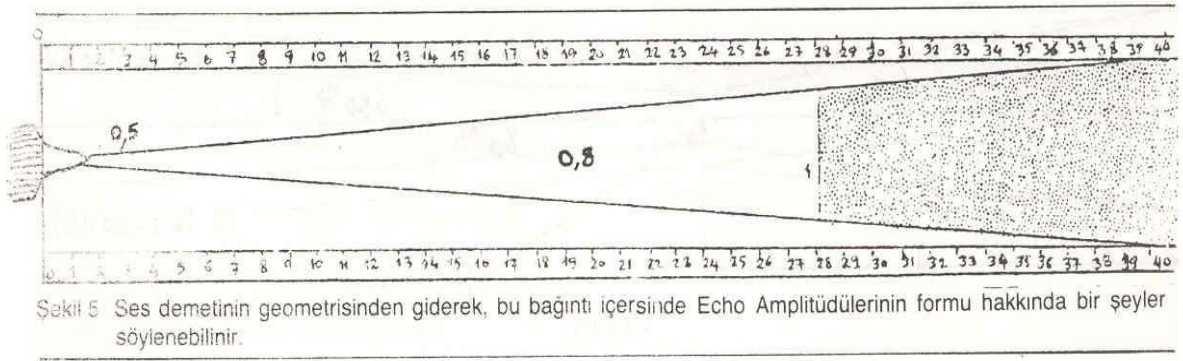
Prob : mB 4 S-N

Maizeme : Çelik $C = 5.92$ km/saniye

D_{eff} : 9,6 mm ve $f = 4$ mt-L

$$\sin \delta_6 = 0,51 \cdot \frac{5,92 \text{ km/s}}{4 \text{ mHz} \cdot 9,6 \text{ mm}} = 0,0786$$

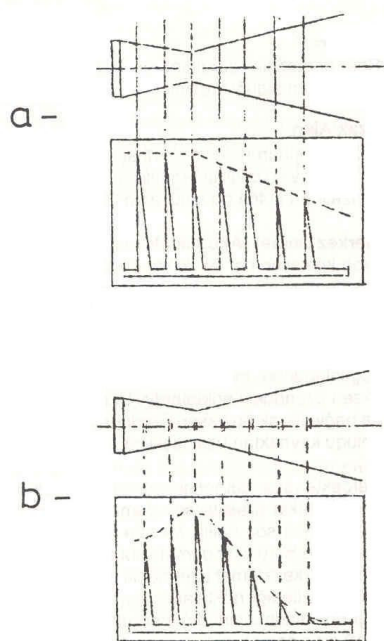
$$\delta_6 = 4,5^\circ$$



Değişik derinliklerden alınan arka cidar echoları Şek.6'daki gibi sıralanırlar:

- Yakın alanda ses enerjisinin tamamı proba geri yansıtıldığından echo boyları hemen hemen aynı yüksekliktedir.
- Odakta ses enerjisinin çok yoğun ve homojen olması dolayısıyla echo boyları en yüksektir.
- Uzak alanda ise ses demeti açılarak koni formunda yayıldığından geriye dönen ses enerjilerinin tamamı prob kristaline gelmez derinlik arttıkça ses enerjisi daha az algılanır.

Echo boyları yükseklik kaybederek sıralanırlar.

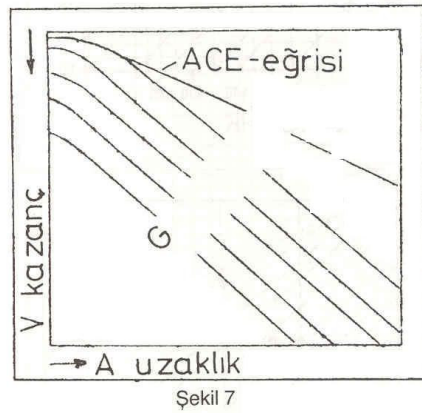


Şekil 6

Bu efekte ultrasonikte uzaklık kanunu denilir. Tabii ki bu arka cidar gibi tam yansıtıcılarda geçerlidir. Ses demeti formu içinde kalan küçük yansıtıcılar ancak ses demeti enerjisinin bir kısmını geriye yansıtırlar. Bundan dolayı daha değişik bir echo formu gözlenir. Şek. 6'da en alttaki şekilde olduğu gibi, yakın alanın sonunda ses demetinin odaklaşması nedeniyle odakta yoğun bir ses enerjisi geriye döner ve echo boyları max olur. Uzak alan içerisinde uzaklaştıkça echo boyları düşer.

