

ÇELİK DÖKÜM ÜRÜNLERİN HASARSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİYLE KONTROLU VE ÜRÜN KALİTE DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ

Döküm yöntemi özellikle karmaşık şekilli parçaların üretilmesine olanak sağlayan bir üretim yöntemidir ve döküm ürünlerde görülebilecek hataların çok farklı olaylardan kaynaklanması olasıdır . Bu nedenle öngörülen kalitenin elde edilmesi ve kontrolü oldukça karmaşık bir problem olarak ortaya çıkar. Döküm yöntemi ile üretimde ürün kalitesine etki eden faktörlerin çokluğu, söz konusu parametreler elden geldiğince kontrol altında tutulsa bile mutlak hatasız ürün üretilmesinin güvence altına alınmasıyla özdeş olarak kabul edilemez. Bu noktada amaçlanan kalitenin temelde parçanın içerebileceği hataya ve öngörülen servis koşullarına bağlı olarak tanımlanması gerekliliği ortaya çıkar.

Günümüzde çoğu kuruluşta oluşturulan kalite güvencesi sistemi çerçevesinde üretim operasyonları belirlenmiş standart çalışma koşullarında gerçekleştirildiği gibi ürünlere de bir dizi muayene yöntemleri uygulanmakta ve ürünlerin kaliteleri üretici tarafından güvence altına alınmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla yürütülen faaliyetlerle kaliteli ve rekabet edebilir ürünler üretilmektedir. Ürünlerin kaliteli ve üretimin en az maliyetle gerçekleştirilmesi gerekliliğinin ön plana çıkarılması üreticiyi bir dökümden hatasız ürün üretimine yönlendirmektedir.

Çelik döküm ürünler DIN 1690 Kısım 1 veya diğer benzeri standartlarda belirtilen teknik özellikleri itibariyle tanımlanarak sipariş edilirler. Ancak nitelikli ve katma değeri yüksek ürünleri üretmeyi hedef alan işletmeler, söz konusu ürünleri talep eden işletmelere ürünlerini sadece teknik özellikleri itibariyle tanımlanmış olarak değil, kalite düzeyleri itibariyle de kanıtlanmış olarak teslim etmeye yönelik uygulamaları gerçekleştirirler. Bu amaca yönelik uygulamaların dayanak noktasını hasarsız muayene yöntemleriyle gerçekleştirilen kontrol yöntemleri oluşturmaktadır. Hasarsız muayene yöntemlerinin en önemli avantajı bu noktada ortaya çıkmaktadır. Çünkü hasarsız muayene yöntemleriyle gerçekleştirilen kontrollarda muayene olası hatalar hedef alınarak hata türü, dağılımı ve boyutları açısından tanımlanarak konuya yaklaşılır. Hasarsız muayene yöntemleri yardımı ile çelik döküm ürünleri yüzey ve iç yapı özelliklerine bağlı olarak kalite düzeyleri açısından tanımlamak olasıdır. Örneğin DIN 1690 Kısım 2 de bu tanımlamaya esas alınabilecek temel kriterler muayene yöntemleri itibariyle ortaya konmuştur.

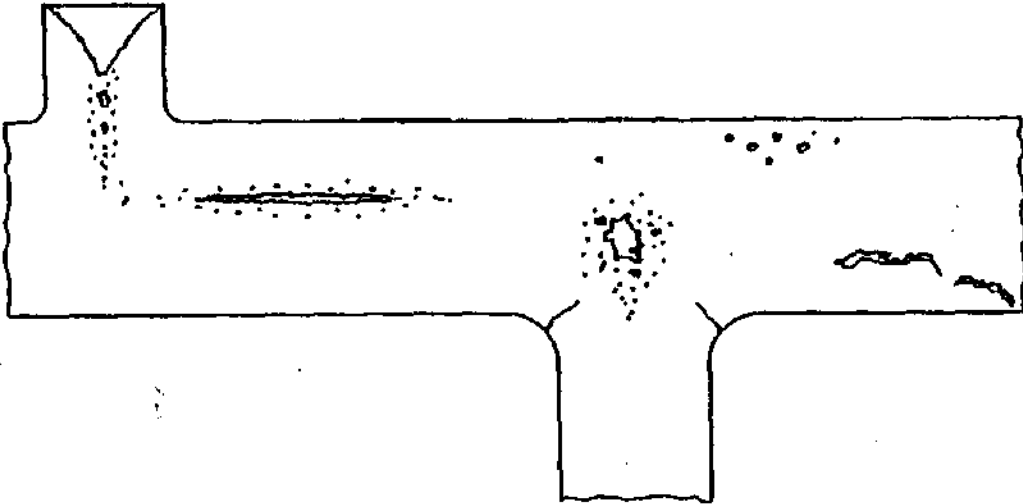
Çelik döküm parçalara konvensiyonel olarak uygulanabilen hasarsız muayene yöntemlerini beş başlık altında toplamak mümkündür. Söz konusu yöntemler tek başlarına ve/veya birlikte uygulanarak muayene işlemi gerçekleştirilir.

