

DEMİR DÖKÜM SEKTÖRÜNDE TAHRİBATSIZ MUAYENENİN ÖNEMİ VE UYGULAMALARI

Yaylalı GÜNAY, Seyfi DEĞİRMENCİ, Bülent ŞİRİN

DÖKTAŞ Dökümcülük Tic. Ve San. A. Ş., Orhangazi – BURSA

ÖZET

Demir döküm sektörünün son on yılına baktığımızda, gelişen ve globalleşen otomotiv sektörüne paralel olarak, çok büyük bir gelişme gösterdiğini söyleyebiliriz. Avrupa kıtasında döküm fabrikalarının kapanması Türkiye, Çin, Hindistan ve Uzak Doğu ülkelerinin döküm sektöründeki ilerlemeleri Dünya döküm pazarında çok büyük bir rekabeti beraberinde getirmiştir.

Bu çalışmada son yıllarda, tahribatsız muayene metodlarının demir döküm sektöründeki uygulamaları pratik örnekler verilerek anlatılacaktır. Tahribatsız Muayene metodlarının avantaj ve dezavantajları ortaya konacaktır.

GİRİŞ

Ülkemizde profesyonel anlamda özel sektör tarafından büyük döküm fabrikaları 70'li yıllarda kurulmaya başlamıştır. Öncelikle yaş kum kalıba döküm teknolojisinin öğrenilmesi, tamamiyle özgün ürün üreten yani döküm bilgisini kendileri oluşturan döküm fabrikalarının sayısı zamanla artış göstermiştir. 90'lı yıllardaki ekonomik krizler döküm sektörünün dışarıya açılma yılları olmuş, bu da beraberinde yeni üretim teknolojilerinin yanında yeni kontrol teknolojilerine duyulan ihtiyaçları da beraberinde getirmiştir. Ülkemizde özellikle 90'lı yıllardaki aşırı otomobil ve traktör talebi, ileri kontrol teknolojilerinin kullanımını ikinci planda bırakırken, 21. yüzyıla girildiğinde sınırların kalkması, dünya ticaretinin globalleşmesi, büyük otomotiv firmalarının globalleşme eğilimi, döküm sektörünü ileri teknoloji kontrol tekniklerini kullanarak yeni ürünlerin hızlı bir şekilde ve bir defada seri üretime sokmaya mecbur kılmıştır. Özellikle 2000'li yıllarda otomotiv sektöründe kıran kırana bir rekabet başlamıştır. Firmalar çelikten imal ettikleri parçaları sfero dökme demirden üretmek için çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Döküm parçaların ağırlıklarını azaltma çalışmaları hızlanmıştır. Daha hafif, dolayısıyla daha az yakıt kullanan araçlar üretmek temel amaçları olmuştur. Bu amaçla otomotiv, iş makineleri ve traktör endüstrilerinde çok hızlı bir şekilde daha ince et payına sahip döküm parça ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Çeliğin yaptığı işi yapabilen döküm parça tasarımları yapılmıştır. Ürünlerin devreye girme süreleri kısalmıştır. Otomotiv firmaları eskiden 8-10 yılda bir model değiştirirken şimdi ise 2-3 yılda birkaç model birden (hatta çeşitli değişikliklerle aynı ticari aracın yaklaşık 70 değişik versiyonunu kullanıcının beğenisine sunan firmalar vardır) üretebilmektedirler.

Tüm bunlar beraberinde döküm parçalara uygulanan testlerinde sayılarının artmasına neden olmuştur. Eskiden yalnızca sertlik ölçülen, mikroyapısı incelenen, ayrı döküm çekme çubuğundan çekme testleri yapılan parçalardan, eğer sfero ise darbe testi de istenir olmuştur. Parçalardan ve malzemelerden yorulma testleri sorgulanmaya başlanmıştır. Parçalardan eskiden başlangıçta istenen radyografik kontrol sonuçlarının yerini her parti üretimden minimum belirli bir oranının radyoskopik kontrolü istenir olmuştur. Her partiden sonik kontrol sonuçları istenmeye

başlanmıştır. Ultrasonik muayene, laboratuvarlarımızda devamlı malzeme özelliklerinin tesbitinde ve içyapı hatalarının bulunmasında kullanılan bir yöntem olmaya başlamıştır. Magnetik parçacık yöntemi çok nadir kullanılan bir yöntem iken şu anda bu yöntem seri üretimin bir parçası olmuştur. Sıvı penetrant ve girdap akımları ise bir kurtarıcı can simidi olarak pek çok problemin tesbitinde başvurulan yöntemlerdir.

Özellikle otomotiv ve iş makineleri sektöründeki rekabetin artması, iç piyasadaki krizlerin etkisiyle ihracata yönelen firmalarda tahribatsız muayene tekniklerine duyulan ihtiyaç daha da fazla olmaktadır. Firmaların bu konudaki özel istekleri çok fazla olmakta, hatta tek bir parçayı üretmek için çok pahalı özel cihazlar bile alınabilmektedir.

Bu yazımızda temel tahribatsız muayene yöntemlerinin demir döküm fabrikalarındaki uygulama alanları, kuvvetli ve zayıf yanları ortaya konacak, oluşturulan bilgi birikimi döküm sektörü ile paylaşılacaktır.

TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ :

Demir döküm sektöründe uygulama alanı bulan tahribatsız muayene tekniklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- 1) Görsel Kontrol (VT)
- 2) Sıvı Penetrant (PT)
- 3) Magnetik Parçacık(MT)
- 4) Radyografik-Radyoskopik Kontrol(RT)
- 5) Girdap Akımları(ET)
- 6) Ultrasonik Kontrol (UT)
- 7) Kaçak Testi(LT)
- 8) Sonik Kontrol

Bu test metodlarının yanında son yıllarda Akustik Emisyon ve İnfrared Termografi teknikleri de gelişme göstermektedirler.

Görsel Kontrol :

Görsel Kontrol veya Görsel Muayene bir nesnenin direkt veya endirekt olarak belirlenen kriterlere göre, bir insan tarafından iç ve dış yüzeylerinde renk farklılığı ve süreksizlikler, hatalar olup olmadığının , eğer var ise kabul veya red olup olmadığının kararının verildiği, parça ayırımının yapıldığı bir değerlendirme metodudur. Demir döküm sektöründe, üretilen parçaların % 100 'üne uygulanması gereken bir tahribatsız muayene metodudur. Özel ışıklandırmaya gerek vardır. Parçaların dış yüzeyleri gözle kontrol edilebilir,gerektiğinde stereomikroskop incelemesi yapılabilir. Motor kafası gibi kompleks parçalarda parçaların iç yüzeylerinde kum penetrasyonu, gaz boşluğu veya diğer döküm hatalarının kontrolü ise endoskop veya döküm sektöründeki kabul edilen adıyla baroskop olarak adlandırılan cihazlar yardımıyla yapılmaktadır. Bu cihazlar bir ayna sistemine göre çalışan sabit veya hareketli, gözle dürbün şeklinde bakılan veya ekrandan gözlenen tiplerde olabilmektedirler. Özellikle demir döküm sektöründe valf gövdeleri, motor bloklar ve motor blok kafalarının içlerinin kontrollerinde çok sık olarak kullanılmaktadırlar.

