

TAHRİBATSIZ MUAYENE TEKNOLOJİLERİNDE SON GELİŞMELER: AKUSTİK EMİSYON

LATEST DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF NDT TECHNOLOGIES: ACOUSTIC EMISSION

Sabri TUNCEL

TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü, 41470 - Gebze / Kocaeli
sabri.tuncel@mam.gov.tr

ÖZET

Akustik Emisyon (AE), stres altındaki malzemelerde bir yada daha çok yerel kaynağın hızla enerji salarak geçici elastik dalgalar ürettiği olaylar ve bu şekilde oluşan geçici elastik dalgalar olarak tanımlanır. AE; malzeme, yapı, proses açısından çok geniş alanı kapsayan bir doğal olaydır. En büyük çaplı AE sismik olaylar olup, AE muayene yöntemi ile incelenebilen en küçük ölçekli proses ise yük altındaki metallerde dislokasyon hareketidir. Bu ikisi arasında geniş bir laboratuvar incelemesi ve endüstriyel uygulama alanı bulunmaktadır. Bu bildiri tahribatsız muayene (TM) teknolojilerindeki son gelişmelerin ışığında AE TM tekniği ve uygulama alanları ile ilgili genel bir sunuş yapılacaktır, TÜBİTAK MAM'daki mevcut AE olanakları tanıtılacaktır ve yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Akustik Emisyon, Tahribatsız Muayene

ABSTRACT

Acoustic Emission (AE) is defined as a phenomenon, where one or more local sources in materials, which are under stress, are emitting energy and producing temporary elastic waves. AE is a natural phenomenon, which covers a broad range in material science, construction and process development. The largest events which can be analyzed by AE are seismic occurrences, the smallest are dislocations occurring in metals by load. Between these two there is a broad range of detailed research work and industrial application. This paper will provide a general presentation on the AE technology and its applications including the latest developments in the area of NDT regarding this subject. Also, the AE capabilities at the TUBITAK Marmara Research Center as well as some recent work in this area will be introduced.

Keywords: Acoustic Emission, Non-destructive Testing

1. GİRİŞ

Akustik Emisyon (AE), gerilme altındaki malzemelerde bir yada daha çok yerel kaynağın hızla enerji salarak geçici elastik dalgalar ürettiği olaylar ve bu şekilde oluşan geçici elastik dalgalar olarak tanımlanır [1,2]. Bütün katı malzemeler belli bir elastikliğe sahiptir; dış kuvvetler altında genişirler veya sıkıştırılırlar, kuvvet ortadan kalktığına ise bir yay gibi geri gelirler. Kuvvet ve dolayısıyla elastik deformasyon ne kadar fazla ise elastik enerji o kadar fazla olacaktır. Eğer elastik limit aşırsa kırılma veya çatlama olur. Bu, gevrek malzemelerde hemen, diğer malzemelerde belli bir plastik deformasyon sonrası meydana gelir. Eğer elastik olarak genişmiş malzemede boşluk, inkluzyon v.b bir hata varsa çatlamlar yüksek derecede streslenen bu noktalarda oluşarak hızlı bir dislokasyonla malzeme enerjisini atarak gevşer. İşte elastik enerjinin hızla serbest bırakılmasına Akustik Emisyon olayı denir. AE bir elastik dalga üretir, malzemede yayılan bu dalga uygun sensörlerle detekte edilebilir ve analiz edilebilir.

Gerilme altındaki malzemelerden açığa çıkan AE'nin fark edilmesi, aslında yeni bir gözlem değildir. Maden ocaklarındaki destek ve payandaların çıkardığı gıcırtilardan, yakın felaketlerin ilk habercisi olarak yüzyıllar boyunca yararlanılmıştır. Kalay bükülürse ikizlenme meydana gelir ve bu sırada yayılan çatlama sesi "kalay çığılığı (tin cry)" olarak bilinir. Bir parça kâğıdın yırtılmasında, tahta veya cam kırılmasında ses açığa çıkar. Bütün bu örneklerde sesler, kulak tarafından duyulabilecek genliktedir ve frekansları da işitilebilir ses izgesi (spektrumu) içindedir.

Modern AE araştırma çalışmaları, daha ziyade malzemelerden ultrasonik, kulağın işitemeyeceği mertebedeki, frekanslarda yayılan seslerle ilgilidir. Kabaca frekans aralığı 100 KHz ile 40 MHz olup, çoğu çalışmalar belli bir frekans bandı, örneğin metallerde 100 KHz - 1.2 MHz bandı aralığında yürütülür. Bu tür ultrasonik sinyallerin genliği genellikle çok düşük olduğundan 100dB (100 bin büyütme) mertebesinde kazançlar gereklidir. Dolayısıyla, modern AE çalışmalarının başlayabilmesi için uygun ve güvenilir çeşitli güç çeviricilerinin (transduser) teknolojik olarak geliştirilmesi yanında, düşük gürültü seviyeli yüksek kazançlı katı hal yükselticilerin geliştirilmesi de bir ön gereksinim olmuştur.

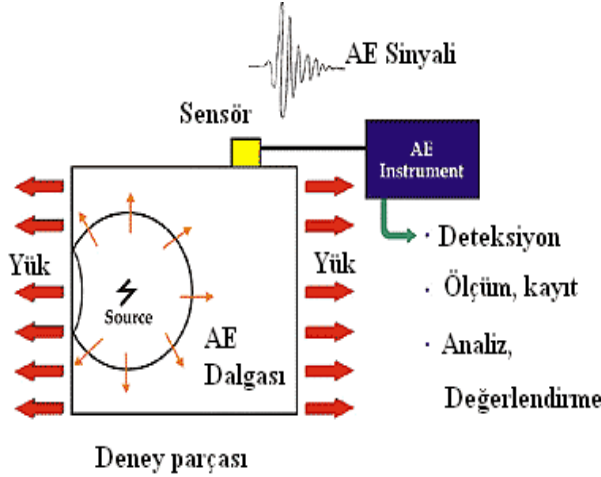
Bu bildiride tahribatsız muayene (TM) teknolojilerindeki son gelişmelerin ışığında AE TM tekniği ve uygulama alanları ile ilgili genel bir sunuş yapılacak, TÜBİTAK MAM'daki mevcut AE olanakları tanıtılacak ve yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilecektir.