1. Gözle ve endeskopla muayene
2. Penetrant sıvı yöntemi
3. Manyetik toz yöntemi
4. Ultrasonik yöntem
5. Radyografik yöntem

Söz konusu yöntemleri uygulama alanları, muayene sonuçları ve yetenekleri yani hata türlerini saptama ve hassasiyetleri açısından gruplandırmak olasıdır.

Döküm hatalarını çekilme boşluğu, gaz boşluğu, gözenek, sıcak yırtılma, fare kuyruğu, kalıp kırılması, şişme, kanama, , metal yürümemesi, kabarcık, soğuk birleşme, soğuk yırtılma, bükülme, damar, aşınma, derece yüzmesi, kalıp ezilmesi, kum yüzmesi, sarkma, terleme, akış izleri, camlaşma, curuf enklüzyonları, çarpılma, çökme, fil derisi, grafit kusması, kabuk, kaçık, katmer, köpük, kum sarması, portakal kabuğu, segregasyon, inklüzyon olarak sıralayabiliriz. Bunlardan bazıları döküm işlemi sonunda gözle tespit edilebilen, hatalarken bazıları için özel muayeneler gerekmektedir.

Özellikle kalite güvencesi sistemi çerçevesinde parçanın standart ve spesifikasyonlara uygun olarak üretimi ve sevki için bazı kontrollerden geçmesi gerekmektedir. İncelemeyi gerçekleştiren operatörlerin hata oluşma olasılığı olan noktaları önceden tahmin edebilecek bilgiye sahip olmalıdır. Bu amaca yönelik olarak hasarsız muayene yöntemleri ile belirlenebilecek hata türleri Şekil 1 de sematik olarak verilmiştir.



Şekil 1: Döküm parçalarda hasarsız muayene yöntemleri ile belirlenebilecek tipik hata türleri

1 . Yüzey hatalarının belirlenmesinde faydalanılan hasarsız muayene yöntemleri

Çelik döküm ürünlerde yüzey hatalarının belirlenmesinde faydalanılan yöntemler

1. Gözle ve endoskop yardımı ile muayene,
2. Penetrant sıvı yöntemi ile muayene ve
3. Manyetik toz yöntemi ile muayene

olarak belirtilebilir.

Gözle muayene bugüne kadar bilinen en klasik yöntem olup üretilen ürünlerin istenildiğinde % 100 kontrolünün yapıldığı uygulamalara olanak verir. Gözle muayenede gerektiğinde görme yeteneğini arttırmaya yönelik olarak büyüteç ve benzeri yardımcı donanımlar kullanılabilir. Endoskop uygulaması ise özellikle gözle ulaşılamayan iç bölgeler olarak tanımlanabilecek yerlerin kontrolüne olanak verir.

Yüzey hatalarının gözle görülemeyecek boyutta olanlarının ve bunların parça yüzeyindeki dağılımlarının belirlenmesinde

penetrant sıvı ve manyetik toz muayene yöntemi

büyük olanak sağlar. Çelik döküm ürünlerinde yüzey hatalarının belirlenmesinde daha hassas bir yöntem olarak manyetik toz yöntemi ile muayenenin tercih edilmesi sonuçların güvenilirliği açısından önemlidir.

Sıvı Penetrant testi yüzey hataları, çekilme boşlukları, çatlaklar, dross ve gaz boşlukları ile ilgili bilgi verir. Bu teknik diğer tekniklere göre uygulaması kolay ve ucuz olmakla birlikte muayene sonuçlarının güvenilirliği muayene yoğunluğuna, muayene edilen parçanın yüzeyine, muayene sıcaklığına ve muayene işlemine bağlı olarak değişir. Temelde ön temizleme (yıkama)/nüfuz etme/ora yıkama /kurutma/geliştirme/ ve son yıkama kademelerini içeren bu teknikte aşamaların standart ve spesifikasyonlar çerçevesinde eğitilmiş kişiler tarafından gerçekleştirilmesi sonuçların güvenilirliği açısından önemlidir. Sıvı penetrant işlem akış diyagramı Şekil 2 de verilmiştir. Parçanın yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak yüzeye açık ve hataların belirlenmesinde sıkça kullanılan bu teknikte özellikle yüzey çatlakları, katlanmalar ve porozitelerin tespitinde kullanılan bu teknikle parçanın yüzey pürüzlülüğü arttıkça tespit edilebilen hata boyutu artmaktadır.

