



T. C.
Uludağ Üniversitesi
Balıkesir Mühendislik Fakültesi

II. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu

30 - 31 MAYIS 1991

İmalat ve Konstrüksiyon Grubu

Çatlak tayininde
AKUSTİK EMİSYON YÖNTEMİ

** İrfan AY

* Sare GÜLAÇ

ÖZET : Akustik Emisyon yöntemi,tahribatsız muayene yöntemlerinin en önemlilerinden birisidir.Bu yöntemin uygulama sahası son yıllarda artmıştır.Elektronik teknolojisindeki gelişmeler Akustik Emisyon yöntemini cazip hale getirmiştir.

Bu makalede, Akustik Emisyonun tanımı,kaynakları,izleme düzeneği ve uygulama alanları açıklanmıştır.

SUMMARY : The Acoustic Emission method is one of the most important of non-destructive techniques.In recent years, the areas of application for this method has increased. Developments on techniques of the electronics have taken an interest in Acoustic Emission technique.

In this paper, the sources, the particular instrumentation,introduction and areas of application of Acoustic Emission have explained.

GİRİŞ : İlk teknolojinin başladığı gündenberi A.E. olaylarının gözlemlendiği şimdi daha iyi anlaşılmaktadır.Çanak çömlek yapımı,ilk teknolojilerden sayılır.Çömlek yapımı esnasında,özellikle çömleğin soğuması anında çatlama sesi duyulmaktadır.İşte ilk A.E.'ler,kolay duyulabilir sabit ya da değişken çatlak büyümeleri olmuştur.Ayrıca "ikizlenme" mekanizması bilinmezden önce kalay'ın deformasyonu esnasında "kalay çınlaması" olarak tabir edilen olay da A.E. neşrinden başka birşey değildir.Deprem,şaşılacak derecede A.E. olayına benzer bir olaydır.

Akustik Emisyon teknolojisinin ilk çalışmaları Joseph Kaiser ile başlar(6). Özellikle bu çalışmalar kalay (Sn), alüminyum (Al),bakır (Cu),pirinç , dökme demir,çelik,takım çelikleri gibi malzemelerin dıştan yüklenmeleri esnasında yapılmış ve ses neşrettiklerini görmüştür(6).

** Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi -Balıkesir

* Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi -Balıkesir

1. AKUSTİK EMİSYONUN TANIMI :

Akustik Emisyon (A.E.), malzeme içersinde dinamik işlemler (deformasyon ve benzeri) sonucu oluşan enerjinin bir ya da daha çok yerel kaynaktan hızla boşalarak geçici elastik dalgalar üretmesi olarak tanımlanır(1,2).Eğer enerji seviyesi düşük olursa,oluşan sesler duyulamaz.İşte Akustik Emisyon teknikleri, bu sesleri duyulabilecek hale getirmek için büyütme izin verirler.Genellikle metallerde oluşan gürültüler bu cinsten düşük şiddettedir ve elektronik aletler sayesinde algılanırlar.İlk kez "Kaiser" ve arkadaşları, 1950'li yıllarda mekanik test altında metallerin A.E. verdiklerini gözlemişlerdir.Akustik Emisyon aktifliği tersinir değildir.Yani ikinci kez yüklemelerde,ilk yükleme değerinde A.E. yayınlanmaz.Ancak ilk yükleme değerleri aşıldığı zaman A.E. yeniden doğar.Bu olaya "Kaiser olayı" denmiştir(1).

Akustik Emisyon sonucu doğan sinyaller,geçici sinyaller olup,oldukça kısa sürelidir. Başlangıçta 1-50 KHz alçak frekans bölgesinde çalışıldığında,deney seti ve diğer mekanik gürültüler de aynı mertebede olacağından bazı problemler doğar.Bu sorunlar sebebiyle yüksek frekans bölgelerinde (10 MHz) çalışılır.Fakat farklı testler için farklı frekans bölgelerine ihtiyaç olduğundan en çok çalışılan bölge 100-300 kHz bölgesidir.Şurası unutulmalıdır ki, farklı yapıdaki malzemeler aynı yüklerde farklı akustik emisyon verirler(3).