2. AE TEKNİĞİNİN ESASLARI

2.1 AE Oluşumu ve Algılanması

Belirli bir yük altındaki malzemelerde temel AE kaynakları, çatlak başlangıçları, ikizleme, dislokasyon hareketi, kristal düzlemlerinin kayması, martensitik faz

dönüşümleri gibi yerel dinamik hareketleri kapsar. Ayrıca oksit tabakasının çatlaması gibi çeşitli yüzey etkileri de aktif AE kaynaklarını oluşturabilmektedir. Dolayısı ile AE muayene yöntemi ile metal ve seramiklerde çatlak başlangıcı, yorulma çatlakları ilerlemesi, gerilmeli korozyon çatlaklarının saptanması, faz dönüşümleri ve dislokasyon hareketleri gibi çeşitli olaylar incelenebilir. AE oluşumu ve algılanması Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir.



Uygulanan gerilim sonucu kaynaktaki ani hareket bir gerilim dalgası oluşturur. Yapıdaki yayılan dalgalar yüzeye yerleştirilen hassas bir piezoelektrik güç çeviriciyi uyarır. Malzemeye uygulanan gerilim artarsa bu yayımlardan (emissions) çok fazla miktarlarda üretilecektir. Yüzeye ulaşan zayıf titreşimlerin bir veya daha fazla algılayıcı vasıtasıyla alınıp yükseltilecek şekilde değerlendirilmesi, AE Muayene yöntemi olarak adlandırılır.

Şekil 1. AE oluşumu ve algılanması

Bazı hallerde, basit olarak sadece ses yayımını algılayabilen bir AE sistemi yeterli olmakla birlikte, yayımları karakterize etmeye ve onları, kaynakları (orijinleri) ile ilişkilendirmeğe girildiğinde daha karmaşık AE sinyal değerlendirmeleri gerekmektedir.

2.2. Diğer Test Yöntemleri ile Kıyaslama

AE yöntemi, diğer tahribatsız muayene (TM) yöntemlerinden esas itibarıyla iki açıdan farklılık gösterir: Birincisi; sinyal kaynağı malzemenin kendi içindedir, harici kaynak değildir. Geleneksel TM yöntemlerinde belirli bir enerji türü malzemeye dışarıdan verilerek, bu enerjinin malzeme tarafından nasıl zayıflatıldığı gözlenmektedir. İncelenen malzeme her zaman pasif durumdadır. Hâlbuki AE yönteminde malzemenin pasif durumu ortadan kaldırılmakta, asıl enerji malzemeye yük uygulayarak verilmekte ve bu şekilde aktif duruma geçirilen AE kaynakları ikincil bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. İkinci fark ise; diğer metotlar mevcut geometrik süreksizliklerin varlığını ve şeklini belirlerken, AE yöntemi süreksizliğin hareketini algılar. Bu temel farklılıkların oluşturduğu sonuçlar Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Diğer TM yöntemlerine kıyasla AE yönteminin karakteristikleri

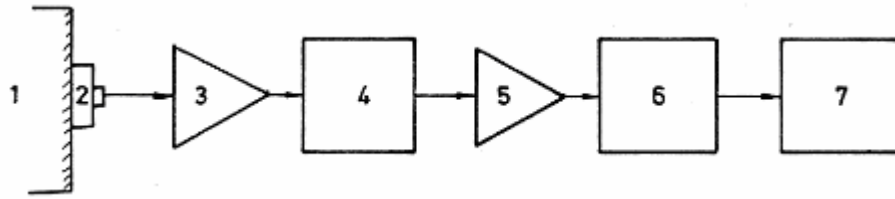
<u>AE yöntemi</u>	<u>Diğer Yöntemler</u>
— Hataların hareketini algılar.	— Hataların geometrik şeklini algılar.
— Yük gerektirir.	— Yük gerekmez.
— Her bir yükleme kendine özgüdür.	— Muayene tekrar edilebilir.
— Bir yapının bütünlük kontrolü tek aşamalı bir test ile yapılabilir.	— Malzemenin bölgesel tarama yoluyla tümünün taranması yapılır.
— Sadece algılayıcılara ulaşım yeterlidir.	— Muayene bölgelerinin tamamına ulaşımı gerektirir.

- Malzemeye çok bağlıdır.
- Geometriye daha az bağlıdır.
- Ana sorun: Gürültü

- Malzemeye daha az bağlıdır.
- Geometriye çok bağlıdır.
- Ana sorun: Geometri

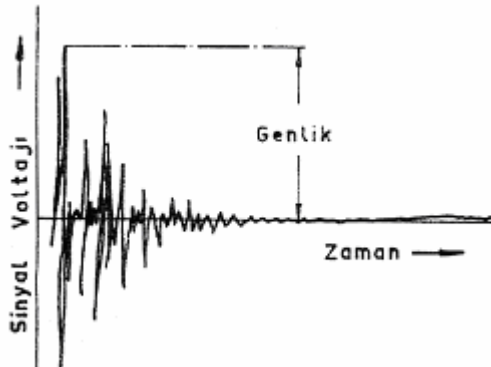
2.3. AE İzleme Sistemi

Bir AE izleme sisteminin amacı, AE kaynaklarından gelen tüm sinyalleri algılamak, bunların sayı ve dağılımlarını gerilim, basınç, sıcaklık gibi bir ya da daha fazla deney değişkeni ile ilişkili olacak şekilde kaydetmek ve söz konusu kaynakların sınıflandırılmasını ve konumlarının belirlenmesini sağlamaktır. Şekil 2'de gösterildiği gibi her AE izleme sisteminde, sinyalin ulaştığı ilk nokta algılayıcıdır. Bunu sırası ile ön yükselteç, süzgeç, güç yükselteci, sayıcılar, sinyal değiştirme ve işleme katı ile veri kayıt ve gösterim araçları izler.