ŞEKİL 2:

Sıvı penetrant yöntemi işlem akış diyagramı

ÖN TEMİZLEME ve KURUTMA (gerekiyorsa asitle temizleme)	Ön temizleme işlemi ile muayene edilecek parçanın yüzeyinde varolan ve hataların ağzlarının kapanmasına neden olabilecek pislik v.b. ortadan kaldırılarak penetrant sıvının nüfuz etme aşaması güvence altına alınır.
PENETRANT SIVI UYGULAMASI	Uygun, kuvvetli renklendiren veya fluoresan penetrant sıvı muayene edilecek yüzeye uygulanır ve kapılar etkiye bağlı olarak hataların içine nüfuz eder.
EMÜLSİFİYE ETME	Doğrudan su ile yıkanamayan özellikteki penetrant sıvıların su ile yıkanabilir hale getirilmesi amaçlanır.
ARA YIKAMA	Penetrant sıvının nüfuz etme aşamasını takiben taşın ve yüzeye yapışan muayene sıvısı yüzeyden uzaklaştırılır. Ara yıkamada hatalara nüfuz eden penetrant sıvının dışarı emilmemesine dikkat edilmelidir.
KURUTMA	Geliştiricinin uygulanmasından önce muayene edilecek yüzeyin kurutulması gerekir. Aksi takdirde taşıyıcı sıvısı su olan geliştiricilerin bozulması olasıdır.
GELİŞTİRİCİ UYGULAMASI	Kurutma işleminden sonra penetrant sıvı ile kontrast oluşturacak geliştirici uygulanır ve geliştirici hataların içinde kalmış penetrant sıvıyı yüzeye emer. Sonuçta yüzeyde çıplak gözle görülebilir ve geliştirici etkisi ile büyümüş bir hata görüntüsü elde edilir.
DEĞERLENDİRME	Geliştirme işlemi tamamlandıktan sonra muayene edilen yüzeyde uygun aydınlatma koşullarında hata görüntüleri aranır.
SON TEMİZLEME	Son temizleme işlemi muayene sıvısından kalan artıkların kullanım amacını etkilemeleri durumunda gereklidir.

Sıvı penetrant yöntemi salt bir yüzey hataları belirleme yöntemi olup, görülemeyen hataların çıplak gözle tanınmasına olanak verir. Ancak yöntemin kullanılabilmesi iki ön şarta bağlıdır:

1- Hata yüzeyden başlamalı ve hatanın ağzı penetrant sıvının nüfuz etmesine olanak verecek şekilde açık olmalıdır. Hatanın içinin dolu olması (pislik, boya v.b.) uygulamayı engeller. Yine benzer şekilde yüzey kaplama işlemleri uygulanmış (örneğin galvanizleme v.b.) parçalar hakkında bilgi almak olası değildir.

2- Muayene edilecek parçanın malzemesinin kullanılacak muayene sıvısına dayanıklı olması, yani korozif bir hasarın söz konusu olmaması gerekir.

Bu iki ön şartın yanı sıra muayene edilecek malzemenin poröz olmasında kısmen muayeneyi sınırlayıcı niteliktedir. Sıvı penetrant yöntemi tipik yüzey hataları olarak sayılabilecek çatlakların, porların, birleşme hatalarının, katmerlerin ve katlanmaların belirlenmesine uygundur.

Malzeme özelliklerinin saptanmasında üretici ve kullanıcı arasındaki en önemli denge unsuru standartlar olarak kabul edilebilir. Özellikle üretici ve kullanıcı arasında özel anlaşmalarla ortaya konmuş koşullar yoksa bu tür teknik kaideleri içeren standartlara gereksinim büyüktür. Ancak standartlar genel nitelikte olup objeye özgü değerlendirmeleri içermezler. Bu değerlendirmeler genellikle objeden beklentiler doğrultusunda hazırlanmış spesifikasyonlar veya teknik şartnamelerde yer alır. Temel muayene kademeleri itibariyle sıvı penetrant yöntemini ele almadan önce sonuçların eksiksiz olabilmesi açısından muayene protokolünde yer alması gereken detaylara bakmakta fayda vardır.