2. AKUSTİK EMİSYONUN ÇIKIŞ KAYNAKLARI :

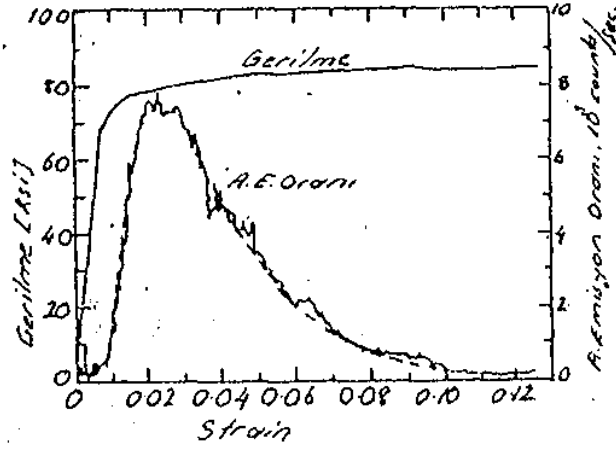
Bir malzemeden A.E. yayılabilmesi için yük altında olması gerekmektedir.Bazı durumlarda ise önceden belirli düzeyde yüklenmiş iseler,yeniden A.E. yayılabilmesi için önceki yüklenme değerinin(Kaiser olayı) aşılması gerektiğini biliyoruz.Bu açıdan bakılınca A.E. yaratan temel kaynakların,malzeme içersindeki çeşitli mikromekanik süreçler olduğu görülmür.Bunların başında ikizlenme , dislokasyon hareketi , kristal düzlemlerin kayması,çatlak ilerlemesi ve faz dönüşümleri gelir.

Akustik emisyon sinyalleri genelde ;

a)- Sürekli akustik emisyon veren sinyaller

b)- Sıçramalı akustik emisyon veren sinyaller olarak iki gruba ayrılabilir(4).

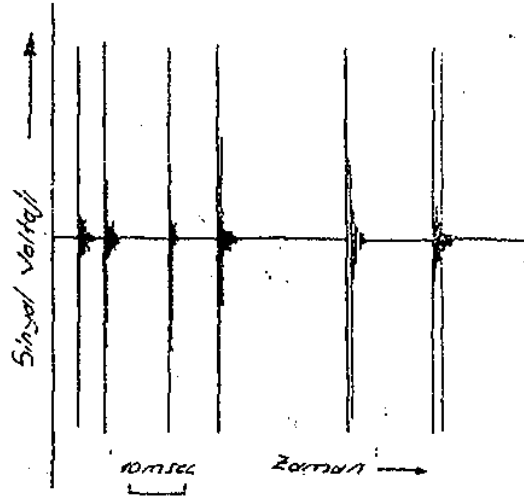
Sürekli emisyonda; çok düşük amplitüd değerleri sözkonusudur.Bunları ortaya çıkartmak için yüksek büyütmeleme ihtiyacı vardır.Bir malzemede sünek kırılma tarzında yapılan bir plastik deformasyon bu şekilde düşük bir sinyal seviyesi doğurur(Bak şekil 1).Sinyal amp-



Şekil 1. 7075-T6 Alüminyum test parçasının çekme testinde uğradığı plastik deformasyon sonucunda , akma oluncaya kadar birike- rek artan A.E.hızı eğrisinin arttığını, sonra exponensiyel ola- rak düştüğü görülmektedir(4).

Amplitüdleri akma noktasına kadar artar, sonra exponensiyel olarak azalır. Bu eğri değişken dislokasyon yoğunluğunun varlığını , dolayısıyla dislokasyonların birer A.E. kaynağı olduğunu gösterir(4).

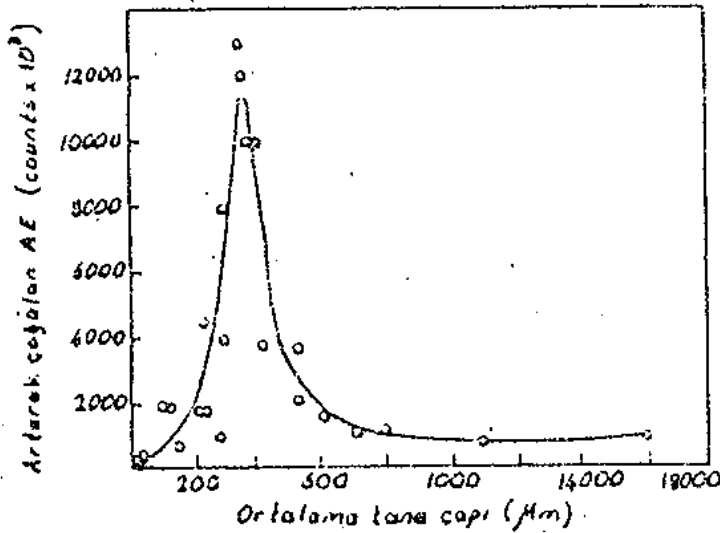
Sıçramalı tarzda oluşan emisyon, daha yüksek amplitüd seviyelerine sahiptir. Ve sıçramalı emisyonun daha yüksek enerji kaynağı olduğu anlamına gelir. Gevrek malzemelerde görülen hata kaynaklarındaki çatlak büyümesi buna örnektir (Bak şekil 2).