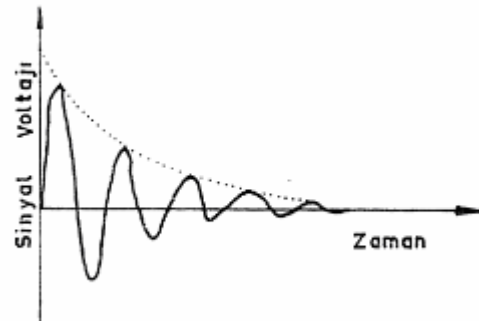


Şekil 2. Bir AE izleme sisteminin blok şeması (1-Malzeme, 2-Algılayıcı, 3-Ön Yükselteç, 4-Süzgeç, 5-Güç Yükselteci, 6- Sayıcılar, Sinyal İşleme Katı, 7-Veri Kayıt ve Gösterim Aygıtları)

Algılayıcılar, AE sinyallerinin malzeme yüzeyinde oluşturdukları titreşimleri elektriksel işaretlere çevirirler. Çoğu AE uygulamalarında yüksek hassasiyetli ve mekanik gürültüye karşı daha az duyarlı olmaları nedeniyle piezoelektrik algılayıcılar kullanılır. Algılayıcıda üretilen sinyal önce elektromagnetik girişimleri minimize edecek şekilde algılayıcının yakınında (bazen de içinde) bulunan bir ön yükselteç vasıtasıyla yükseltilir. Bu ön yükselteç genellikle sistemin elektriksel gürültü seviyesini belirler ve tipik olarak 40 dB'lik bir kazanç (100 kat büyütme) sağlar. Ön yükselteç ayrıca, alçak veya yüksek geçiş süzgeçlerini de içerir. En yaygın kullanılan 150 kHz rezonant frekanslı algılayıcılar için genellikle seçilen bant aralığı 100–300 kHz'dir. Ön yükselteç ile gerekli voltaj düzeyine yükseltilecek ve örneğin 100 kHz.'in altındaki gürültülerin süzülmesi için süzgeçten geçirilen bir AE sinyali Şekil 3'deki gibidir. Bu sinyal Şekil 4'deki gibi bir basit sönümlü sinüzoidal titreşim olarak gösterilebilir.



Şekil 3. Algılayıcıda elektronik sinyale dönüşmüş bir AE sinyali

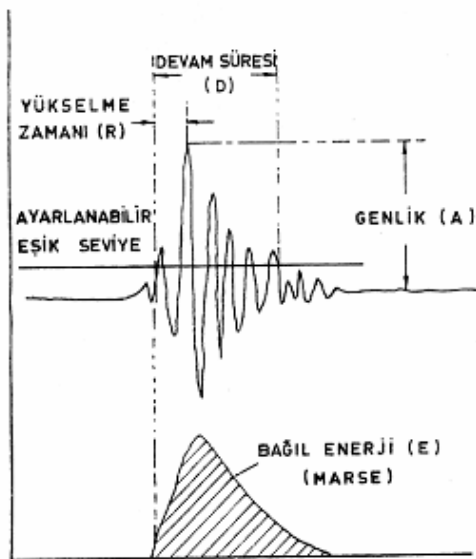


Şekil 4. Sönümlü basit sinüzoidal titreşim

Sinyal son olarak, blok şemada gösterilen güç yükseltecinde istenilen düzeye getirilir ve sayıcılara verilir. Bu aşamada, yapılmak istenen değerlendirmenin niteliğine göre, daha karmaşık sinyal değiştirme (A/D Dönüştürücüler) ve işleme katları da kullanılabilir. Sistemdeki son birimler; veri kayıt ve gösterim araçları Osiloskoplar, genellikle sinyal biçimini izlemekte kullanılırlar. Sisteme bir bilgisayar eklenmesi sonuç alınmasını çabuklaştırmakta, bunların yanı sıra sinyalin bağıl genliği ve frekansı hakkında bir fikir edinebilmek için sesli gösterim aygıtları kullanılabilir. AE'nun konumunun belirlenmesini yapabilen sistemlerde daha fazla sayıda algılayıcı ve her algılayıcı için de ayrı yükselteçler kullanmak zorunludur. Burada, ek bir veri işleme birimi aracılığı ile sinyallerin algılayıcılara varış zamanları arasındaki farklar çözümlenmektedir.