Görsel kontrol,döküm fabrikalarında final kalite kontrolün temel kontrol tekniğidir. Ancak tüm kırık yüzey incelemelerinde başvurulan ilk yöntemdir. Otomotiv firmaları her türlü çatlak ve kırık olaylarında direkt olarak döküm parça üreticisi firma ile temasa geçerek kırık parçayı incelemesini isterler. Bu aşamada yapılacak olan kırık yüzey etüdü çok önemlidir. Etüd, incelemeyi yapan kişinin veya kişilerin gözlemleri ve bulguları ile sınırlıdır. Bu aşamada yapılacak olan yanlış bir değerlendirme döküm üreticisini belki de altından kalkamayacağı sorumluluklar almaya kadar gider. Bu gibi durumlarda bir suçlu bulunması son derece önemlidir. Bu nedenle incelemenin çok ayrıntılı bir şekilde yapılması ve parçaların tümünün incelenmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda kırılmanın veya çatlağın yönü, eksik bir parça çok şeyler söyleyebilir. İşte gözle kontrol burada tecrübe ile birleşir ve kırık yüzey incelemesi eksiksiz bir şekilde yapılabilir.

Görsel kontrol çok hızlı olması, pahalı bir kontrol metodu olmaması, diğer tahribatsız muayene metodlarına ihtiyacı azaltması, minimum yüzey hazırlamaya ihtiyaç göstermesi, her zaman uygulanabilirlik ve hatayı direk olarak kuşku götürmez bir şekilde ortaya çıkarması gibi pek çok avantajlara sahiptir.

Diğer yandan görsel kontrolün çok çeşitli dezavantajları da vardır.Bunlar; yalnızca parçaların yüzeylerinin görünebilmeleri iç yapı hakkında bir bilgi vermemesi(Parça görsel kontrolden geçebilir ama sfero yerine yanlışlıkla gri dökme demirden imal edilmiş olabilir), parça üzerindeki bulguların kontrol eden personelin tecrübesine göre değişkenlik göstermesi, yüzey hazırlama ve temizleme işlemlerinin uygunluğu veya uygunsuzluğu, göz yanılmaları, yetersiz aydınlatmalar, personelin dalgınlığı, dikkatinin dağılması (iş körlüğü) gibi olumsuzluklar olarak sayılabilir.

Özet olarak malzemesi insan, çeşitli ölçü aletleri, büyüteçler, ışık kaynakları ve baroskoplar olan bu teknik her türlü ürüne uygulanabilen çok kolay ama çok dikkat gerektiren bir teknik olup, akıllıca kullanıldığında mükemmel bir problem çözme tekniğidir.

Sıvı Penetrant Muayenesi:

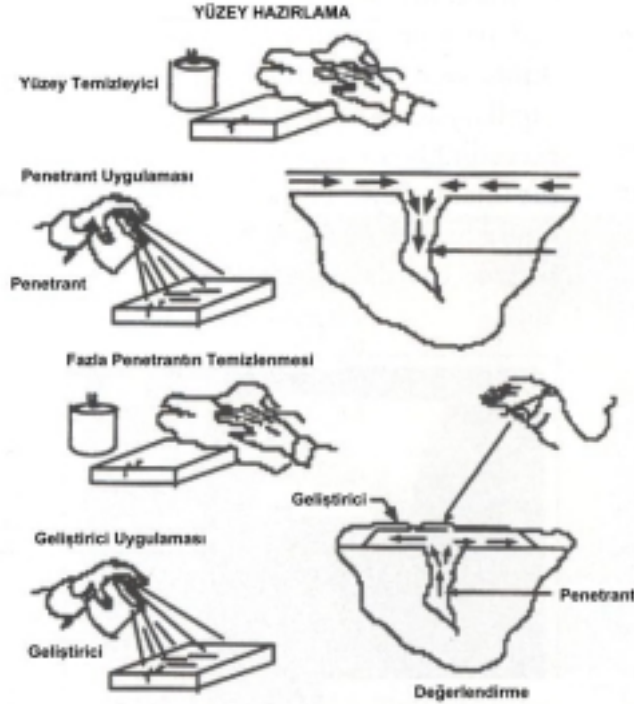
Demir Döküm sektöründe belki de en az uygulama alanı bulan tahribatsız muayene tekniğidir. Teknik ile bir malzeme üzerinde yüzeye açılan çatlaklar tesbit edilir. Sıvı penetrant muayenesi kontrol edilecek yüzeyin temizliği, hatanın konfigürasyonu, kullanılan sıvının yüzeyi ıslatma yeteneği, hatanın yüzeye açıldığı noktadaki boyutları, sıvının yüzey gerilimi, sıvının temas açısı ve hatanın içinin temizliği ile yakından ilgilidir. Tüm bu parametreler hatanın net olarak ortaya çıkarılmasını etkileyen parametrelerdir.

Bu yöntem, bir final kalite kontrol muayene tekniği, malzeme giriş kalite kontrol tekniği(örneğin bir döküm fabrikası için tüm işlenmiş çelik yedek parçalar gibi), üretim sırasında kontrol, bakım amaçlı kontrol muayene tekniği olarak kullanılabilir. Kısacası bir döküm fabrikasının kancaları, potalarının taşıma kolları, forkliftlerinin taşıyıcı kolları ve tüm bakım faaliyetlerinde kullanılabilen bir teknik olması yanında muhtemel sıcak yırtılma ve tüm transportlar sırasında oluşabilecek soğuk çatlakların tesbitinde kullanılabilen bir muayene tekniğidir. Tesbit edilebilen süreksizliklere örnek olarak yüzeye açılan çatlaklar, çekinti boşlukları, sızdırma oluşturan birleşmeme hataları v.b. tüm hatalar örnek olarak verilebilir.

Yöntemin avantajları; Bu metod yüzeye açılan küçük hataların tesbitinde çok hassas bir metoddur. Pahalı olmayan bir metoddur. Hassasiyeti çok yüksektir. Ekipman ve cihaz ihtiyacı minimum olan bir metoddur(uygulama zamanını tesbit etmek için bir zaman ölçer, bir sıcaklık ölçme cihazı, penetrant malzeme-kırmızı renkli girici sıvı, ışık ortamı-beyaz veya ultraviyole, fırça, daldırma tankı veya spray, geliştirici malzeme ve temizlik bezleri ihtiyaç duyulan malzemelerdir). Her türlü karışık şekilli parçalara uygulanabilir. Eğitim ihtiyacı çok az olmasına rağmen çok dikkat gerektiren olmazsa olmazları vardır(yüzey temizliği gibi). Pek çok amaçla kullanılan ve farklı kaynaklı hataları ortaya çıkaran bir muayene metodudur.