Şekil 2. Akustik emisyon ,ekseriya düzensiz aralıklarda

Çatlak önündeki sıçramalar ve çatlağın önündeki plastik bölgenin boyutundaki artış önemli bir emisyon kaynağıdır. Bazı özel malzemelerde; hem düşük enerji seviyeli hem de yüksek enerji seviyeli A.E. kaynakları aynı anda harekete geçebilirler. Lifle kuvvetlendirilmiş kompleks malzemeler bu duruma örnektirler. Lifle kırılması yüksek enerji kaynağına örnek iken, matrix'in deformasyonu sonucu düşük enerji salıverilir.

Bir malzemede ikinci faz'ın mevcudiyeti ve ilave olarak da oluşan mikroyapı, A.E. karakteristiğini etkiler. Mikroyapı ısıtılmanın bir ürünü olduğundan, emisyon karakteristiğini önceden bilmek için numunenin hangi ısıtılma aşamalarından geçtiğini bilmek gerekir. Şekil 3'te ısıtılma sonucu Bill tarafından toplam A.E. sayısının tane boyutu ile nasıl değiştiği görülmektedir (4).



Şekil 3. Al'da tane boyutu-Akustik emisyon ilişkisi.

Akustik emisyon testi esnasında varolan şartlar çok önemlidir. Numune çevresi, şekli ve boyutları A.E. nu etkiler. Korozif bir çevre A.E. doğuran gerilim seviyesini düşürür. Kırılma tokluğu testi için yapılan kalın çentikli çekme numuneleri, ince çentikli çekme numunelere oranla daha yüksek A.E. oranı verirler. Çatlak önündeki gerilme, numune kalınlığı ile değişir. Dolayısıyla gerilim şiddeti faktörü (K) ile toplam A.E. sayısı arasında bir ilişki vardır. Bu konu sempozyumun ikinci bildirisi olarak sunulmuştur. Akustik emisyon kaynaklarının yaydıkları çok düşük seviyeli sinyaller A.E. düzenineince algılanırlar.

3. AKUSTİK EMİSYON İZLEME DÜZENEGİ

Akustik emisyona izleme düzeneginin amaci,Akustik emisyona kaynaklarindan gelen tüm sinyalleri algilamak,bunlarin sayi ve dagilimini birden fazla mühendislik parametreleri(gerilim,basinc,sicaklik,strain vs. gibi) iliskide olacak tarzda kaydetmektir(2).

A.E. izleme düzenegini tanitmadan önce,doğan gerilim dalgalarinin yayilirken nasil davrandigini incelemek gereklidir.