Bu da küçük yansıtıcılar için ultrasonikte uzaklık kanunudur. Yukarıdaki şekilde çapı belli bir daireden değişik derinliklerden alınan echoların boyları ve çizdikleri eğri görülmektedir.

Değişik çaplardaki ve derinliklerdeki deliklerin verdikleri echolar tıpkı arka cidar echoları gibi bir koordinat sisteminde belirlenirler.



X - Ekseni üzerinde uzaklık (ses yolu) logaritmik olarak Y-ekseninde de kazanç desibel dB cinsinden tespitlenir. Şekil 7.

Uzaklık bağlantısı içerisinde belli büyüklüklerdeki daire formundaki yansıtıcıların kazançlarının belirlediği eğrilere U K B - diagramları diyoruz.

Almanca AVG A= Abstand = uzaklık
 V= Verstaerkung = kazanç (güç)
 G= Grösse = Büyüklük

İngilizce DGS D= Distance
 G= Gain
 S=Size

AVG - diagramı uzaklık kanunu çerçevesinde, belli çaplardaki daire formundaki yapay hataların ve arka cidar echolarının belirlendiği fiziksel bir görünümdür. Tüm diğer yansıtıcılar (gözenek, cüruf, gaz boşluğu, çatlak v.s.) geriye yansıtıkları ses enerjilerine yani verdikleri echo boylarına göre yapay hata eğrileriyle karşılaştırılarak değerlendirilirler.

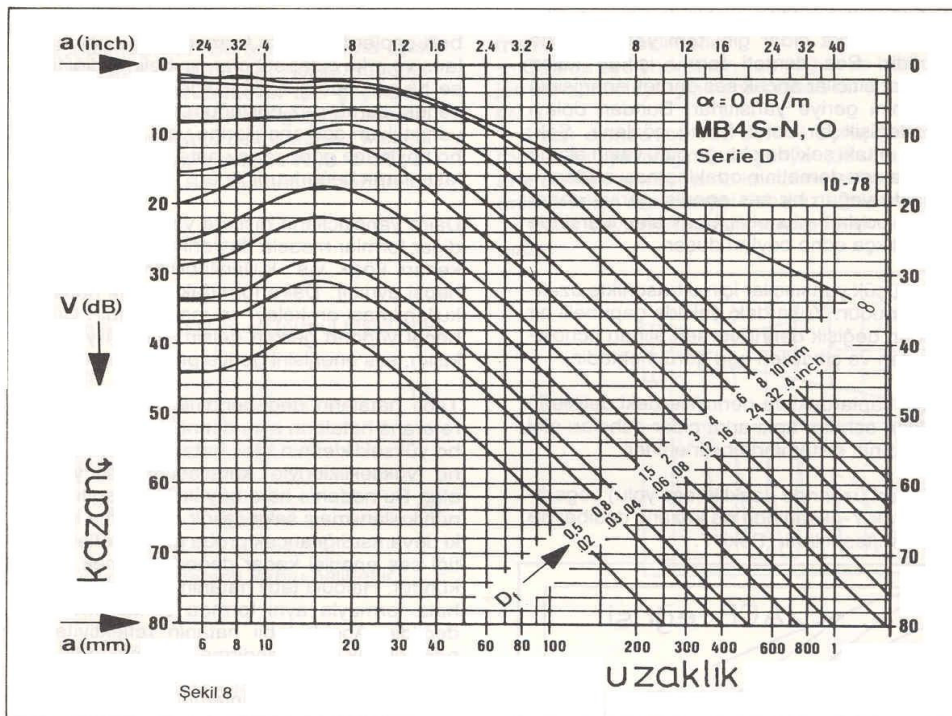
Daire yansıtıcıların dışında yapay hata olarak diğer formlar mesela bir yarık veya bir karenin kenarı köşe v.s. kullanılabilirirdi. Prensipinde hepsi aynıdır. Daire formundaki yapay hataların

kullanılması en kolayı ve mantıklısıdır. Çünkü hangi yönden gelirse gelsin, geldiği yöne bir kısım, ses enerjisini geriye proba yansıtırlar.