Döküm parçaları işleyen tüm otomotiv, traktör ve iş makineleri üreticilerinin, işlenmiş yüzeylerin kontrolunda kullandıkları bir teknik olmasına rağmen demir döküm fabrikalarında yüzey pürüzlüğününün fazla olması, bilyalı temizleme sırasında mevcut yüzey hatalarınının kapanması ve yüzeylerin çok iyi temizlenememesi nedeniyle kullanımı sınırlı bir tahribatsız muayene tekniğidir. Yine de döküm parçalarda parçanın muayene öncesi hava ile çok iyi temizlenmesi, daha sonra alkol veya özel spray temizleyiciler ile temizlenerek tekrar hava ile temizlenip sonrasında penetrantın yüzeye uygulanması ve temiz tüy bırakmayan bir bez ile parçanın üzerinden penetrantın temizlenmesi yoluyla geliştiricinin tatbiki ile uygun bir muayene yapılabilir. Fakat Magnetik Parçacık tekniği ile karşılaştırıldığında ham döküm parçalar için çok uygun bir teknik değildir. Fakat otomotiv sektöründe tüm dişlilere ve kam millerine uygulanan bir tekniktir.

Sıvı penetrant yönteminin nasıl uygulandığını gösteren şematik bir şekil aşağıda verilmiştir(**Şekil-1**). 5 adımdan oluşan uygulama; yüzey hazırlama, penetrant sıvının tatbik edilmesi, yüzeydeki fazla penetrant sıvının silinmesi-temizlenmesi, geliştirici malzemenin parça yüzeyine tatbik edilmesi ve parçanın göz ile kontrolu (beyaz ışık veya ultraviyole ışık altında) aşamalarından oluşmaktadır.



Şekil-1. Sıvı Penetrant Muayenesi İşlem Adımları

Magnetik Parçacık Muayenesi :

İsminden de anlaşıldığı gibi bu tahribatsız muayene yönteminde magnetizma kullanılmaktadır. Yani muayene edilecek parça veya muayene edilecek alan magnetize edilmektedir. Bu yöntemle yalnızca magnetize edilebilir yani ferromanyetik malzemeler çatlak kontroluna tabi tutulabilirler. Alüminyum ve ostenitik paslanmaz çelikler gibi ferromanyetik olmayan malzemelerin bu yöntem ile kontrolü mümkün değildir.

Magnetik Parçacık Yönteminin başarılı ve doğru uygulanabilmesi için;

- a) Eğitilmiş, tecrübeli ve uluslararası geçerliliği olan sertifikalı bir eleman,
 - b) Muayene için uygun bir muayene donanımı,
 - c) Tamamen çalışır durumda ve uygun bir ışıklandırma ünitesi,
 - d) Uzun vadede aynı kalitede muayene yapan bir muayene sıvısı ve
 - e) Tekrarlanabilir ölçüm verilerini kaydedebilecek bir kodlama cihazı gerekmektedir.
- Bu kriterlerden birisi eksik olduğunda yöntem tartışmaya açık olur. Manyetik geçirgenlikleri 100'ün üzerindeki ferromanyetik malzemeler(ostenitik çelikler hariç bütün çelik ve çelik alaşımları ile dökme demirler) bu yöntem ile muayene edilebilirler.

Her tahribatsız muayene yöntemi gibi bu yöntemin de birtakım sınırlamaları vardır. Bunlar;

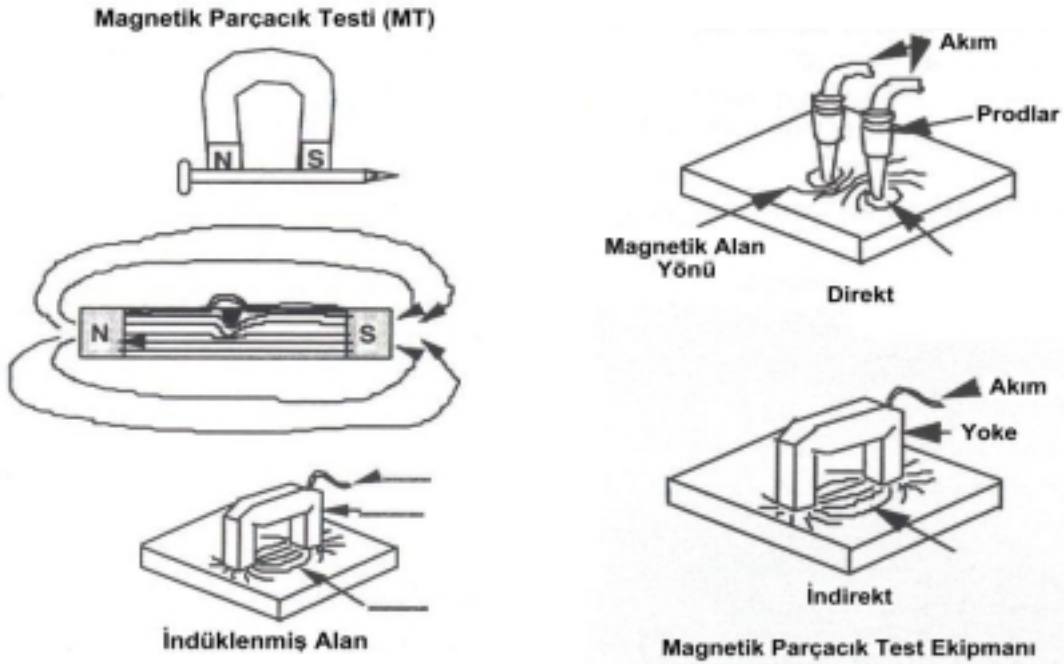
- a) Temas ve tutma yerlerindeki çatlaklar ve süreksizlikler,
- b) Dövmede oluşan katlanmalar ve yüzeye paralel ve yine malzeme içine ilerleyen çatlaklar ve süreksizlikler,
- c) Ferromanyetik oksitlerle dolu çatlaklar ve süreksizlikler,
- d) Kenarları yuvarlak olan geniş çatlaklar ve süreksizlikler,
- e) Kalın kaplamaların(Kaplama kalınlığı 40 mikrondan fazla olması durumunda) altındaki çatlaklar ve süreksizlikler magnetik parçacık yöntemi ile tesbit edilemezler.

Ferromanyetik malzemelerin magnetik iletkenliği yani magnetik geçirgenlikleri yüksektir. Magnetizasyon sırasında magnetik alan çizgileri çatlaklarda olduğu gibi daha az iletken bir bölgeye geldiğinde, değişen magnetik iletkenlikten dolayı bir magnetik alan sıçraması oluştururlar. Magnetik alanda oluşan bu değişim, magnetik malzeme muayenesine temel oluşturur ve bir çatlak veya süreksizliğin oluşturduğu bu magnetik akı magnetizasyon sırasında yüzeye kuru veya süspansiyon içerisinde uygulanan ve serbest olan demir ve demiroksit tozlarını çekmeye ve hatalı bölge üzerinde toplamaya başlar. Bu şekilde süreksizlik üzerinde oluşan magnetik toz yığını görülerek hatalı bölge tanımlanabilir. Bir çatlak görüntüsü için en önemli şart, magnetik alan çizgileriyle süreksizlik arasındaki açının 30°'den az olmamasıdır. **Şekil-2'**de Magnetik Parçacık Muayenesinin şematik gösterimi ve ekipmanları görülmekte olup, **Şekil-3'**de ise ağırlıkları 500 gr.'dan 300 kg.'a kadar değişen, boyları ise 100 mm.'den 1700 mm.'ye kadar değişen gri ve sfero dökme demir parçaları kontrol edebilen bir Magnetik Parçacık Test Cihazının fotoğrafı verilmiştir.