a)- A.E. dalgalarinin yayilmasi

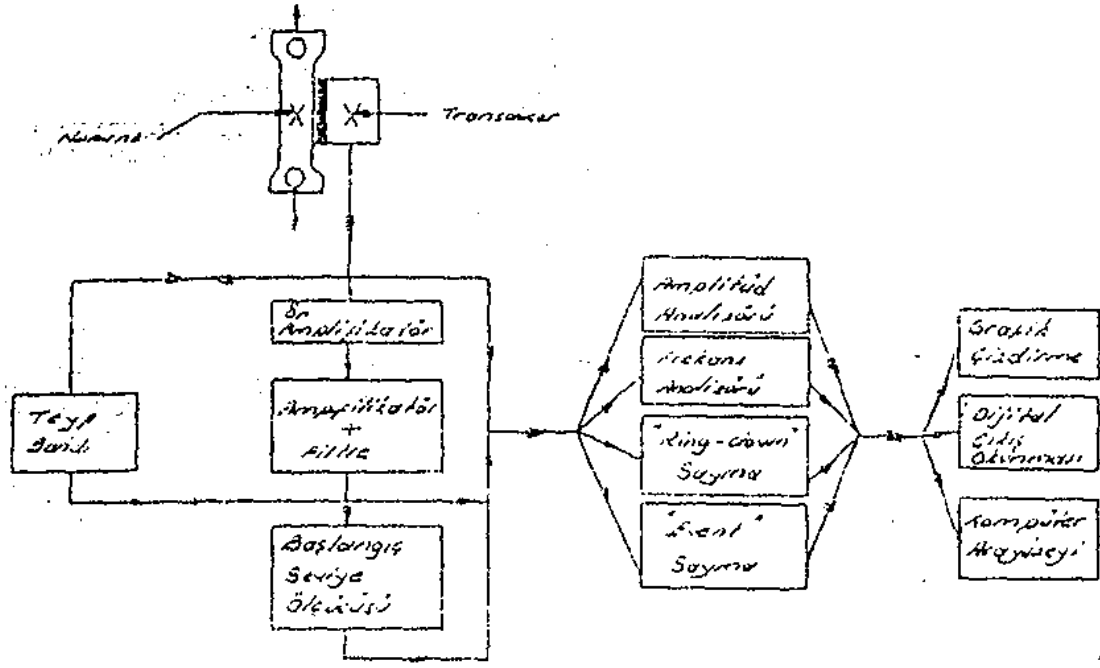
Önceki bölümde belirtilen kaynaklardan yayilan A.E. sinyalleri malzeme içinden tüm yönler e dagilir. Malzeme yüzeyine ulasir ve bu yüzey boyunca hareket ederken ya absorbe edilirler ya da yansirlar.Sadece bir kisim transducer(algilayici) ile yakalanirlar.

Bir gerilim sinyalini,farkli frekanslarda ve farkli amplitüdülerdeki dalgalarin biraraya geldiği oluşum şeklinde düşün ebiliriz.Kaynağından küresel şekilde yayilan bu dalgalarin iki boyuttaki yüzey sel yayilmada olduğundan çok daha hızlı şekilde zayıflayacaklardır.Algılayıcıdan uzaktaki bir kaynak, daha küçük amplitüdü sinyal verecektir.Bu kayıp malzemed en malzemeye değisir.Ve bu kayba, malzeme iç sürtünmesi de dahil olur.Bahsedilen kayıplar,özellikle yüksek frekanslı dalgalarda hızla zayıflama şeklinde kendini gösterdiğinden daha büyük önem kazanır(4).

Pek çok denemede A.E kaynağından direkt yayilan gerilim dalgalarinin hepsini alamadığımızı söylemiştik.şayet akustik olarak iki malzeme içinden dalga yayılımı söz konusu olursa,akustik olarak uyumlu iki malzemede daha fazla enerji taşınacak,yansıma daha az olacaktır.Fakat hava+kati malzeme birlikte ise,ya da uyumsuz sıvı+kati ikilisi varsa az enerji taşınacak yansımalar çok olacaktır

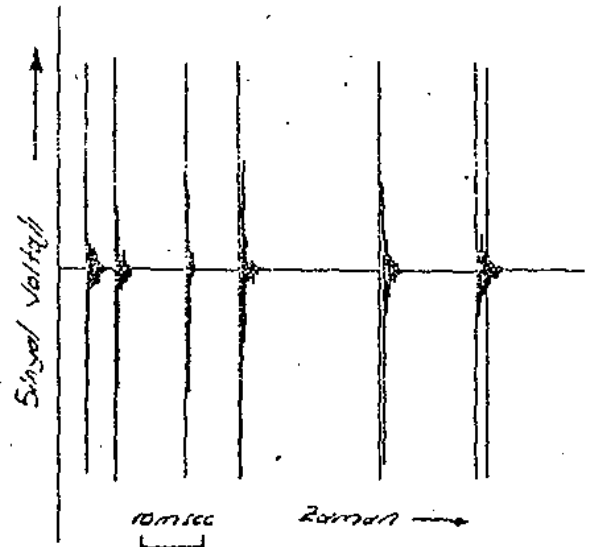
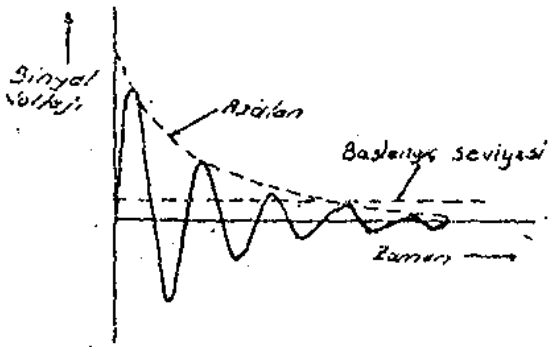
b)- Akustik Enerji düzenegi