2.4. Sinyal Çözümleme (Analiz) Metotları-Karakterizasyon

Modern AE sistemlerinde menu-sürümlü parametre girişi ve sistem kontrolü sağlayan bilgisayarlar kullanılmaktadır. PC Online yardım (help) sistemi yazılımın kullanımına çabuk bir ulaşım sağlar. PC'de veri toplamanın ilk sonucu; bütün sensörlerden alınan AE sinyal özelliklerini ve basınç, sıcaklık, yük gibi dış parametreleri içeren bir dosyadır. Eğer tam dalga şekli de depolanacaksa, diğer bir dosya yaratılabilir. Test sırasında ölçülen data, online analiz edilir ve görüntülenir. Bu, operatöre bir hata (defect) gelişmesi durumunda potansiyel hasarı önlemek amacıyla testi durdurma olanağı da sağlamaktadır. AE Sistemlerinin en önemli görevlerinden birisi arka alan gürültüsünü elimine ederek AE pulslarını data setlerine dönüştürmektir. Bu amaçla modern AE sistemleri deteksiyon eşik seviyeleri (thresholds) kullanır ve kullanıcı tarafından doğru değer set edilmelidir. Eğer AE sinyali pozitif veya negatif yönde eşik değerini aşarsa bu, detekte edilen bir vuruşun başlangıcı demektir. Eşik değerini aşan arka plan (background) gürültülerin AE sinyallerinden ayırılması çok önemlidir. Bir çatlak sinyali yüksek genlik ve 10µs'ler mertebesinde sürerken, çoğu durumda 3'den az eşik geçen ve süresi 3µs olan sinyaller istenmeyen sinyaller olarak değerlendirilir. Düşük genlikli ve uzun süreli pulslar sürtünme gürültüleridir. Bütün kanallara aynı zamanda gelen çok kısa süreli sinyaller elektriksel gürültü olabilir.



Şekil 5. AE Ölçüm Parametreleri

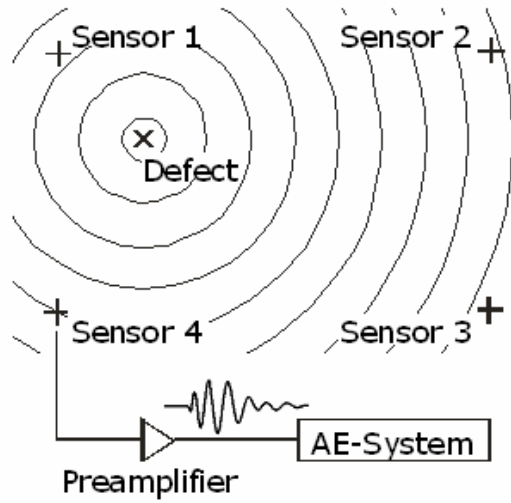
AE tekniğinde beş temel sinyal ölçme parametresi kullanılmaktadır. Bunlar, sayı (count), genlik (amplitude), süre (duration), yükselme zamanı (rise time) ve Düzeltilmiş Sinyal Zarfı altındaki Ölçülen Alan (Measured Area under the Rectified Signal Envelope = MARSE) olarak adlandırılır (Şekil 5).

Genlik(A), bir AE dalga şeklinde ulaşılan en yüksek pik voltajıdır, Bir AE olayının detekte edilebilirliğini doğrudan tayin etmesi nedeniyle önemli bir parametredir. AE genlikleri kaynaktaki olayın büyüklüğü ile doğrudan ilişkili olup µV'lardan Voltlar mertebesine geniş bir alanı kapsar. AE genlikleri geleneksel

olarak dB ile ifade edilir ve transduserde $1 \mu V = 0 \text{ dBae}$, $10 \mu V = 20 \text{ dBae}$, $100 \mu V = 40 \text{ dBae}$ vb. dir. Sayı(N), eşik seviyesini geçen puls sayısıdır. Şekil 5'deki AE pulsunda 6 sayma elde edilecektir. Çoğu deneysel koşullarda, örneğin bir çekme deneyinde, böyle pulslardan düzensiz aralıklarla binlerce puls yayınlanır. Büyük pulslar daha fazla sayı verecektir. MARSE, bazen enerji sayısı olarak da adlandırılır ve "doğrultulmuş sinyal zarfı altındaki ölçülen alan"dır. MARSE, genlik ve devam süresine hassas olup eşik seviyesine ve çalışma frekansına daha az bağımlıdır. Devam Süresi(D), eşik seviyesini ilk ve son aşan pikler arasında geçen zamandır. Doğrudan mikro saniye cinsinden ölçülebilir ve örneğin kompozit malzemelerdeki delaminasyon gibi devam süresi uzun olan AE olaylarının tanınmasında önem taşır. Ayrıca gürültü süzme gibi sinyale nitelik kazandırma işlemlerinde de faydalıdır. Yükselme Zamanı(R), eşik değerini geçen ilk pik ile en yüksek pik arasında geçen zamandır. Bu parametre AE kaynağı ile algılayıcı arasında dalga ilerleme prosesi ile yakın ilişkilidir.

2.5. Çok Kanallı Sistemler

AE sistemleri, test edilecek yapının büyüklüğü ve karmaşıklığına bağlı olarak 1 ile 250 kanal arasında olabilmektedir. Tipik laboratuvar sistemleri 2 – 6 kanallıdır. Çok kanallı sistemlerde AE dalgasını alan her kanalda eş zamanlı olarak ölçüm yapılır.