I- Muayene sistemi ile ilgili veriler:

- a) Penetrant sıvı
- b) Ara yıkama sıvısı
- c) Geliştirici

Veriler, standartlar ve muayene gereçleri üreticileri tarafından ortaya konmuş simgelerden faydalanılarak oluşturulur. Bu belirlemeye temel olarak çalışma koşulları, muayene edilecek parçanın yüzey özellikleri, malzemeye özgü karakteristikler ön veri olarak gözönüne alınır.

2- Muayenenin gerçekleştirilmesi:

a) Ön temizlemenin türü, ön temizlemede kullanılan maddeler, metodlar ve varsa özel işlemler,

b) Penetrant sıvının uygulanış şekli, deney sıcaklığı ve nüfuz etme süresi,

c) Ara yıkama sıvının türü ve uygulama şekli,

d) Kurutmanın türü, kullanılan gereçler, sıcaklık,

e) Kullanılan geliştiricinin türü, geliştirme süresi,

f) İncelemeye yönelik veriler, değerlendirme süresi, değerlendirilecek görüntüler, görüntü değerlendirmeye yönelik veriler,

g) Seçilen muayene sisteminin malzemeye, uygulamaya ve beklenen sonuçlara uygunluğunun kanıtlanması amacıyla kullanılan test sistemi ve gerekli dökümantasyonu,

h) Son temizleme türü ve gereçleri.

Muayene protokolünde yer alması gereken diğer veriler arasında protokolün niteliği, düzenleyenle ilgili bilgiler ve imzalar belirtilebilir. Sıvı penetrant yöntemi ile muayenenin gerçekleştirilmesinde protokolde yer alması ön görülen veriler açısından konuyu detaylandırmak, alternatiflere ve uygulama olanaklarına ışık tutması açısından önemlidir.

Genelde parça yüzeyine kadar ulaşan ve yüzeye açık olan her hatayı sıvı penetrant yöntemi ile kanıtlamak olasıdır. Ancak aranan hatanın boyutları ile parçanın yüzey pürüzlülüğü arasında ilişki vardır. Belirlenebilir hata boyutları yüzey pürüzlülüğünün $1\mu\text{m}-20\mu\text{m}$ seviyesinde olması durumunda $0.1\mu\text{m}$ ile 3mm arasında değişir.

Ara yıkama kademesindeki yıkama işlemi, bir önceki aşamada parçaya uygulanmış penetrant sıvının parça yüzeyinden uzaklaştırılması amacına yöneliktir. Ancak yüzey pürüzlülüğünün fazla olduğu durumlarda aşırı yıkama tehlikesi gündeme gelir. Dolayısıyla uygun yıkama yönteminin daha doğrusu uygun muayene sıvılarının seçimi büyük önem taşır.

Yöntem muayene sıvısına dayanıklılığı kanıtlanmış ve kesinleşmiş her türlü malzemeye uygulanabilir. Demir-çelik ve demir dışı metaller, cam, porselen ve plastikler sıvı penetrant yöntemi ile muayene edilebilir. Ancak

sıvı penetrant yöntemi özellikle manyetik olmayan ostenitik çeliklerin, alüminyum alaşımlarının ve titanyum malzemelerin yüzey hatalarının kontrolünde özel anlam taşır.

Uygulamada sıvı penetrant yöntemiyle muayene ferromanyetik olmayan malzemelerde yüzey hatalarının belirlenmesinde alternatifsiz, ferromanyetik malzemelerde ise yüzey hatalarının belirlenmesinde kullanılan manyetik muayene yöntemlerinin tamamlayıcısı olarak değerlendirilir. Bu yaklaşımın nedeni manyetik toz yönteminin özellikle kılcal hatalara karşı duyarlılığının daha fazla olmasındandır.

Manyetik toz yöntemi; ferromanyetik malzemelerde özellikle yüzey hatalarının ve sınırlı düzeyde ise yüzeyaltı çatlaklarının ve süreksizliklerinin (yüzeyin hemen altında olmak koşuluyla) tespitinde oldukça verimli ve duyarlı bir tekniktir. Gözle ve sıvı penetrant yöntemi ile sadece yüzeye açık çatlak ve süreksizlikler belirlenebilmesine rağmen bu teknikle değişik yüzey temizleme işlemleri sonunda ferromanyetik olmayan yabancı maddelerle dolu kapalı çatlak ve süreksizlikler de tespit edilebilir.