şekil 4 te görüldüğü gibi her akustik emisyona izleme sisteminde,sinyalin ulaştığı ilk nokta transducer(algilayici) dir.Algılayıcılar,A.E.sinyallerinin yüzeyde oluşturdukları titreşimleri elektriksel işaretlere çevirirler.Bu nedenle incelenen malzeme ile akustik iletirim durumunda olmaları gerekir.Algılayıcılar; Ses aksettiren (Piezoelektriksel malzemeler) ve ses aksettirmeyen(straingauge'ler,kapasitifölçerler vs.) diye iki genel sınıfa ayrılırlar(4). Pratikte genel olarak band genişlikleri 100-300 kHz arasında olan dış kuvvet ve gürültü lere karşı düşük duyarlıklı olmaları sebebiyle piezoelekteriksel algılayıcılar kullanılır. Algılayıcıdan gelen elektriksel işaretler önampifikatör(ön yükselteç)'e gelir ve gerekli voltaj düzeyine yükseltilir.Sonra koaksiyal kablolar aracılığı ile mekanik cihazlardan gelen düşük frekanslı titreşimler gibi istenmiyen gürültüleri bertarafetmek için filtre'ye(süz-



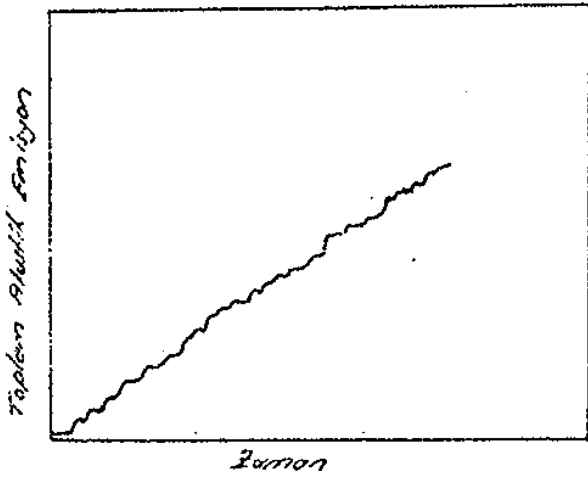
Şekil 4 . Akustik emisyon izleme düzeni.

geç) iletirler. Aslında sinyal şekil 5 te görüldüğü gibi sınırlı, gittikçe zayıflayan basit bir titreşim hareketi gibidir. Burada da görüldüğü gibi belli seviyenin altındaki frekanslar dikkate alınmaz. Genelde akustik emisyon sinyalleri şekil 6 da gösterilen binlerce sıçramadan oluşmuştur. Bir başlangıç seviyesi üzerindeki sinyaller değerlendirmeye tabidir. Şekil 5 teki bir sinyal, şayet güç yükselticisinde istenen seviyeye getirildikten sonra sayıcıya verilseydi sayıcı 3 sayısını kaydedecekti. Birikerek çoğalan emisyon eğrileri (ya da toplam emisyon sayısı) ya küçük sıçramaların çok sayıda olması (bak şekil 7), ya da büyük sıçramaların daha az sayıda olduğu (Şekil 8 de) ki gibi bir araya toplanabilir.

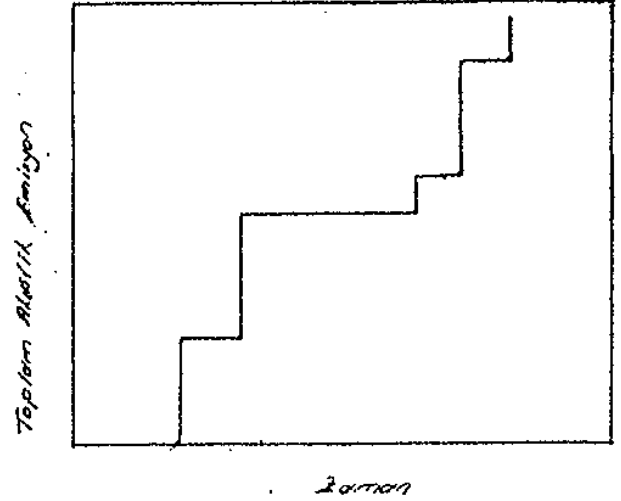


Şekil 5. Akustik emisyon dalgası bir sinüs, dalgası şeklinde düşünülebilir.