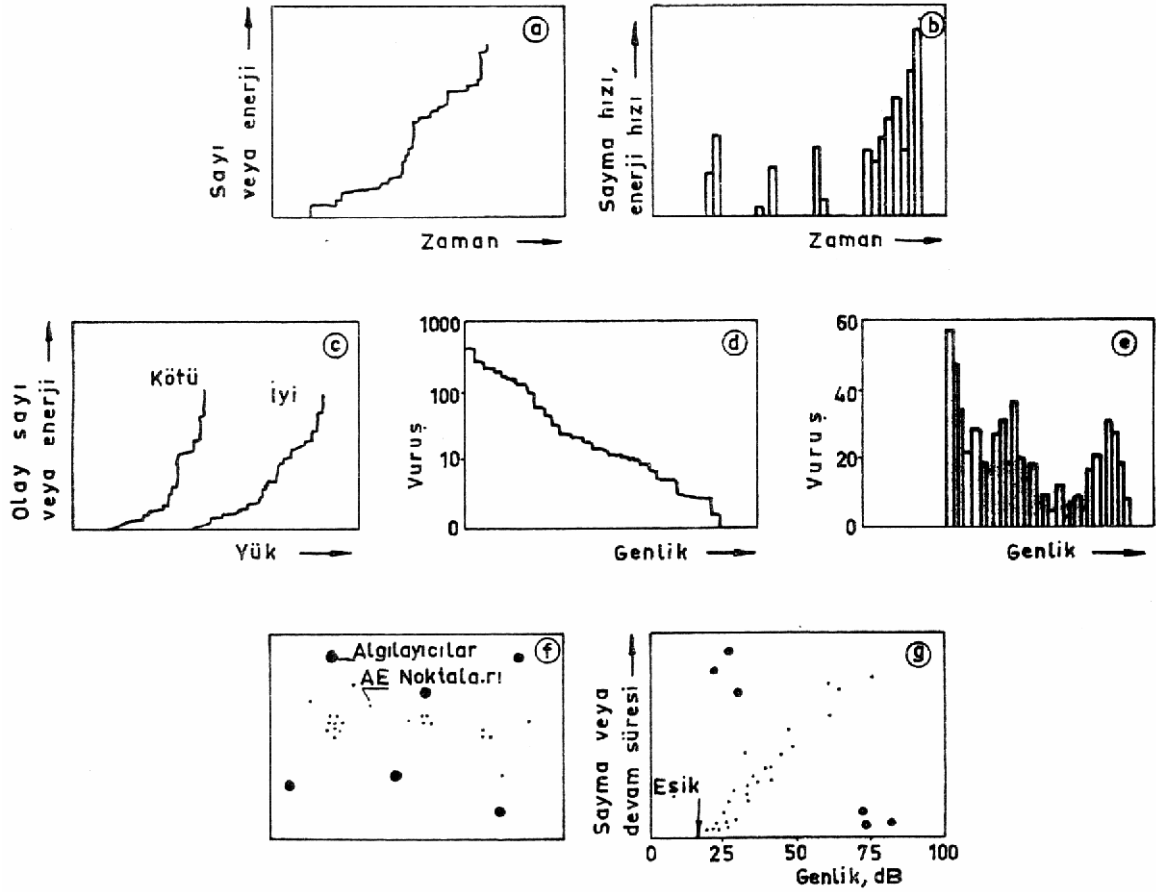
Şekil 6. AE yayılması ve algılanması

Bir ferdi AE olayı, olayın şiddetine, yapıda dalga zayıflamasına ve algılayıcının konumuna bağlı olarak bir veya daha fazla kanala vurabilir. Dolayısıyla çok kanallı sistemler için ilk görev, farklı kanallardaki vuruşların aynı AE kaynağından gelip gelmediğinin belirlenmesidir. Sistem tasarımına bağlı olarak bu, yazılım ve donanım ile sağlanır. Çok kanallı sistemler genelde AE kaynağının yerini belirlemede kullanılır (source location). AE kaynağının pozisyonuna bağlı olarak dalga, algılayıcı sensörlere belli bir gecikme ile ulaşır. Farklı varış sürelerini kullanarak AE kaynağının

yeri hesaplanabilir. Modern PC'lerin yüksek hesaplama gücü sayesinde lokasyon hesaplamaları gerçek zamanda (Real-Time) yani test anında yapılabilmektedir.

2.6. Veri Gösterimleri

Yazılım esaslı AE sistemleri çeşitli tipte grafiksel gösterim yapabilmektedir. Bazı gösterim tipleri Şekil 7'de verilmiştir. Operatörün istemi doğrultusunda bu gösterimlerin çoğu test sırasında gözlenebilir.



Şekil 7. AE veri gösterim tipleri

Şekil 7 (a) ve (b)'de zamana bağlı olarak sırasıyla toplam (kümülatif) sayma ve sayma hızı formunda AE verileri görülmektedir. Kümülatif eğri toplam AE miktarını verirken hız eğrisi test sırasında meydana gelen AE aktivesindeki zamanla değişimi göstermektedir. (c)'de AE verilerinin yüke bağlı değişimi görülmektedir. Bu, en temel eğrilerden birisi olup doğrudan AE sebep/sonuç ilişkisini göstermektedir. Bu tür grafikler iyi parçanın kötü parçadan ayırt edilmesine olanak sağlar; kötü parça iyi parçadan her yüklemde daha düşük yüklerde (yani daha erken) ve daha fazla miktarda AE yaymaya başlamaktadır. AE verisinin yüke karşı bu tür değişim eğrisi, Kaiser Etkisi'nin de en iyi gösterim biçimidir. AE testi genellikle artan yük koşulları altında yapılır. Bazı malzemeler önceden belirli bir düzeye yüklenmiş iseler, yeniden AE yayabilmeleri için önceki yük düzeyinin aşılması gerekir. Buna Kaiser Etkisi denir. (d) ve (e)'de sırasıyla genlik dağılım fonksiyonunun kümülatif ve diferansiyel şekilleri görülmektedir. X-ekseni genliği, Y-ekseni ise kaç tane vuruşun (AE sinyalinin) o genlikte olduğunu (diferansiyel) veya o genliği aştığını (kümülatif) göstermektedir. (f)'de düzlemsel olarak kaynakların konumları gösterilmektedir. Bu gösterim, esas itibarıyla yapının bir haritası olup her AE kaynağının hesaplanmış konumu uygun pozisyonlarda bir nokta olarak gösterilmekte, algılayıcı konumları da referans olarak büyük noktalar halinde belirtilmektedir. Bu gösterimde, en aktif kaynaklara karşılık gelen nokta kümeleri, yapısal açıdan önem taşıyan hataların yerlerini işaret eder. (g) ise genliğe bağlı olarak sayıyı (veya devam süresini) nokta nokta vermektedir. Her bir vuruş (AE sinyali), gösterimde bir nokta olarak temsil edilir ve onun pozisyonu dalga'nın şekli ve büyüklüğü hakkında bilgi verir. Bu tip bir gösterim özellikle, istenmeyen seslerin (gürültü) belirlenmesinin