Ancak muayene edilen parçalarda söz konusu olabilecek hataların örneğin çatlakların içlerinin ferromanyetik karakterdeki oksitlerle dolu olması hataların belirlenmesini güçleştirir veya olanaksız hale getirir.

Manyetik muayenenin sonuçlarının güvenilirliği ve performansı uygulamanın ilk aşamasını oluşturan ve muayene edilecek parçanın manyetize edilmesini ifade eden manyetizasyon işleminin doğru yapılmasına bağlıdır. Bunun dışında parça geometrisinin ve yüzey özelliklerindeki yöntemin hassasiyetini etkilediğini söylemek olasıdır. Yüzeydeki yivler, talaş kalıntıları, kabuklanmalar ve keskin kenarlı kanallar, köşeler gibi kesit değişiklikleri muayene sonuçlarını etkiler. Muayene edilen malzemede permeablite atlamaları gibi manyetik homojensizliklerin olması da sonuçları etkileyici niteliktedir.

Yöntemin ilkesi malzemeye magnetik alan uygulanarak oluşturulan magnetik akının parça üzerindeki demiroksit tozlarını etkilemesine dayanır. Magnetik alana dik yöndeki hatalar veya süreksizlikler de en iyi sonuç elde edilir. Uygulanacak magnetik alanın büyüklüğü ve yönü parçanın geometrisine göre değişmekle birlikte parçanın yüzey özellikleri ve magnetik geçirgenliği uygulama şartlarını etkilemektedir. Temelde aynı prensip uygulanmasına rağmen daha sağlıklı sonuçlar elde etmek açısından operasyon araçları ve magnetik alan oluşturmak için gerekli akım değiştirilebilir. Kritik bölgelerde kontakt problemleri bobinler, çatallar kullanılırken içi boş silindirik dökümlerde çevresel magnetik alan kullanılır.

Manyetik toz yönteminin uygulanmasındaki işlem kademeleri akış diyagramına uygun olarak ve dikkat edilmesigerekli temel prensipler açısından Şekil 3 de ortaya konmuştur.

Manyetik toz yöntemi ile muayene edilen parça yüzeyindeki çatlak türündeki her türlü hata konusu ve boyutu ile uyumlu manyetik alan bileşeni yardımı ile kanıtlanabilir. Ancak söz konusu çatlakların boyutları arasındaki orantı genişlik: derinlik: uzunluk= 1:10:50 seviyesinde olmalıdır. Diğer taraftan muayene edilecek parçanın yüzey pürüzlülüğü ile kanıtlanabilir hata boyutları arasında sıkı bir ilişki vardır. Kanıtlanabilir hataların derinliğinin yüzey pürüzlülüğü, derinliğinin en az üç katı kadar olması gereklidir. Bunun dışında çok geniş yarıklar, kenarları kuvvetle yuvarlatılmış ayırıklar, malzeme içersine doğru yüzeye paralel ilerleyen ayırıklar, ferromantik oksitlerle dolu çatlaklar ve 40 µm den kalın ve manyetize edilemeyen kaplama tabakaları manyetik toz yönteminin hataları algılamasını güçleştirir veya olanaksızlaştırır.

Manyetik toz yöntemi ile belirlenebilecek hataların konumları da önemlidir. Optimal bir hata algılaması için hatanın manyetik alan çizgilerini dik olarak kesmesi durumunda söz konusudur. Manyetik alan çizgileri ile beklenen hata arasındaki açı 30° den az olmamalıdır.

Interkristalin çatlaklarda bir enine bileşenin genellikle oluşturulan manyetik alan yönüyle uygun açığı oluşturması optik olarak manyetik alan çizgileriyle paralel gözükken hataların görüntüye getirilmesine olanak verir.

Manyetik toz yöntemi, bir yüzey hataları muayene yöntemi olarak sınıflandırılmakla birlikte, uygun konum ve boyuttaki yüzey altı hatalarının belirlenmesine de olanak verir. Yüzey altı hatalarının algılama olasılığı, hatanın derinliğinin 0,2 mm altına düşmesiyle hızla azalır. Bu nedenle, söz konusu durumlarda manyetik toz yöntemi uygun değildir. Yüzey altı hatalardan elde edilen görüntüler genellikle geniş, zayıf ve karışıkırlar. Görüntü resminin tanımlanması zordur ve büyük tecrübe gerektirir.