Şekil 6 . Akustik emisyon, ekseriya düzensiz aralıklarda sıçrama şeklini alır.



Şekil 7. Çok sayıda küçük sıçramaların birikerek oluşturduğu eğri.



Şekil 8. Küçük sayıda büyük sıçramalarla biriken eğri.

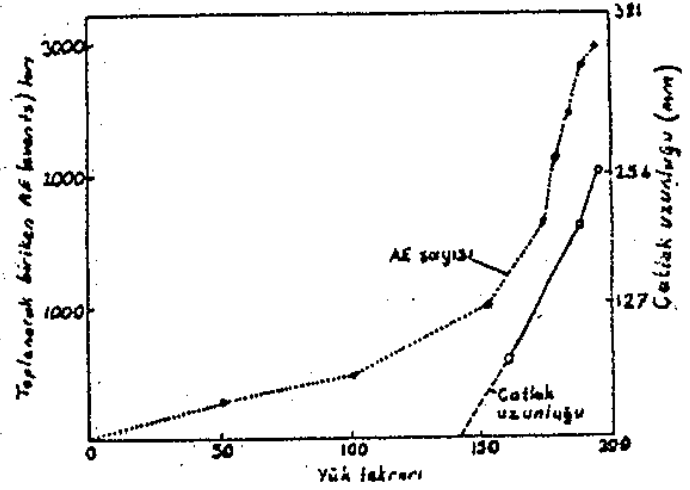
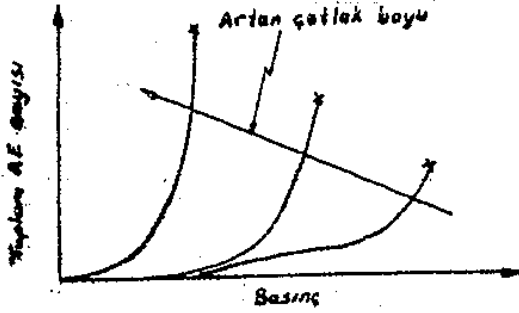
Bu aşamada algılanan sinyal işleme tabi tutulmak için,değerlendirmenin niteliğine göre amplitüd analizörüne,frekans analizörüne,ringdown sayma,ya da event sayma birimlerine gönderilerek işlenir.Sistemin son birimleri ise veri ,kayıt ve gösterim araçlarıdır.Bunlar genellikle yazıcılar,osiloskop ya da komputer'lerdir.Bazen kayıt araçlarında ortaya çıkabilecek hataları bertaraf etmek için manyetik teyplerden yararlanılır.

Hatanın yerini,konumunu belirlemek istediğimizde birden fazla algılayıcı ve her algılayıcı için de ayrı ayrı yükselteçler kullanmak gerektiği unutulmamalıdır(8).

4. SINYALLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Akustik emisyon verilerinin değerlendirilmesinden amaç ,A.E.hızı ya da toplam A.E. sayılarını bir mühendislik parametrelerine (gerilim,basınç,sıcaklık vs.) bağlı olarak kaydetmektir.Ancak; kaynaktan yayılan A.E sinyalleri algılayıcıya ulaşana kadar ani kesit değişimleri,malzeme hataları ve benzeri durumlar sebebi ile bozulmaya maruz kalırlar.Ayrıca algılayıcının da sinyale kendi özelliğine göre tepki göstermesi sebebiyle önampifikatöre ulaşan sinyaller gerçeğinden farklı olabilmektedirler.Bu yüzden A.E. tekniğinde mutlak değerler ile değil,bağıl değerlerle çalışıldığı unutulmamalıdır(2).

Elde edilen A.E. verilerinden,A.E. yaratan hata noktalarının aktif oldukları anlar kesin belirlenebilmektedir.Hatanın aktiflik dereceleri toplam A.E.sayısı ya da A.E. hızı eğrilerinin eğim durumuna göre saptanabilmektedir.Şekil 9 da toplam A.E. sayısı ile basınç ilişkisinde görüldüğü gibi eğim'in kırılmadan az önce hızla arttığı,dolayısıyla hasar oluşmadan önce önlem alınabileceği olası görülmektedir.