yapıldığı "veri kalite değerlendirmesi"nde kullanılır. Gösterimde pulslu kaynaklardan yayılan AE sinyalleri diyagonal (köşeden köşeye) bir bant oluştururken, elektronik girişimlerden gelen gürültü sinyalleri ana bandın altında (sağ alttaki yuvarlaklar) ve sürtünme, sızıntı gibi kaynaklardan gelen gürültü sinyalleri de ana bandın üstünde (sol üstteki yuvarlaklar) yer alırlar.

3. AE TEKNİĞİNİN UYGULAMA ALANLARI

AE; malzeme, yapı, proses açısından çok geniş bir alanı kapsayan bir doğal olaydır. En büyük çaplı AE sismik olaylar olup, AE muayene ile incelenebilen en küçük ölçekli proses ise yük altındaki metallerde dislokasyon hareketidir. Bu ikisi arasında geniş bir laboratuvar incelemesi ve endüstriyel test alanı bulunmaktadır [3-12].

— Laboratuvar çalışması olarak; malzeme muayenesinde ve deformasyon ve kırılma konularının incelenmesinde AE çok elverişli bir araçtır. AE, mikroyapı ve deformasyon şekline sıkı sıkıya bağlı olduğundan malzemeler AE yayması açısından farklılıklar gösterirler. Gevreklik ve heterojenlik yüksek AE yayınmasına neden olan iki ana faktör olup, sünek deformasyon mekanizmaları alçak akustik yayınma meydana getirirler.

— Üretim sürecinde AE yöntemiyle muayene; lehimli bağlantılarda, sıcaklık ve basınç altında yapılan yapışmalarda (thermocompression bonding) ve şaft doğrultma (shaft straightening) gibi şekil verme işlemlerinde, denetim ve kalite güvence aracı olarak örneğin kaynak işlemi veya ahşap kurutma sürecinin izlenmesinde, ileri seramik parça üretiminin kontrolünde, aşınma testinde kullanılmaktadır. Genel anlamda, her ne zaman bir proses malzemeyi yüklüyor ve kalıcı bir deformasyon meydana getiriyorsa orada bir AE testinin yapılabileceği göz önünde bulundurulabilir.

— Yapısal kontrol amacıyla AE; basınçlı kaplarda, depolama tanklarında, boru hatlarında, uçak ve uzay araçlarında, köprülerde, demiryolu araçlarında hem kullanılmamış hem de servis sürecindeki donanımlarda, çatlakların, kaçakların tespitine, korozyon ve kaynak hatalarının belirlenmesine yönelik olarak kullanılmaktadır. AE Yapısal Testi ile ilgili olarak ASME, ASTM ve EN'de yöntem ve uygulama esasları mevcut bulunmaktadır.

Örneğin, basınçlı kaplarda AE Testi uygulama süreci aşağıdaki gibidir:

- Yeni üretilen bir basınçlı kapta ASME-V Kıs. 12'ye göre ilk hidrottest sırasında
- Kullanılmış bir basınçlı kapta tekrarlanan hidrottest sırasında (requalification)
- On-Line Basınç verme (kullanılan akışkan ile) servis sürecinde

AE sinyalleri; lokal aşırı gerilmeler, çatlak büyümesi, korozyon ürünleri olabilir.

AE şiddeti, değerlendirme kriterlerinde renk kodu ile verilebilmektedir(MONPAC)

Basınçlı Kaba Basınç Verme Adımları:

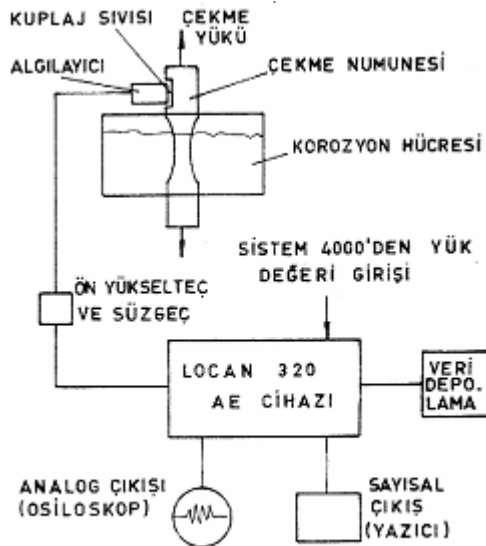
- Sabit bir yükleme ile başlanır (İşletme basıncının 90% veya daha az).
- Basınç 90%, 100%, 105% ve 110% arttırılır.
- Bu işlem genellikle 3-6 saat sürer.
- AE data ve basınç değerleri real-time izlenir; gürültü kaynakları ve aşırı AE aktivite kontrolü yapılır. Analiz ve değerlendirme test sonrası yapılır.