Magnetik Parçacık test cihazları genellikle üretici firmalar tarafından kontrol edilecek parçalara göre dizayn edilirler. Fakat eğer siz bir döküm fabrikası olarak 500 ile 1000 çeşit ve farklı boyutlarda döküm parçalar üreten bir fabrika iseniz, yapmanız

gereken fabrikanızı böyle bir çok cihaz ile doldurmak olmamalıdır. Önemli olan universal bir test cihazı üretmektir. Bu universal amaçlı çatlak kontrol cihazı:

- 1) Öncelikle her boyutsal ayarda yeterli magnetize devrelerine sahip olmalıdır.
- 2) Boyutsal ayarlar mümkün olduğunca hızlı yapılabilirdir.
- 3) Değişim parçaları(adaptör v.s.) çok hızlı değişebilir olmalıdır.
- 4) Kontrol edilecek her parça için test emniyeti sağlamalıdır.
- 5) Duşlama çabuk ve emniyeti olmalıdır.
- 6) Ağır parçaların yüklenmesi ve boşaltılması için cihazda ek donanım olmalıdır.
- 7) Cihaz stabil olmalıdır.
- 8) Operatörlerin rahat çalışması için kabin, çadır yöntemi değil, karanlık oda tekniği kullanılmalıdır.
- 9) Ultraviyole lambalar büyük parçaların daha iyi hata değerlendirmesi yapılabilmesi amacıyla cihaz üzerinde hareketli olmalıdır.
- 10) Çok büyük ve kompleks parçaların kısmi kontrollerinin yapılabilmesi için cihazdan yüksek akım kabloları ile bir çıkışın alınabileceği mutlaka bir harici devre olmalıdır. Bu şekilde cihazın yanında bir havuz sistemi ve yüksek akım kabloları ile ayrı bir çatlak kontrol ünitesi gibi çalışılır. Cihaza yüklenemeyen ağır ve uzun parçalar bu şekilde kontrol edilebilir.
- 11) Cihaz ileride üretilebilecek en büyük parça için magnetik alanı oluşturabilecek elektriksel güçteki bobinlere sahip olmalıdır.

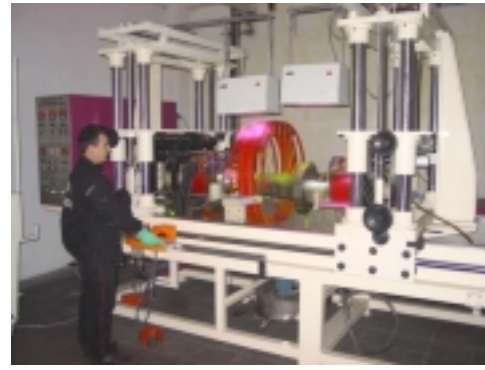
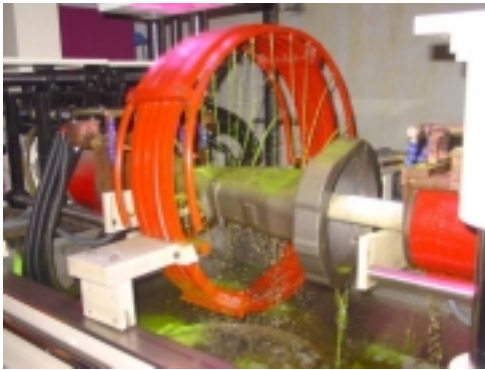


Şekil-2. Magnetik Parçacık Testi Metodu ve Ekipmanları

Otomotiv ve iş Makinaları üreticileri eğer parçaları kendileri işliyorlar ise; gerek Magnetik Parçacık ve de gerekse sıvı penetrans yöntemi ile parçaları işleme sonrası çatlak kontrolüne tabi tutmaktadırlar. Son yıllarda parçaların et kalınlıklarının azaltılması yönündeki çalışmalar sfero ve gri döküm parçalarda çatlak kontrolünü ön plana çıkarmıştır. Gri dökme demir parçalar özellikle fabrika içerisindeki taşıma operasyonları sırasında düşmelere ve çeşitli darbelere maruz kalabilmektedirler. Bu amaçla et payları ince Rulman yuvaları ve karterler, tahrik kutuları, çeşitli kapaklar.

Volan muhafazaları, dişli kutularında çatlaklar meydana gelebilmektedir. Yine yanlış model dizaynı veya maça sıkması gibi çok çeşitli nedenlerle gri dökme demir parçalarda sıcak yırtılma olayına rastlanmaktadır. Bu durumda yeni ürün devreye alma aşamalarında yapılacak olan Katılma simülasyonu çalışmaları ile birlikte tüm yeni ürünlerin çatlak kontrolüne tabi tutulması (Görsel Kontrol+Magnetik Parçacık Yöntemi ile) Dizayn aşamasına bir geri besleme sağlamaktadır. İleride ortaya çıkabilecek bir hata önceden tesbit edilebilmektedir. Aynı durum çelik dövmeden ferritik veya ferritik- perlitik matrisli küresel grafitli dökme demir parçaların üretiminde de uygulanmalıdır. Özellikle yolcu otobüslerinde şasi bağlantı parçaları olarak kullanılmakta ve yalnızca bağlantı bölgeleri işlenerek, araçlara takılmaktadırlar, bu nedenle kullanıcı firmalar tarafından parça üzerinde çatlak asla istenmemektedir. Kum şartları, kalıplama pratiği ve özellikle de parçaların temizlenmesi ve taşlanması aşamalarında çatlak oluşumu riskini minimuma indiren tedbirler alınmalı, parçaların dizayn ve üretim hata türü ve etki analizleri bu riskler gözönünde bulundurularak tasarlanmalıdırlar.

Çatlak kontrol bir döküm fabrikası için olmazsa olmaz bir prosestir. Özellikle Fren sistemi parçaları üreten bir döküm fabrikasında bu çok daha önemli bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır.