Tabii hataların değerlendirilmesinde, seçilen referans hataların aynı derinlikte verdikleri echo yüksekliklerinin tabii hatalardan alınan echo yükseklikleriyle karşılaştırılması yoluyla olur. Bu nedenle hata büyüklüğü tespiti sözünün kullanılması sakıncalıdır. Malzeme içindeki devamsızlığı ancak proba geriye reflekte ettiği ses enerjisi kadar değerlendirmek mümkündür. Halbuki tabii hatanın formunun yapay hata formuyla aynı formda olması mümkün değildir. Ancak tabii hatanın reflektivitesine bağlı olarak değerlendirme yapılmaktadır. Hatalı, bir hata büyüklüğü değerlendirmesi kavramı yerine gerçek anlamını bulan eşdeğer yapay hatalarla karşılaştırılma yöntemi olan Agivalent daire çapı (yansıtıcı yapay hata) veya Yapay Reflektör büyüklüğünden söz edilir.



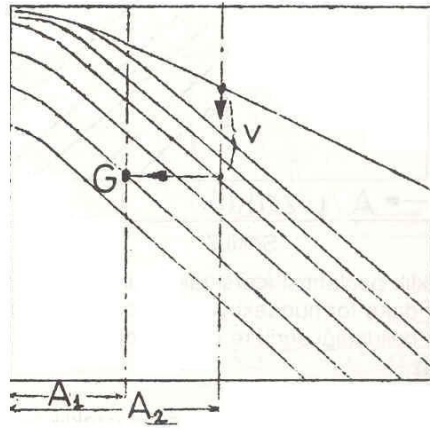
Tabii hataların bu şekilde yapay hatalarla karşılaştırılarak değerlendirilmesi bugün büyük bir anlam kazanmış birçok çalışmalarla neticeye götürür uygulanabilir bir metot haline getirilmiştir. Hazırlanmış diagram veya skalalar üzerinde yapay hata (daire çaplarına göre) eğrileri derinliklere göre belirlenmiş olup hata değerlendirmesinde yapılacak olan tabii hatalardan alınan echo yüksekliklerini bu eğrilerle karşılaştırmak olacaktır. Metodun daha da uy-



gulanabilirliğini sağlamak ve bazı şart ve verilere dayanarak değerlendirme yapabilmek için diagram ve skalalar üzerinde elde edilen eşdeğer daire eğrilerinden ön görülen referans eğri olarak seçilir bu eğriye göre ayarlar yapılır. Gerekli olan kazanç dB miktarı tespit edilir. Böylece gerçek aranan tabii hatanın bu sınıra göre değerlendirilmesi yapılmış olur.

YAPAY REFLEKTÖR BÜYÜKLÜKLERİNİN TESBİTİ

Bilinmeyen devamsızlıkların echo boylarını bilinen yapay hata echolarıyla karşılaştırarak ERG eşdeğer büyüklüklerini belirtiyorduk. Echoları veren reflektör biliniyorsa mesela arka cidar gibi ve arka cidarların derinlikleri de biliniyorsa: AVG - diyagramı üzerinde arka cidar echo eğrisi üzerinde bir başlangıç noktasını tespitle işe başlanır. Arka cidar derinliği S_r 'den yukarıya çıkılan bir doğrunun eğri ile kesiştiği noktadır.



Şekil 9

Hatadan elde edilen echonun kazancı ile arka cidar veya referans hatadan elde edilen echonun kazancı arasındaki fark tespit edilir yukarıdaki tespit edilen noktadan aşağıya doğru taşınır.

İkinci adım ise derinlik eksenine paralel olarak bu noktanın hata derinliğinden kazanç eksenine dik çıkılan doğru ile kesişene kadar kaydırmaktır.

Bu nokta şimdi A V G diagramı üzerinde eş değer hata eğrisini belirler. Bu pozisyonda gidilerek önceden belirlenen registre sınırının uzaklığı da verilebilir.