Manyetik muayenenin gerçekleştirilmesinde muayenenin planlanması ilk aşamayı oluşturur. Muayene sonuçlarının güvenilirliği aranılan hata türüne, yönüne ve parça özelliklerine uygun işlemlerin seçimine ve gerçekleştirilmesine bağlıdır. Doğru ve güvenilir sonuç alınmasına yönelik bir çalışmanın planlamasındaki adımları ve deney protokolünde yer alması gereken verileri aşağıdaki şekilde ortaya koymak olasıdır:

1- Manyetik muayene sonucunda aranılanın ne olduğu, yani aranılan hata ile ürün şekli, işleme türü ve servis koşullarındaki zorlanma koşulları

ŞEKİL 3

: Manyetik toz yöntemi işlem akış diyagramı

MANYETİZASYON (MANYETİK ALAN OLUŞTURMA)	Manyetik muayenenin için parçanın manyetize edilmesi gerekir. Aranılan ve algılanması ve kanıtlanması arzu edilen hatanın manyetik alanı çizgilerini 90 kesmesi durumunda optimal sonuç elde edilebileceğinden uygun manyetizasyon yönteminin seçimi çok önemlidir.
MANYETİK AKI DEĞİŞİMİNİN ALGILANMASI	Manyetizasyon işlemi sonucunda manyetize edilen parçada hata mevcudiyeti durumunda manyetik akı değişimin algılanması veya görüntüye getirilmesi manyetik duyarlı sondalar veya manyetik toz uygulaması ile kanıtlanır.
DEĞERLENDİRME	Manyetizasyon işlemi sonucu muayene edilen parçada oluşturulan manyetik akıda hata nedeniyle oluşan değişikliğin görüntüye getirilmesi ve algılanmasında elde edilen sonuçların anlamlandırılması.
DEMANYETİZASYON	Manyetik yöntemle muayene edilen parçada kalan artık manyetik alanın daha sonraki işlem kademelerinde veya kullanım aşamasında oluşabilecek hataların kaynağı olmasına engel olmak için parçanın manyetikliği sıfır seviyesine indirilir.

arasındaki ilişkinin ne olduğu bilinmelidir. Bu ilişkiye bağlı olarak aranılan hatanın türü, yönü ve oluşturulması gereken manyetizasyon türü de ortaya konmalıdır.

2- İkinci aşamada parçanın muayene edilecek kısmı belirlenir. Bu parçanın tüm yüzeyi veya belirli bir kısım olabilir; belirlemede manyetizasyon olanakları ve olası hataların yerleri göz önüne alınmalıdır.

3- Parça geometrisi göz önüne alınarak uygun manyetizasyon türü belirlenmelidir.

4- Hataların görüntüye getirilmesinde kullanılacak yöntemin saptanması hata türü ve boyutları ve ortam koşulları dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir.

5- Uygulanan tüm işlemlerin doğruluğunun kanıtlanmasında kullanılacak yöntemlerin ve sonuçlarının değerlendirilmesi (manyetizasyon verileri, muayene sıvılarının kalitesi v.b.) gereklidir.

6- Muayene sonuçlarının değerlendirilmesinde temel alınan veriler, değerlendirme koşulları ve sonuçları ortaya konmalıdır.

7- Demanyetizasyon türünün ve başarısının belirlenmesi gereklidir.

Bu temel bilgiler dışında muayene protokolunda yer alması gereken veriler arasında protokolun niteliği, düzenleyen, yani muayeneyi gerçekleştirenle ilgili bilgiler ve imzalar yer alır.

Hasarsız muayene uygulamalarına bağlı olarak döküm parçaların kalite düzeylerine göre sınıflandırılması DIN 1690 Kısım 2 de verildiği şekilde yapılabilir. DIN 1690 Kısım 2 de temel yaklaşımlar 1935 ve 1936 nolu Demir - Çelik deney talimatları doğrultusunda verilmiştir.

1935 no'lu Demir - Çelik deney talimatında magnetik partikül 1936 ise da sıvı penetrant testi tanımlanmış ve standadize edilmiştir . Döküm parçanın nonmanyetik olması durumunda sıvı penetrant testi kullanılır, parçanın ferromanyetik olması durumunda manyetik toz yöntemi öncelikle kullanılmalıdır.