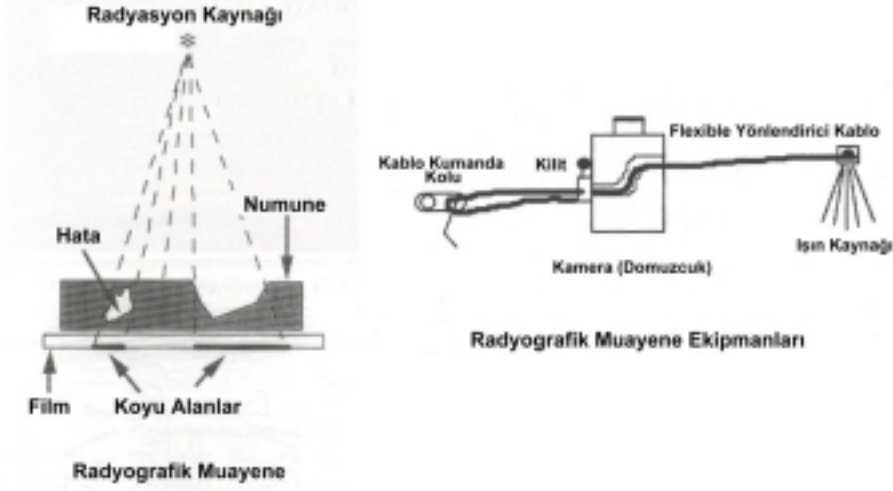


Şekil-3. Üniversal Magnetik Parçacık Test Cihazının Görüntüleri

Radyografik ve Radyoskopik Muayene :

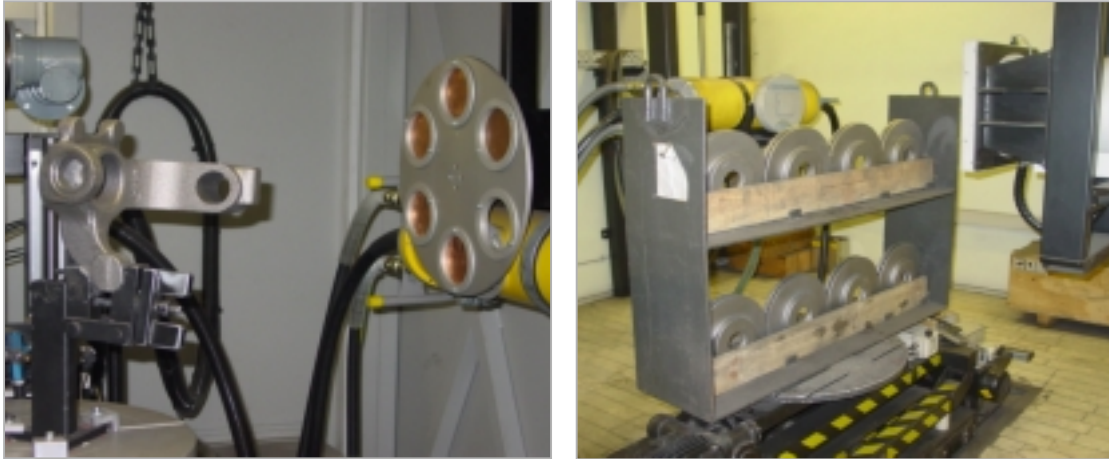
90'lı yıllara kadar tüm döküm parçalarda ilk devreye girme aşamalarında radyografik muayene geçerli idi. Firmalar parçaları üreten döküm firmalarından her kalıp gözünden olmak üzere, birer adet radyografi filmi istemekte, bu filmi dosyalarına koyarak, yeni ürün devreye girme aşamasını tamamlamakta idiler. Fakat seri üretim parçaları kendilerine ulaşıp, bunları işleyerek çeşitli hataları görmeye başladıkça ürünün yalnızca kendileri tarafından kontrol edilmesinin kaliteyi sağlayamayacağını öğrendiler. Önemli olan döküm parça üreticisi tarafından proseslerinin kontrolü idi. Yaş kum kalıba döküm teknolojisinde, bir parçanın sağlam çıkması için binlerce değişken olduğu bugün herkes tarafından kabul edilmektedir. Dolayısıyla, yapılacak iş, üretimden belirlenen aralıklarda veya partelerden belirlenen adetlerde örneklerin alınarak hemen iç yapı incelemelerinin yapılması ve sonuçların anında üretime aktarılmasıdır. Yapılacak iş belirlendiğinde, alınacak kontrol sisteminde sınırları kendiliğinden ortaya çıkmış olmaktadır.

Radyografik muayenenin prensibi ve kullanılan ekipmanlarını gösteren şekil aşağıda verilmektedir (**Şekil-4**). Fakat radyografik muayenenin bir zamana ihtiyaç göstermesi, film banyo gereksinimi, kompleks şekilli parçalarda birden fazla



Şekil-4. Radyografik Muayenenin Prensibi ve Kullanılan Ekipmanları

pozlamaya ihtiyaç duyulması, Radyasyon tehlikesinin daha fazla olması gibi dezavantajları nedeniyle son yıllarla çok büyük gelişmeler gösteren Radyoskopik muayene sistemleri döküm üreticileri tarafından çok tercih edilen sistemler olmuştur. Aşağıda birer örneği verilen endüstriyel radyoskopi sistemlerinde (**Şekil-5**) film yerine kapalı devre kameraları kullanılmakta ve bu özel kameralar sayesinde parçadan geçen X- Işınları bir görüntü şiddetlendiriciden geçerek bu kamera aracılığıyla görüntü ekranına yansıtılmaktadır. Görüntüler daha sonra eğer istenir ise bir bilgisayar ve özel programlar ile işlenerek kullanılabilirlerdir. Her türlü kayıt sistemi mümkündür.



Şekil-5. Endüstriyel Radyoskopik Kontrol Sistemlerine Örnekler.

Diğer tahribatsız muayene tekniklerinde olduğu gibi bu taknikte de insan çok önemli bir parametredir. Muayenelerin mutlaka uluslararası geçerliliğe sahip sertifikalı elemanlarca yapılması gerekmektedir. Bu sistemler Türkiye Atom Enerji Kurumu tarafından denetlenmekte olup, özellikle son iki yıl içerisinde Radyasyon Sağlığına yönelik düzenlenen eğitimler ve Sağlık Sigortası zorunluluğu, ülkemizdeki tüm muayeneleri ve muayene yapan kişileri korumaya yönelik tedbirlerdir.

Radyografik muayenelerde kullanılan değerlendirme referans radyografları bu sistemlerle de kullanılmaktadır. Aradaki tek fark cihazın kontrol esnasındaki büyütme faktörüdür. Bu oran hesaplandığında değerlendirmede bir zorluk çıkmamaktadır.

Tekrar etmek gerekirse, bu sistemler final kontrol cihazları olarak görülmemelidir. Farklı sıcaklıklarda yapılan dökümlerin değerlendirilmesi, pota başı ve sonundaki gaz ve çekinti eğilimlerinin ortaya çıkarılması, düşük ve yüksek çözünmüş magnezyum ihtiva eden küresel grafitli dökme demirlerin çekinti seviyelerinin ortaya çıkarılması, gri dökme demirlerde sıvı metalin çil derinliği ile çekinti seviyeleri arasındaki bağlantının ortaya konması, kullanılan sıcak besleyicilerin boyutları ile çekinti seviyelerinin ortaya çıkarılması gibi çalışmalarda kullanılan çok önemli ve fakat yatırımı ve işletme maliyeti pahalı sistemlerdir. Ancak bu sistemler görerek üretim için şart olan sistemlerdir. Bulgularınızı üretim parametreleri ile üstüste koyduğunuzda aradaki farklar size hatanın nereden kaynaklandığını bulmanıza yardımcı olmaktadır. Yeni ürün devreye almada bu sistemlerin kullanımı ile kazanılan zaman inkar edilmeyecek kadar büyüktür.