Misal (Şek.10)

Test malzemesi: Kalınlığı 200 mm. olan çelikten dövme bir malzeme Prob : MB 4 S-N

Hatasız bir yerden malzemedan arka cidar echosu alınır, iyice optime edildikten sonra bu arka cidar echosu belli bir ekran yüksekliğine getirilir. Mesela %80 ekran yüksekliği bu durumdaki kazanç okunur. Mesela $V_0 = 18$ dB. Bu işlemden sonra malzemede arama işlemi başlar 100 mm. derinlikte bir devamsızlık echosu görülsün. Şayet malzeme içindeki devamsızlıklar ses demeti içinde kalıyorsa bu devamsızlıkları AVG - metodunda değerlendirmek mümkündür. Tabii ki

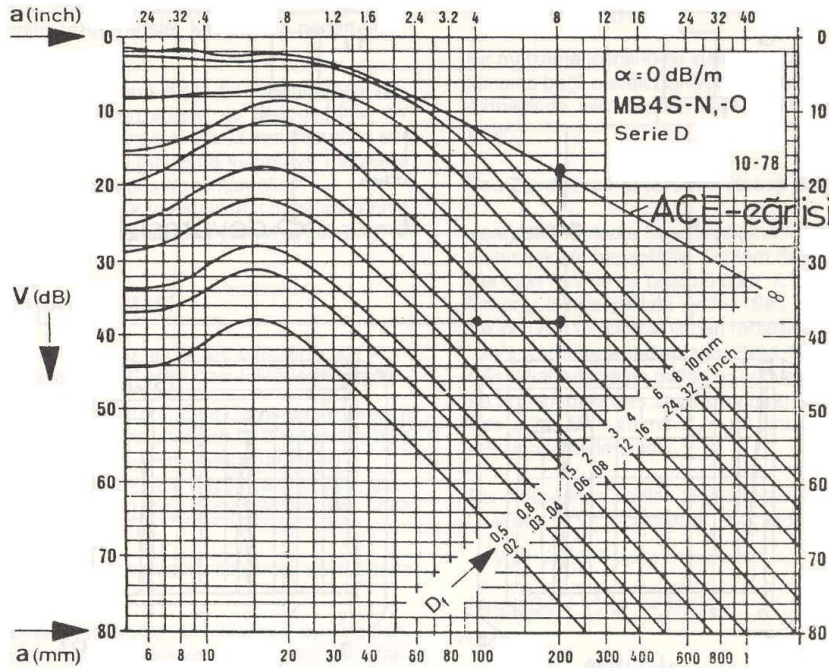
malzeme içindeki devamsızlıklar arka cidardan daha küçük yansıtıcıdır. Ses demeti formunun daha büyük olan devamsızlıkların sınırları belirlenir. Elde edilen devamsızlık echosu optime edildikten sonra algılama hassasiyetini artırmak için ilave ettiğimiz dB miktarı düşürülür.

Şimdi devamsızlık echosu arka cidar echosu yüksekliği olan %80 ekran yüksekliğine getirilir. Bu durumda kazanç $V_1 = 38$ dB olsun.

$$AV = V_1 - V_2$$

$$AV = 38\text{dB} - 18\text{dB} = 20\text{dB}$$

Bu AV kazanç farkı devamsızlık echosu ile arka cidar echosu arasındaki aynı referans yüksekliğe göre dB cinsinden

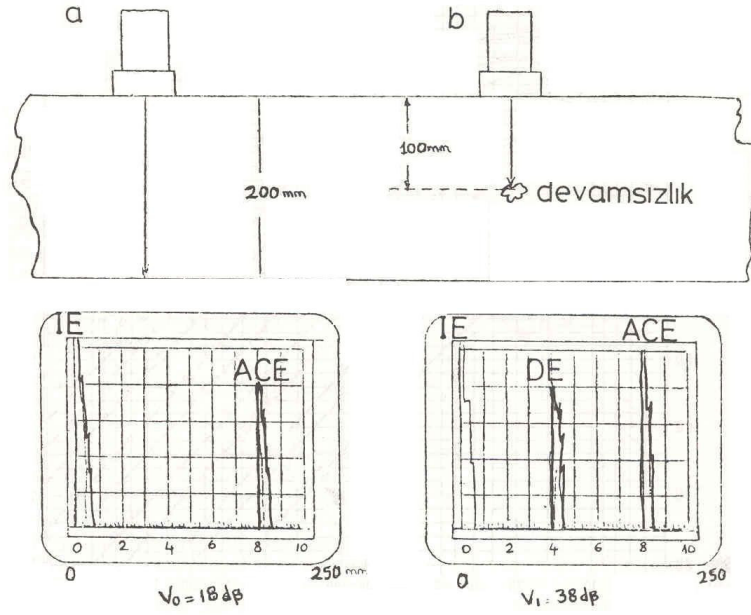


Şekil 10

kazanç farkıdır. Malzeme kalınlığı 200 mm dolayısıyla 200 mm derinlikten çıkacağımız bir doğrunun arka cidar eğrisiyle kesiştiği nokta başlangıç noktamız olacaktır. Şekil 11.