Söz konusu standartta Kalite Seviyelerine göre sınıflandırma aşağıda belirtilen şekilde ortaya konmuştur :

1. Yüzey hataları için kalite seviyelerine göre sınıflandırma DIN 1690 Kısım 2 Tablo 1 veya Tablo 2 veya Ek A (Şekil 4-8) ve B (Şekil 9 - 14) de gösterilen veriler baz alınarak magnetik toz veya sıvı penetrant incelemesi sonuçlarına göre yapılabilir. Anlaşmazlığa düşülmesi durumunda Tablo 1 veya Tablo 2 de verilen değerlere bağlı kalınmalıdır. Tablo 1 ve Tablo2 de belirtilen değerlerin şematik olarak gösterimi penetrant sıvı yöntemi için Şekil 4 - 8 ve manyetik toz yöntemi için Şekil 9 - 14 de verilmiştir.

Tablo 1:1935 nno'lu Demir-Çelik muayene talimatına göre toz magnetik muayenede izin verilen maksimum belirtiler.(izler)

Kalite Seviyeleri	Kayda değer en Küçük belirtilerin Çap ve Uzunlukları (mm)	Lineer olmayan Belirtiler ¹		Lineer veya sıralı belirtiler ²					
		Toplam alan (mm ²)	Herbir bağımsız belirtinin uzunluğu ³ (mm)	izin verilen maksimum		uzunluk ⁴			
				Herbir bağımsız belirtini veya sıralı belirtiler(mm)	Tüm lineer veya sıralı belirtiler (mm)	Herbir bağımsız lineer veya sıralı belirtiler (mm)	Tüm lineer ve sıralı belirtiler (mm)	herbir bağımsız lineer veya sıralı belirtiler (mm)	Tüm lineer ve sıralı belirtiler (mm)
		Kriter	kullanılmamıştır.	16 mm ya kadar	Test edilmiş 16 mm ya kadar	alanda 16mm üzerinde	döküm 50 mm ya kadar.	kalmış. 50 mm üzerinde	50 mm üzerinde
01 ⁵	0.3	-	1	1	1	1	1	2	2
1	1.5	10	2	2	4	3	6	5	10
2	2	35	4	4	6	6	12	10	20
3	3	70	6	6	10	9	18	15	30
4	5	200	10	10	18	18	27	30	45
5	5	500	16	18	25	27	40	45	70

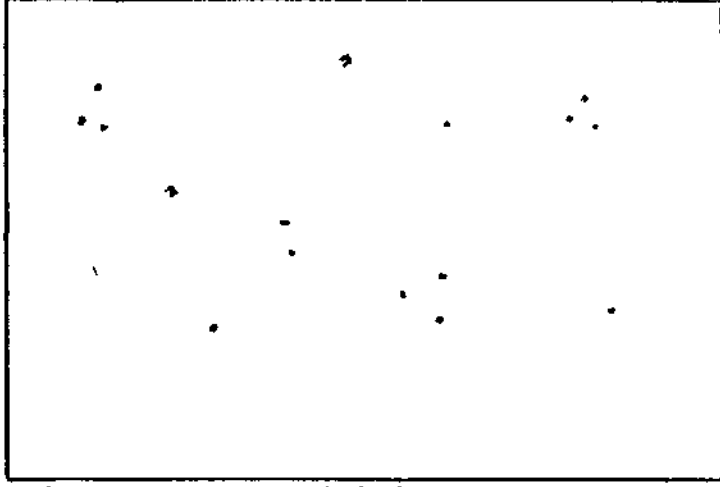
1. Uzunlukları genişliklerinden üç kat büyük olan izler veya uzunlukları genişliklerinden üç kat az olanlar sırasıyla lineer veya nonlineerdir.
2. Eğer en az üç lineer veya non lineer belirtiler birbirlerinden 2mm uzaklıkta ve arka arkaya ise sıralanmış olarak kabul edilir ve sıralanmış izler olarak işaretlenir.
3. Referans alanda izin verilen uzunlukta maksimum iki belirtiden fazla olamaz.
4. Sıralanmış belirtilerin bir grubunun uzunluğu birincinin başlangıcıyla sonuncunun karşı ucunun arasındaki uzaklık olarak alınır.
5. Kalite düzeyi 01 sadece yüksek gerilime maruz kalmış küçük dökümlerde ve işlenmiş yüzeylerde kullanılır.