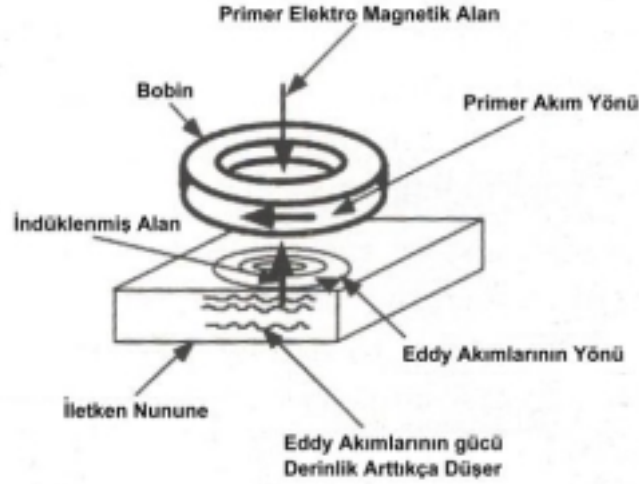
Son yıllarda özellikle araçların akson veya knuckle tabir edilen ve aracın can taşıyan parçaları olarak kabul edilen bu parçalar dövme çelikten ferritik sfero dökme demire dönmüşlerdir. ASTM E 192'ye göre Seviye 2'den fazla çekinti boşluğuna asla müsaade edilmeyen bu parçalarda ilk 10 000 parça için % 100, daha sonrakiler için ise % 10 kontrol şartı firmalar tarafından istenmektedir. Bu da döküm firmalarını son derece pahalı bu yatırımlara doğru itmektedir.

Eddy Akımları(Girdap Akımları) Muayenesi :

Özellikle otomotiv firmalarının asla vazgeçemediği bir yöntem olan girdap akımları ısıtma işlem sonrası tüm dişlilere ve civatalara sertliklerini kontrol amacıyla veya ısıtma işlem derinliği tesbiti amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Döküm sektöründe uygulaması çok sınırlı olan bu yöntemin şematik gösterimi **Şekil-6**'de verilmektedir. İletken bir bobine elektrik akımı uygulandığında, bobinde bir magnetik alan oluşur, Eğer iletken bir malzeme bu akım taşıyan bobine yaklaştırılır ise, test parçasının üzerinde bir girdap akımının oluşumuna neden olur.Girdap akımının şiddeti alaşımın veya metalin kimyasal bileşimine veya yapısal durumuna bağlıdır. Eddy akımının frekansının değiştirilmesi, bobin sistemi içerisinde, parçanın yapısal durumunun bir elektromanyetik parmak izinin elde edilmesini sağlar. Bu ise yine alıcı bir bobin ile cihaz tarafından alınır ve değerlendirilir. Parçanın yapısal durumundaki bir değişim, bileşimindeki bir değişim, malzemedeki karışım durumları, karışmış durumdaki iki parti üretim veya yanlış, yetersiz ısıtma işlem Eddy akımı sinyallerinin değişmesine neden olur. Eddy akımları muayenesi gerek elektrik ve gerekse manyetik olarak iletken olan her tür malzemeye uygulanabilir. Bu durumda Eddy akımları yöntemi tüm metalik malzemeleri içine alır.

Eddy akımları yöntemi, mutlak değer veren bir yöntem değildir. Tamamiyle bir karşılaştırma yöntemidir.bu özelliği nedeniyle döküm parçalarda +/- 10 HB (10 mm bilya ve 3000 kg yük) hassasiyetle ayırım mümkün olabilmektedir. Fakat burada sınırlayıcı nokta o parçaya uygun bobinleri bulmaktır. Bu yöntemde malzemedeki homojensizlikler, numunedeki boyutsal toleranslar, bobinlerin sabitlenmesindeki boyutsal değişimler ve sıcaklık değişimleri sonuçları çok fazla etkilemektedir.

Özellikle gri dökme demir parçalarda sertlik ayırımı başarılı bir şekilde yapılırken sfero parçalarda örneğin küreselliğe göre ayırimda bu kadar başarılı olunamamaktadır. Ferritik – Perlitik parçaların kimyasal ve dolayısıyla mikroyapı değişimleri cihazdan küresellik için doğru değerlerin alınmasını zorlaştırmaktadır. Fakat bu problem



Şekil-6. Girdap Akımları Yönteminin Şematik Gösterimi

tamamen perlitik (örneğin krank millerinde) parçaların küresellik esaslı ayırımlarında ortadan kalkmaktadır.

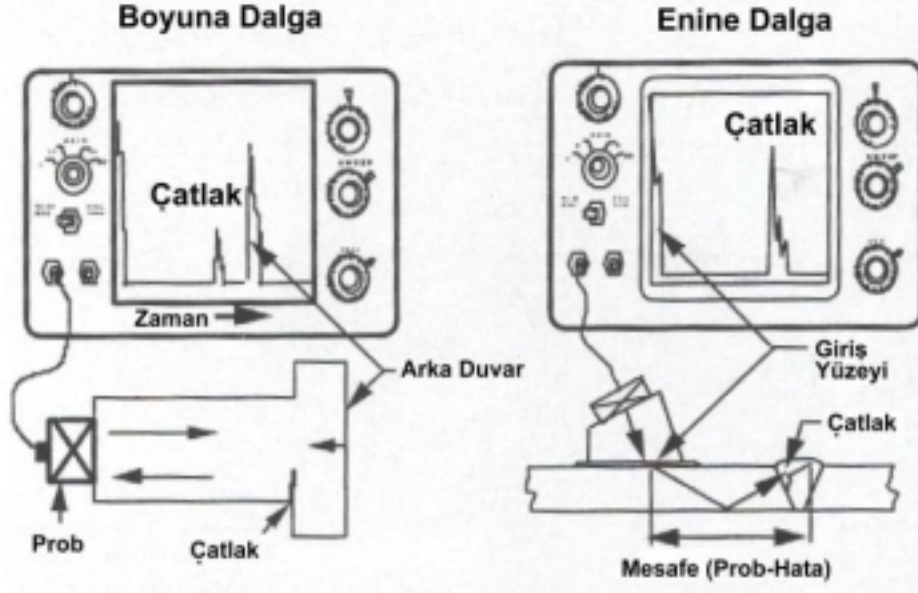
Parçaların çok iyi taşlanmaları ve temizlenmeleri gerekmektedir. Aksi takdirde alınan sonuçlar güvenilirliğini yitirmektedir. Yine her iki bobinin de çok iyi yerleştirilmesi ve eğer mümkün ise ahşaptan bir aparat(kestamit türü plastik malzemeler de olabilir) üzerine sabitlenmesi çalışmalara çok yardımcı olmaktadır. Bazı parçaların bu yöntemle kontrolünü gösteren Şekil-7, bu cihazı kullanan veya kullanmayı düşünenlere bir fikir verebilir. Tek bir kontrol bobini kullanılabildiği gibi birden fazla bobin kullanılarak da çalışılan yöntemleri vardır. Bu sayede bir krank mili veya kam milinin eddy akımları ile kontrolü (ne amaçla kontrol edilecekse) mümkündür. Önemli olan kalibrasyonun çok iyi yapılması ve devamlı olarak kalibrasyonunun doğruluğundan emin olunmasıdır.