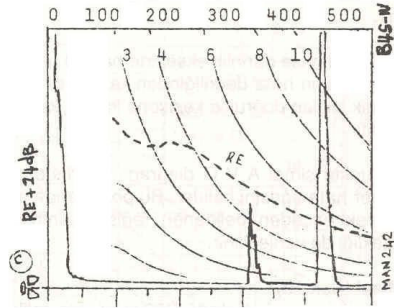
AVG - diyagramı üzerinde elde edilen bu noktadan $AV = 20$ dB aşağıya doğru inilir ve derinlik eksenine paralel olarak indiğimiz nokta sola 100 mm derinliğe kadar gidilir. Şekil 10,

Kesişme noktası eşdeğer daire eğrileri (2;3) arasındadır (ERG 2;3) 0 mm.dir. Öbür taraftan ret sınırı olarak 0 1 mm. daire eğrisi verilmiş olsun bu sınırı 14 dB'lik bir kazanç farkıyla geçmiş olan bir hata echosu elde etmiş bulunuyoruz.



Şekil 11

Bu şekilde hata değerlendirmesini kolaylaştırmak için ret ve kabul sınırını teşkil eden referans eğrisi (RE) Şek. 12 AVG-Skalası üzerinde göstermek daha uygun bir yaklaşım olur. AVG-diyagramlarını hata değerlendirmesinde emin olarak kullanabilmemiz için ve doğru bir hata değerlendirmesi yapılabilmesi için bazı şartların yerine getirilmesi gerekir.



Şekil 12

1 - Test malzemesi ne kadar büyükse, malzeme içindeki devamsızlığın reflektivitesi o oranda daha iyidir, dolayısıyla değerlendirilmesi daha kolaydır.

Malzemenin geometrisi ne kadar ses dalgalarının yayılmasına engel teşkil etmiyorsa AVG-metoduna göre hata değerlendirmesi o kadar iyidir. Mesela yan cidara yakın yerlerde, değerlendirme neticesi büyük ölçüde etkilenir.

2 - Malzeme içinde ses zayıflaması dikkate alınmayacak kadar küçükse bu durumda sadece uzaklık kanunu nedeniyle zayıflama dikkate alınır. Şayet dikkate alınması gerekiyorsa örneğin 4 mHz'lik açılı problemlerle test ederken ses zayıflaması fazladır. Elde edilen ERG değerinin mutlaka bazı faktörler uyarınca düzeltilmesi gerekmektedir.

3 - Test edilen malzemenin yüzey yapısı mümkün olduğu kadar iyi olmalıdır. En azından her tarafta homojen olmalıdır. Farklı yüzey yapısı farklı transfer kayıplarına neden olacağından test

neticesini negatif yönde etkileyecektir. Ayrıca yüzeydeki kavisler ve değişik formlar fazla transfer kayıplarına neden olurlar.

Yukarıdaki şıkların şöyle bir toparlanması gerekirse hataların sürekli ve değerlendirilir bir şekilde kontrolü gerekiyorsa ses demetine engel teşkil eden malzeme yüzeyi ve malzeme formuyla ilgili etkenler olmamalıdır. Dar ve karmaşık yapıdaki test malzemelerinin kontrolü için kontaklama yüzeyi uygun problemler seçilmelidir.

SES ZAYIFLAMASI

Uzaklık Kanunu nedeniyle echoların boy kaybetmelerine etki eden bazı faktörlerde vardır.

1) Sesin dönüşümü: Ses dalgalarının, titreşim enerjisi malzeme atomları tarafından absorbe edilerek, ısı enerjisine dönüştürülürler.

2) Sesin Savrulması: Küçük yansıtıcılar meselâ tane sınırları ses demetçiklerini her yöne doğru yansıtırlar.

Malzemede tane yapısı irileştikçe savrulmada artar.