Şekil 9. Farklı çatlak boyutlarında toplam A.E. sayısı ile basınç ilişkisi. Şekil 10. Çatlak uzunluğu ile toplam A.E. sayıları ilişkisi.

Benzer şekilde Şekil 10 da çatlak uzunluğu ile A.E. sayıları, events'leri ve tekrarı yük ilişkileri değerlendirilip, kritik çatlak boylarına hangi durumlarda erişileceği belirlenebilir.

5. UYGULAMA ALANLARI

Akustik Emisyon tekniğinin en büyük uygulama alanı tahribatsız muayene kontrolüdür. Burada çeşitli teknik problemler incelenir. Kesin olmamakla beraber, uygulamalar iki grupta toplanır(1).

a)- Malzemelerin iç yapılarındaki kontrol ve araştırmalar

Bu grup altında genellikle tek ve poli kristalli malzemelere uygulanan deformasyonların incelenmesi, bilhassa martenzit faz geçişleri ve dislokasyon hareketleri akustik emisyon ile yorumlanır. Bir kazan ya da basınçlı kab testi, bu esnada oluşacak çatlaklar bu yöntemle kontrol edilir. Kaynakların kalite kontrolü, soğumadan sonra oluşabilecek mikro ve makro çatlaklar A.E sinyallerinin analizi sonucu anlaşılır ve gerekli tedbirler alınır.

b)- Yapıların bütünlük kontrollerinde

Bir malzeme içinde mevcut çatlaklar, yeni yüklemeler sonucu yayılan A.E nun şeklini değiştirir. Bu değişim analiz edilerek içyapı bütünlüğü incelenir. Malzeme içindeki hata ve kusurların yeri, konumu tesbit edilir.

Ayrıca laboratuvar şartlarında kompozit malzemelere A.E. tekniği halen başarı ile uygulanmaktadır(2).

SONUÇ

Tahribatsız muayene yöntemlerinden birisi olan A.E. tekniği, duyarlı ve daha çabuk sonuç vermesi açısından geleneksel tahribatsız muayene yöntemlerinden daha ileri seviyededir. Bu teknik incelenmekte olan malzemenin yapısal bütünlüğünü koruyarak kesintisiz izleme olanağı sağlar. Ulaşılması güç yerlerdeki hataları, açığa çıkarır. Hataların yerleri ve zarar verici olup olmadıkları anında belirlenir. Dıştan gelen gürültü, bağıl değerlerle çalışılması, çok düşük enerji seviyelerini yükseltmek için elektronik aygıt gerektirmesi ve hataların, hangi mekanizmalar tarafından doğduklarının tam olarak tesbit edilememesi gibi dezavantaj olarak beliren problemlerin gelişen ileri teknoloji ve çok sayıda yapılmakta olan araştırmalarla aşılacak üzeredir. Bu yöntemin geleceğinin çok parlak olduğu şimdiden söylenebilir.

KAYNAKÇA

1. İşçi Cşkun " Metallerde akustik emisyon ve faz geçişleri" Doğa bilim dergisi Temel Bilim, cilt 5, 1981.
2. Doruk M. "Yeni bir tahribatsız muayene yöntemi Akustik Emisyon" 3. Ulusal Alanyalıoğlu A.T. Kırılma konferansı bildirileri, sayfa 231, 1987.
3. Tetelman A.S. " Acoustic Emission Testing and Microcracking process" ASTM Chow R. Symposium on AE, Tech. Reports 5, Balharbar, Florida, ASTM 1971.
4. Swindlehurst W. "Acoustic Emission-I Introduction" Nondestructive Testing, 1973.
5. Williams R.V. "Acoustic Emission related to Metallurgical Effects" pp 34-44 Acoustic Emission , 1980
6. Tatro C.A. "A Welder's introduction to Acoustic emission Technology".
7. Bailey C.D. " AE monitoring of rapid crack growth in a production-size wing fatigue test article " NDT -International december 1976 Hamilton J.M. Pless W.M. pp 298-304.
8. Williams R.V. " Acoustic Emission Techniques and systems". pp 5-33 1980.