Bir AE testi öncesi, yazılı test prosedürü hazırlanması gerekmektedir. Örneğin, küresel bir sıvı tankının testi için hazırlanacak test prosedürü aşağıdaki adımları içerir:

- Yoğun bir göz kontrolü, test için tüm temel bilgi ve ekipmanın temin edildiğinden emin olmak..
- Sensörler arası maksimum mesafenin belirlenmesine yönelik olarak genel bir akustik sinyal zayıflama ölçümü ve arka alan gürültünün belirlenmesi (EN W113076). Bu, genellikle kurşun kalem kırma ile yapılır..
- Pozisyon planına göre sensörlerin yerleştirilmesi..
- Sensör hassasiyetinin ve kuplaj kalitesinin kontrol edilmesi, kalem kırma ve otomatik sensor-kuplaj testi ile..
- Lokasyon durumlarının çek edilmesi, örneğin nozullara yakınlık gibi..
- Basınç kontrol ünitesi ile AE test sistemi arasında güvenli bir iletişim hattı kurulması (gerektiğinde basıncı durdurma!)..
- Önceden belirlenen artışlarla ve iyi tanımlanmış basınç-tutma adımlarıyla basınç testinin yapılması. Aynı anda dataları elde etme ve on-line izleme..
- Basınç testinin tamamlanmasını takiben, ikinci bir sensor-kuplaj testi (test sırasında kuplaj kalitesinin değişmediğinden emin olmak için..)
- AE kaynaklarının karakterizasyonunu da içerecek şekilde test sonuçlarının değerlendirilmesi..
- Eğer istenirse, yer belirleme sonuçları kalem kırma yöntemini kullanarak doğrulanabilir
- Yerleri belirlenen AE kaynaklarının diğer NDT teknikleri ile ikinci kez kontrolü..

4. TÜBİTAK MAM ME'DE AE OLANAKLARI VE YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1 PAC LOCAN-320 AE Sistemi



Şekil 8. AE deney düzeneği

İmplant malzemesi AISI 316L kalite paslanmaz çeliğinin, insan vücut sıvısı muadili 37°C Hank solüsyonu ortamında Düşük Şekil Değiştirme Hızı (DŞDH) tekniği ile Gerilmeli Korozyon Çatlama (GKÇ) davranışlarının incelenmesi çalışmaları çerçevesinde, çatlak başlangıcı ve ilerlemesi kademelerinin belirlenebilmesi amacıyla yönelik olarak AE tekniğinden yararlanılmıştır. AE ölçümleri için Physical Acoustics Corp. (PAC)/ABD yapımı 4 kanallı LOCAN-320 AE sistemi, 150kHz rezonans frekanslı algılayıcı ve 100-300kHz geçiş-band filtresi içeren 40dB'lik bir ön yükselteç kullanılmış, kuplaj ortamı olarak silikon gresinden yararlanılmıştır. Şekil 8'de AE deney düzeneği şematik olarak gösterilmiştir. Orijinal, %80 redüksiyonlu ve %80 red.+gerilim giderme ısıl işlemlerle çekme numunelerinde 37°C Hank solüsyonu içinde DŞDH tekniği ile GKÇ davranışlarının incelenmesi çalışmalarında, Çekme Hızı: 0.01324 mm/dak ile

a)atmosfer ortamında, b)açık devre Hank solüsyonunda ve c)katodik/anodik elektrokimyasal kontrol altında olmak üzere gerçekleştirilen her deney sonrası mekanik özellik değerleri (σ_a , σ_c , σ_k , %C,%KD) belirlenmiş ve bunların GKÇ açısından değerlendirilmeleri yapılmıştır. Her bir deneyde uygulanan AE ölçümlerinde ise AE kaynaklarından gelen sinyallerin zamana bağlı olarak genliği, şiddeti, aktivitesi ile ilgili veriler deney sürecinde gözlenmiş ve deney sonrası bunların analizi yapılmıştır [13].