Bu her iki faktörün de etkisi ayrı ayrı incelenmeyip neticede ses zayıflaması olarak adlandırılır. Ses zayıflamasının etkisi, probun algıladığı ses impulslarının ses yoluna bağlıdır. Ses zayıflamasının miktarı birbirinden farklı derinliklerde bulunan yansıtıcılardan alınan echo boyları arasındaki fark yardımıyla hesaplanır. Farklı derinlikteki iki yansıtıcıyı ele alalım. Meselâ arka cidar gibi birbirinin ses yolu S_1 , diğerinin S_2 olsun. Bu ses yollarından elde edeceğimiz echolar arasındaki kazanç farkı, toplam ses zayıflamasını yani Uzaklık kanunu nedeniyle Ses Zayıflaması + Ses Zayıflamasını verecektir. Şekil 13.

$$\Delta V = \Delta V_E + V_S$$

ΔV_E = Uzaklık kanunu nedeniyle kazanç zayıflama farkı

ΔV_S = Ses Zayıflaması nedeniyle kazanç kaybı farkı

Ses zayıflamasının etkisi ΔV_S ses yolu farkı nedeniyle kazanç kaybı olarak ifade edilir. Bu nedenle ses zayıflama faktörü olarak adlandırılır.

$$\alpha = \frac{V_S}{2(S_2 - S_1)} \frac{\text{dB}}{\text{mm}}$$

Bir malzeme içerisinde kullanılan probun frekansına bağlı olarak biliniyorsa hata değerlendirilmesinde ses zayıflamasının etkisi dikkate alınır.

Ses Zayıflama Faktörünün Hesap Edilmesi

Aşağıdaki metotla Ses Zayıflama faktörü basit bir şekilde hesaplanır. Toplam Ses Zayıflama farkı AV 'ın bir bölümü olan AV_E uzaklık kanunu içinde mütala edilen Ses Zayıflama faktörü AVG - diagramından rahatlıkla okunan AV_E yardımıyla hesaplanır. Şekil 13'de farklı ses yollarından elde edilen iki arka cidar echosu aralarındaki Ses Zayıflama farkı Şek.14'de Ses yolları $S_1 = 40$ mm $S_2 = 80$ mm plexiglass içersinde belirlenmiştir.

Bu elde edilen verilen doğrultusunda toplam AV 'den AV_E 'yi çıkararak AV_S elde edilir.

$$AV_S = AV - AV_E$$

Misal (Şekil 13 ve 14'den)

$$S_1 = 40 \text{ mm}$$

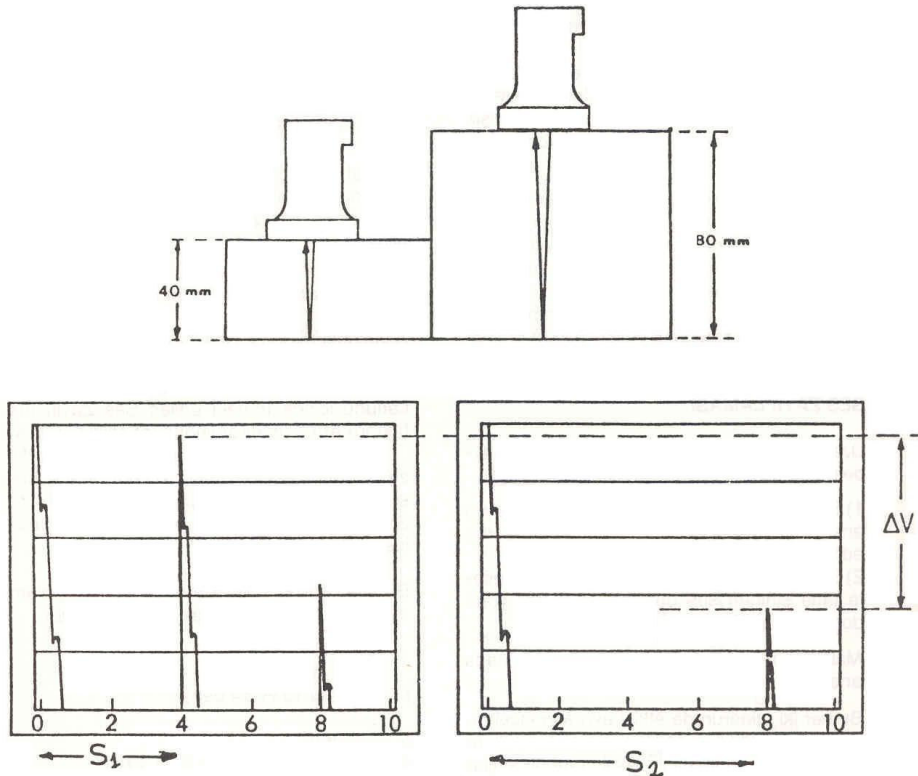
$$S_2 = 80 \text{ mm} \quad S_2 - S_1 = 40 \text{ mm}$$