Şekil-7. Girdap Akımları Yöntemi Uygulamasına Örnekler.

Ultrasonik Muayene :

Çelik Döküm ve kaynakla şekillendirme imalat yöntemlerinde kullanıldığı kadar yaygın olmasa da ultrasonik muayenenin demir döküm sektöründeki uygulamaları da son yıllarda çok büyük gelişmeler kaydetmiştir. **Şekil-8'da** Ultrasonik muayenenin prensiplerini şematik olarak görebilirsiniz. Bir ultrasonik hata algılayıcı cihaz, prob ve prob kablosundan ibaret olan bu sistemde x- eksenı zamanı

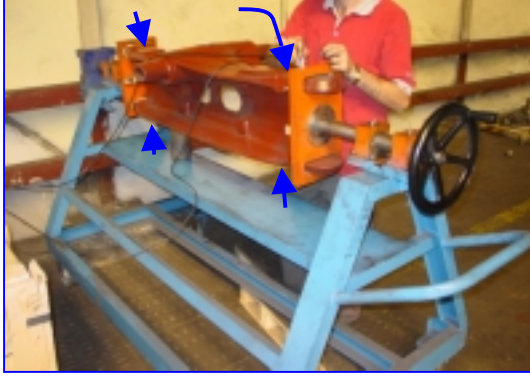


Şekil-8. Ultrasonik Muayene Metodunun Şematik Gösterimi.

(veya mesafeyi) y eksenı ise alınan piklerin şiddetini göstermektedir. Bu sistemde malzemenin içerisine yüksek frekanslı ses dalgaları gönderilerek malzemenin et kalınlığı veya malzemenin içerisindeki gaz boşluğu, katmer, çekinti boşluğu, kum boşluğu gibi hatalar tesbit edilebilmektedir.

Ses dalgalarının her malzeme içindeki ilerleme hızları farklıdır. Bu nedenle cihaz öncelikle muayenesi yapılacak malzemeye göre kalibre edilmekte ve daha sonrasında muayene gerçekleştirilmektedir. Ultrasonik hata dedektörleri ile demir döküm sektöründe kumpas, komperatör gibi ölçü aletleri ile ölçülemeyen et kalınlıkları 0.1 mm hassasiyetle ölçülebilmektedir. Bu amaçla hassas ölçüm yapabilen T / R problemler kullanılmaktadır. Yine uzunluğu yaklaşık 2 m olan aks dingillerinin et kalınlığı ölçümleri de bu problemler yardımıyla yapılabilmektedir. Aks dingilleri, aks kovanları, dişli kutuları ve diğer döküm parçalarda(gri veya sfero) her türlü gaz boşluğu ve çekinti boşluğu hataları da bu cihaz ve problemlerle çok hassas olarak tesbit edilebilmektedirler. Aşağıda **Şekil-9'da** bu ölçümlere örnekler verilmiştir. Özellikle Çelik döküm için geçerli olan çatlak hataları da ultrasonik muayene ile kolayca tesbit edilebilir.

Ultrasonik muayenenin demir döküm fabrikalarında çok yaygın olan diğer bir uygulama alanı da bakım, periyodik kontrol, yedek parça giriş kalite kontrol, döküm plakası ve model giriş kalite kontrol alanlarıdır.



Şekil-9. Ultrasonik Muayene Uygulamasına Örnek.

Vakumlu soğutmalı değirmenlerin vakum tanklarındaki incelemeler bu yöntemle çok yakından takip edilip, zamanı geldiğinde tanklar tamir edilebilmekte veya değiştirilebilmektedir. Yine Gri-Sfero parça ayırımında ses hızı farklılığına göre malzeme ayırımında ultrasonik yöntem vaz geçilmez bir kontrol aracıdır.

Ultrasonik hata dedektörleri son yıllarda küçülmüş ve fonksiyonları da artmıştır. Portatif, kolay taşınabilir ve uzun süreli kullanıma imkan veren bataryalar, kalibrasyonları çok kolay yapılabilen cihazlar ultrasonik muayeneyi yeni elemanlara sevdiren avantajlar arasında sayılabilir. Bu avantajlar sayesinde birim zamanda yapılan muayenelerin sayısı artmakta ve yine güvenilirliği de artmaktadır. Bu yöntemde operatörün yine uluslararası geçerliliğe sahip bir sertifikalı eleman olması ve tecrübesi son derece önemli bir parametredir. Işın kalitesini birinci derecede etkiler.

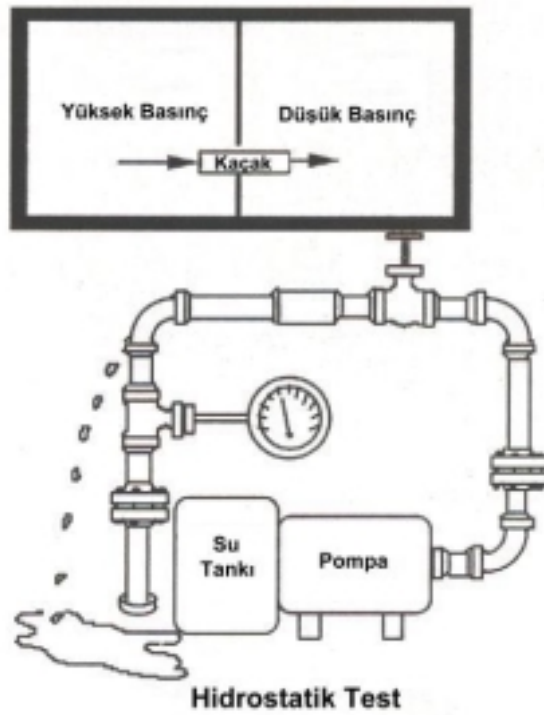
Demir dökümde özellikle döküm hatalarının tesbitinde kompleks parçalarda ultrasonik muayene yetersiz kalmaktadır. Yuvarlak kesitli parçalarda, köşelerdeki hatalarda, çekinti boşluklarının çok küçük seviyelerde olması durumunda ancak işlendiğinde işleme yüzeyinde çıktığında çok büyük bir çaresizlik içine düşülmektedir. Bu olumsuzlukları dışında ultrasonik muayene yapılan yatırımı belki de bir tek parti kontrolde geri alabilen, düşük maliyetli, güvenilir bir metoddur.