4.2 Vallen AMSY-5 AE Sistemi

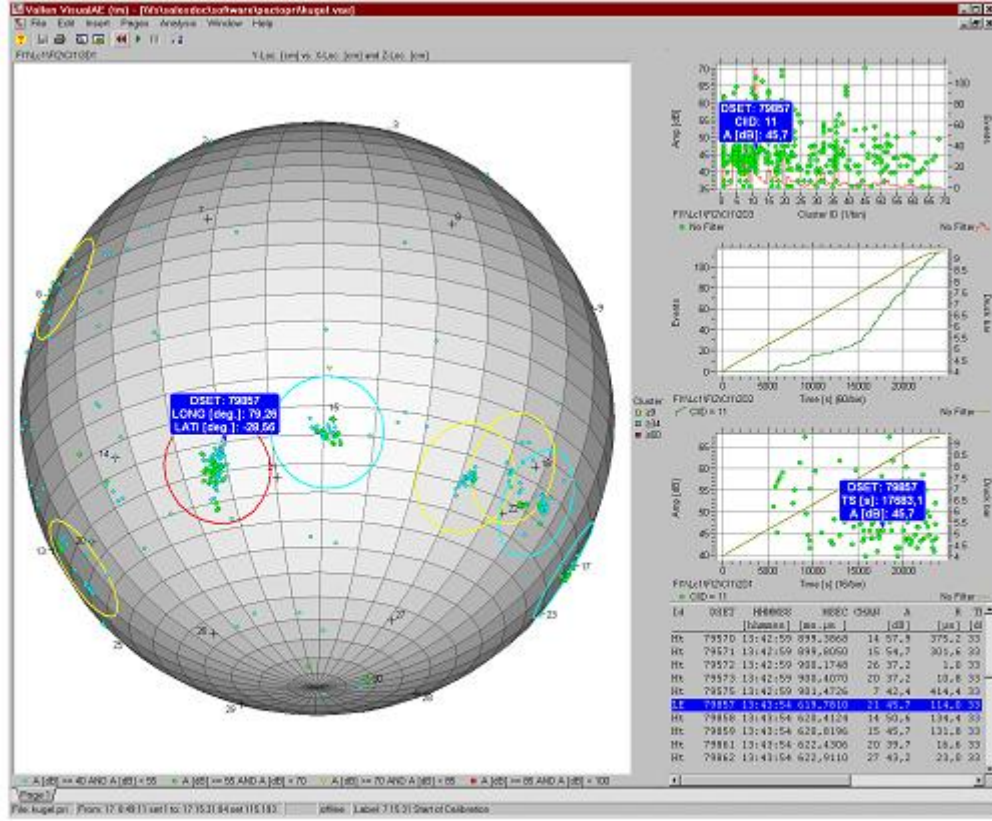


Şekil 9. Vallen AMSY-5 AE sistemi ve algılayıcı düzeneği

- Ana Birim: 37 adet AE kanalı, 4 adet parametrik kanal
- Ek birim: 20 adet AE kanalı (254 kanala kadar genişleme olanağı)
- PC
- AE depolama hızı: 30 000 hit/s
- TR depolama hızı: 2.5 Mbyte/s dalgaşekli verisi
- Otokalibrasyon için pulser
- Sesli alarm birimi
- Yazılım (32-bit Windows software), VisualAE, VisualTR, VisualClass

AE tekniğinin bir ana uygulama alanı, yerüstü depolama tanklarında tank tabanının kaçak (sızıntı) kontrolünde kullanımınıdır. Bir tahribatsız muayene aracı olarak AE bu zamana kadar değişik alanlarda uygulanmasına karşın onun korozyon izleme aracı olarak kullanımı pek benimsenmemiştir. Bu kısıtlamada AE ekipmanının göreceli olarak pahalı olması yanında, kullanım ve veri analizinde uzmanlaşmış personele gereksinim duyulması da rol oynamıştır. Enstitümüzde başlatılan bir çalışmada; gelişmiş Vallen AMSY-5 AE donanımının ve metodolojisinin büyük yerüstü ve yeraltı depolama tanklarının korozyon ve sızıntı açısından tahribatsız muayenesine yönelik olarak ülkemiz koşullarında uygulanabilirliği araştırılmaktadır. Ülke endüstrisinde eksikliği hissedilen Akustik Emisyon tahribatsız muayene yönteminde tam donanımlı, akredite olmuş laboratuvar olanaklarına kavuşulması, ar-ge deneyimine sahip sertifikalı uzman personel ile uluslararası standartlara uygun AE kontrol hizmetleri verilmesi amaçlanmaktadır.

Vallen AMSY-5 AE sisteminde bir analiz ekranı örneği (Şekil 10): Noktalardan birisi (belli bir AE Olay) çift tıklama ile seçildiğinde küçük bir kutu ekranda görünmekte ve o Olay ile ilgili ek bilgiler alınabilmektedir [9].



Şekil 10. Değişik diyagramları ve bir sayısal listelemeyi gösteren Ekran örneği

5. SONUÇ

Elektronik ve bilgisayar alanında son yıllarda kaydedilen ilerlemeler, kalite, güvenlik ve verimliliğin artırılmasında vazgeçilmez bir araç olarak kullanılan tahribatsız muayene teknolojilerinde de büyük gelişmelere neden olmaktadır. Bu gelişmelerden en büyük payı alan bir yöntem; Türk sanayiinde fazla tanınmayan ancak oldukça geniş bir uygulama alanı bulunan Akustik Emisyon (AE) tahribatsız muayene yöntemidir.

AE yöntemi ile bir yapının bütünlük kontrolü tek aşamalı bir test ile yapılabilmektedir. Bu kontrolde yapıya ulaşım açısından sadece algılayıcıların yerleştirilmesi yeterli olmaktadır. Yerüstü ve yeraltı depolama tanklarında sızıntı tespitinde ve korozyon seviyesinin belirlenmesinde AE çok elverişli bir araç olacaktır.

KAYNAKÇA

1. ASTM E 1316, 2002, Standard Terminology for NDT
2. EN 1330-9, 2000, Terms Used in AE Testing

3. ASTM E 1067-2001 Std Practice for AE Examination of FRP Tanks/Vessels
4. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec.V, Article 11 (FRP), 2001
5. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec.V, Article 12 (Metal), 2001
6. B. Raj and B.B. Jha, "Fundamentals of Acoustic Emission" British Journal of NDT 36 1 (1994), pp. 16–23.
7. R. H. Jones and E. P. Simonen, "Some characteristics of early stages of stress corrosion cracking", Journal of NDE 35 3 (1996), pp. 121-127
8. M.Arrington, "NDT of Fibre Reinf. Plas.Comp.", (Ed.by J.Summerscales) Vol.I, 25,1987
9. Hartmut Vallen, "AE: Fundamentals-Equipment-Applications", 2002, Vallen - Systeme GmbH,
10. ESTCP Cost and Performance Report (CP-9904), "Advanced passive acoustic leak location and detection verification system for underground fuel pipelines", U.S. Department of Defence, April 2003
11. D.O. Harris and H.L. Dunegan, "Acoustic Emission Testing of Wire Rope", Mater Eval 15 (1974), pp. 79–82
12. C.E.Hartbower, W.G.Reuter, C.F.Morais ve P.P.Crimnis, ASTM STP 505, 187,1972
13. A.Çakır, S.Tuncel, "AE Response of 316L SS during SSR Test under Potentiostatic Control", Corrosion Science 41 (1999) 1175-1183

AE konusunda Kitap&Yayın:

- Acoustic Emission Training Guide, Jim D. Leaird, ISBN: 1-890545, 1997
- ASNT Nondestructive Testing Handbook Volume 5 Acoustic Emission, ISBN: 0-931 403-02-2
- Journal of Acoustic Emission, Univ. Of California Acoustic Emission Group, Uluslar arası Dergi, 3 ayda bir,
- Annual Book of ASTM Standards, Volume 03.03 Nondestructive Testing
- Acoustic Emission- A Bibliography with Abstracts, ISBN 0-306-65179-3