Şes yolu farkı : $2(S_2 - S_1) = 80$ mm Ölçülen toplam kazanç zayıflaması :

$$\Delta V = 8 \text{ dB}$$

AVG - diyagramından : $\Delta V_E = 2$ dB , $\Delta V_S = 6$ dB

Ve formül (6)'ya göre $\alpha = 6 \text{ dB} / 80 \text{ mm} = 0,075 \text{ dB/mm}$

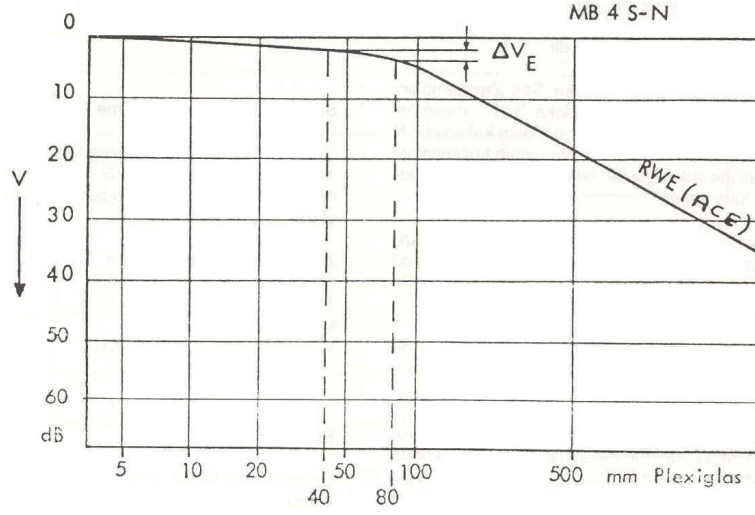


Şekil 13

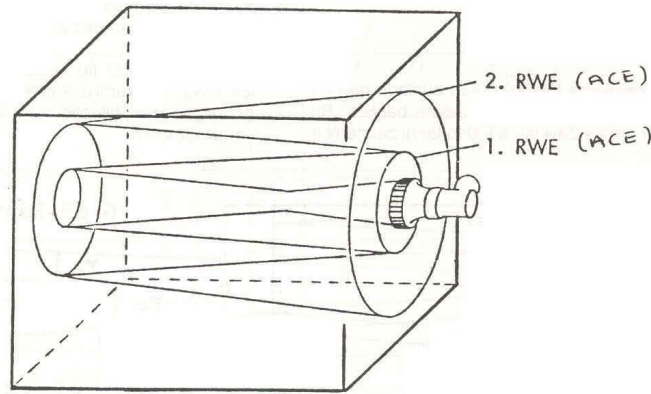
Ses zayıflamasının arka cidar tekrar echoları yardımıyla hesaplanması

İki değişik kalınlık yerine, iki değişik derinlikteki arka cidar echolarının ses zayıflamasının hesabında kullanılıp kullanılmayacağı sorusu sorulduğunda şu izahattan sonra ancak olumlu yaklaşım söz konusu olabilir.

Ses impulsları arka cidardan %100 oranında (1) yansdıktan sonra sınır yüzeye gelirler kontaklanma nedeniyle buradan %100 geriye yansması mümkün değildir. Bu nedenle ikinci arka cidar echosu uzaklık kanununun ve Ses Zayıflamasının dışında biraz daha küçüktür. Bu etken göz önüne alındığında ancak (3N) üç yakın alan uzaklığından sonraki arka cidar echoları kullanıldığında yukarıdaki izah edilen olayın etkisi dikkate alınmayacak kadar küçüktür çünkü arka cidar büyük bir yansıtıcıdır, kullanılan echolar uzak alan içindeki echolardır.