Kaçak Testi:

Ultrasonik, sıvı penetrant, magnetik parçacık, girdap akımları ve radyografi gibi 5 tahribatsız muayeneye ek olarak kaçak testi de işlenmiş ve işlenmemiş döküm parçalara uygulanan ve temelde test sonrası parçalar kullanıldığı için bir tahribatsız muayene yöntemidir. Temelinde bir parçanın içine veya dışına bir basınçlı su veya hava tatbik edilerek parçadan kaçak olup olmadığının kontrol edilmesi yöntemidir. Örneğin işlenmiş bir motor blok kafasının belirlenmiş şablonlarla tutturulup, içine hava basılarak su dolu bir havuzda kaçak testinin yapılması veya yine aynı prensibin bu defa su dolu havuz olmadan basınç düşümünün takibinin yapılması yoluyla uygulanması gibi çeşitli uygulamaları vardır. Aşağıda **Şekil-10**'de bu muayene metodunun temel uygulama şeması verilmektedir. Döküm sektöründe bu şekilde uygulamalar genelde işlenmiş parçalara uygulanmaktadır. Fakat döküm parçalarda bu uygulama, parçaların yüzeylerinin bu işlem için yeterli düzgünlükte olmaması nedeniyle yapılamamaktadır. Fakat tiner testi tabir edilen test ile kaçak testi döküm sektörünün vazgeçilmez bir muayene metodudur. Yine bazı parçalarda girici

özelliğinin yüksek olması nedeniyle sıvı penetrant yöntemindeki, kırmızı renkli sıvı aynen tiner gibi kullanılarak testler gerçekleştirilebilir.

Bu yöntemle, örneğin bir motor blokta yavaş soğuma sırasında oluşan kabartane yapısından kaynaklanan sızdırma problemleri ortaya çıkarılabilir. Yine motor kafalarında da mutlaka uygulanan bir yöntemdir. çok pahalı olmayan bir muayene metodudur. Parçaya göre dizayn edilen aparat ve ölçme cihazlarına gereksinim duyulabilir. Hızlı bir metoddur. Motorun veya motor kafasının (hangi parça kontrol edilecekse) gerçek çalışma şartlarını yansıtmaz(sıcaklık, zamanla korozyon, yorulma, sürünme v.s.). Aracın çalışması sırasında daha önceden ortaya çıkarılmamış birtakım kaçak hataları çikabilir. Bu nedenle % 100 güvenilir bir test değildir.



Şekil-10. Kaçak Testinin Şematik Gösterimi.

Kaçak testinin hidrostatik veya pnömatik olup olmayacağına, nasıl bir kaçak testi yapılacağına parçaya göre karar verilir. En uygun kaçak testinin seçimi sırasında şu iki soru sorulmalıdır: bu kaçak testi şüpheli yani bir parçada kaçak olup olmadığının kontrolü için mi yapılacak yoksa bilinen bir kaçağın yerini göstermek için mi yapılacak? Diğer soru ise herhangi bir bilinen spesifik kaçağın miktarını ölçmek gerekli midir? Bu sorular bizim kaçağı tesbit etmede hangi yöntemi kullanacağımızı ve neye ihtiyacımız olduğunu daha iyi anlamamızı sağlayacak sorulardır. Örneğin bir kaçak testini bir sabun köpüğü ile yaparken diğerini bir suya daldırma şeklinde yapabiliriz. Yine başka bir kaçak testinde de elektronik cihazlarla basınç düşümünü ölçebilir veya kütle spektrometresi kaçak testi metodunu kullanabiliriz. Bu tamamiyle neye ihtiyacımız olduğu ile ilgili bir konudur.

Sonik Kontrol:

Demir döküm sektörünün belki de en eski tahribatsız muayene yöntemlerinden birisi olan ve “Çan Testi” olarak bilinen bir metoda dayanılarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Gri ve sfero dökme demire çekiçle vurulduğunda, her iki malzemeden çıkan sesler çok farklıdır. Eğer parça gri dökme demir ise ses daha düşük bir tona (düşük doğal rezonans frekansı) sahip olacak ve daha çabuk zayıflayacaktır. Sfero dökme demirde ise bunun tam tersi bir durum gözlenecektir. Bu prensipten hareketle üretilen sfero dökme demir parçaların sferolaşma derecelerinin yeterli olup olmadığını anlamak mümkündür. Parçaların doğal rezonans frekanslarının ölçümünü yapabilen çeşitli cihazlar geliştirilmiştir. Sferolaşmayı kalıp içerisinde gerçekleştiren dökümhaneler, bu tür cihazlar kullanarak, parçaların küreselliklerini kontrol etmektedir. Ancak burada % 100 kontrol şartı vardır. Bu metodun avantajları; sfero dökme demirlerin küreselleşme derecelerinin büyük bir doğrulukla ölçülebilmesi, ölçümün çok hızlı olması(otomatik de olabilir), ölçümün ultrasonik muayenenin aksine bir bütün olarak parçayı temsil etmesi, karışık şekilli parçaların test edilebilmesidir. Ayrıca yağ veya suya daldırma gerektirmez. Çatlak ve curuf gibi diğer hataların da tesbit edilebilmesi ve tamamen otomatik hale de getirilebilmesi yöntemin avantajlarıdır.

SONUÇ :

Ülkemiz Demir Döküm sektöründe Dünya pazarından daha yüksek bir oranda pay almak istiyor ise, demir dökümhaneleri yeni ürün devreye alma sürecini hızlandırmak istiyorsa bu yazımızda belirtmiş olduğumuz tüm tahribatsız muayene metodlarını çok iyi bilmeli, cihazlara sahip olmalı, eğitilmiş insan gücüne sahip olmalıdır. Aksi taktirde üretmiş oldukları parçalardan asla emin olamazlar. Üretilen ürünlerden ancak ve ancak tahribatlı ve tahribatsız deneyler yaparak emin olunabilir. Tahribatsız muayene cihazlarını eğer biz kendimiz ihtiyacımızı karşılayacak şekilde tasarlayıp üretiyor ve ürettirebiliyorsak, işte o zaman bu cihazlardan azami fayda sağlayabiliriz. Aksi taktirde pek çok cihazımız olur ve o cihazla kontrol ettiğimiz ürün üretimden kalktığında cihaz devre dışı kalır. Böyle olmaması da bizim ileri görüşlülüğümüz sayesinde olacaktır. Sektörel bazda bilgi paylaşımı bu konuda şarttır.

TEŞEKKÜR :

Bu çalışmada yardımlarını esirgemeyen Sn. Hamza ÖREN’e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR:

- 1) Trimm, M., “ An Overview of Nondestructive Evaluation Methods” , Practical Failure Analysis, Volume 3, Issue 3, June 2003, page 17-31.
- 2) Günay, Y., Değirmenci, S., Şirin, B., “ Magnetik Parçacık Yöntemi İle Dökme Demirlerde Çatlak Oluşum Mekanizmalarının İncelenmesi”, 2. Uluslararası NDT Sempozyumu ve Sergisi, 09-11 Ekim 2003, Yeditepe Üniversitesi, İstanbul, Bildiriler E- Kitabı.
- 3) Değirmenci, S., Şirin, B. “ Otomotiv Sanayii için Döküm Parça Üreten Demir Döküm Fabrikalarında Tahribatsız Muayenenin Önemi ve Uygulamaları” 2. Uluslararası Döküm Kongresi, 22- 24 Mart 2001, Bildiriler CD’si.
- 4) TMM MP 2000 5AC DÖKTAŞ ÖZEL Magnetik Parçacık Çatlak Kontrol Cihazı El Kitabı, 2003 .