Şekil 14



Şekil 15

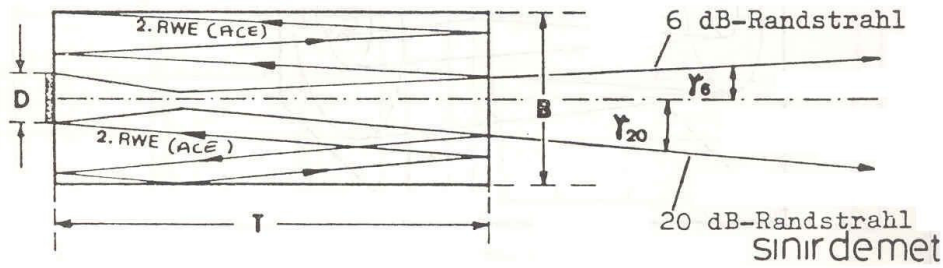
Uzak Alanda Arka Cidar Echoları için şu kural geçerlidir:

Derinliğin iki katma çıkarılması halinde echo lardaki boy kayıp farkı= 6 dB'dir. Bu durumda sadece AVG - diyagramını kullanmak yetersiz olacaktır. Ses yollarından alınan echolar arasındaki boy farkında -6 dB'lik uzaklık kanunu etkisi vardır.

Bu metoda göre mutlaka Ses Zayıflamasını ölçmek istiyorsanız mutlaka 3 N - mesafesi dışında kalan Arka Cidar echoları kullanılır 3 N içerisindeki echoların veya birinin kullanılması halinde yukarıda izah edilen nedenlerden dolayı hata yapılır.

Sınır yüzeydeki (prob/malzeme) yansıma kayıpları da arka cidar echo eğrisi doğrultusunda değildir. Dolayısıyla Ses Zayıflama faktörünün ölçümünde yanlış neticeye götürür.

Ölçüm neticesine etki eden diğer bir faktör de malzemenin dar olması halinde yan cidar yansımalarıdır. Yan cidarlar arka cidarlardan yansıyan ses impulslarının yol değiştirmesine neden olduklarından ses demeti enine ve boyuna dalga demetlerine ayrışır ve ekran üzerinde parazit echoların oluşmasına sebep teşkil eder. Şek. 16



Şekil 16

Minimum malzeme kalınlığının hesabı için şu formül kullanılır.

$$B_{\min} =)T.D) / N$$

T = Arka Cidar derinliği

D = Kristal çapı

N = Yakın alan derinliği

Ses zayıflama faktörü bütün bunların dışında malzemenin ağırlığına ve ısısına bağlıdır. Bu nedenle Ses Zayıflama Faktörlerini belirten bir çizelge hazırlamanın anlamı yoktur. Her kontrol probleminde önce malzeme üzerinde bu Ses Zayıflama Faktörünü hesaplamak en doğrusudur.

Ses Zayıflamasını Düzeltme Faktörü

Ses zayıflaması anlamı içerisinde hatayı tam değerlendirebilmek için AVG - diyagramı üzerindeki ERG değerine etki eden AV_S 'in doğru olarak tespiti gerekmektedir.

Zayıflama kaybı dB cinsinde

$$\Delta V_s = V_2 - V_1$$

V_2 = Arka cidar (dB)

V_1 = Hata veya yansıtıcı (dB)

Ses Zayıflaması:

Devamsızlığa kadar = V_1 Arka Cidara kadar = V_2

$V_T = 2 S$, boyuna dalga demeti $V_2 = 2 S_2$ boyuna dalga demeti

$\Delta V_s = 2 (S_2 - S_1)$ boyuna dalga demeti

S_1 = Devamsızlık derinliği ses yolu

S_2 = Arka cidar ses yolu

α = Hesaplanan Ses Zayıflama Faktörü

Her seferinde bu tip hesaplara gidilmemesi için AVG - diagramı üzerinde Ses Zayıflamasını ΔV_s 'si okuyabileceğimiz bir referans eğri vardır. Şek. 17

Örnek

Malzeme = 26,5 mm Çelik

Prob = B4 S-NSes Zayıflama Faktörü = 0,05 db/mm

Arka Cidar echosu %80 ekran yüksekliği Kazanç $V_2 = 22$ dB Derinlik $S_2 = 265$ mm

Devamsızlık %80 Ekran Yüksekliği Kazanç $V_1 = 32$ dB Derinlik $S_1 = 150$ mm Formül (7)den

$V_s = 2 \cdot 0,05$ dB/mm (265 - 150) mm = 11,5 dB

Şekil üzerinde V_s miktarı da aşağıya doğru inilerek gerçek eşdeğer hata eğrisi bulunur.