Tablo 2: 1936 no'lu Demir-Çelik muayene talimatına göre penetrant sıvı muayenesinde izin verilen maksimum belirtiler.(izler)

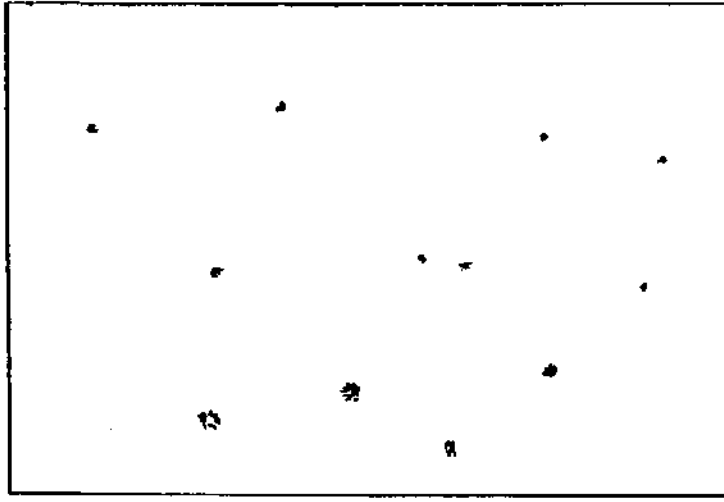
Kalite Seviyeleri	Kayda değer en Küçük belirtilerin Çap ve Uzunlukları (mm)	Lineer olmayan Belirtiler. ¹		Lineer veya sıralı belirtiler ²					
		izin verilen maksimum uzunluk ⁴							
		Sayı	Boyunlar (mm)	Her bir lineer ya sıralı belirtiler (mm)	Tüm lineer veya sıralı belirtiler (mm)	Her bir lineer sıralı belirtiler (mm)	Tüm lineer ve sıralı belirtiler (mm)	Her bir lineer sıralı belirtiler (mm)	Tüm lineer ve sıralı belirtiler (mm)
		Kriter	kullanılmamıştır.	Test edilmiş 16 mm ve kadar	Referans alanda 16 mm ve kadar	döküm 16 mm üzerinde	Referans alanda 50 mm ve kadar.	döküm 50 mm üzerinde	Referans alanda 50 mm üzerinde
01 ³	0.3	-	1	1	1	1	1	2	2
1	1.5	8	5	2	4	3	6	5	10
2	2	8	6 ³	4	6	6	12	10	20
3	3	12	9 ³	6	10	9	18	15	30
4	5	20	14 ³	10	18	18	27	30	45
5	5	32	21 ³	18	25	27	40	45	70

1. Uzunlukları genişliklerinden üç kat büyük olan izler veya uzunlukları genişliklerinden üç kat az olanlar sırasıyla lineer veya nonlineerdir.
2. Eğer en az üç lineer veya non lineer belirtiler birbirlerinden 2mm uzaklıkta ve arka arkaya ise sıralanmış olarak kabul edilir ve sıralanmış izler olarak işaretlenir.
3. Referans alanda izin verilen uzunlukta maksimum iki belirtiden fazla olamaz.
4. Sıralanmış belirtilerin bir grubunun uzunluğu birincinin başlangıcıyla sonuncunun karşı ucunun arasındaki uzaklık olarak alınır.
5. Kalite düzeyi 01 sadece yüksek gerilime maruz kalmış küçük dökümlerde ve işlenmiş yüzeylerde kullanılır.

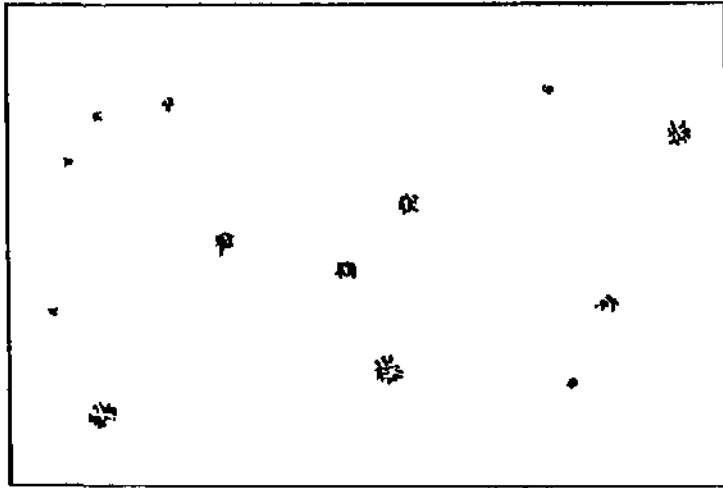
Ek A
1935 no' lu Demir-Çelik Muayene talimatına göre Magnetik Toz yöntemi ile non lineer belirtilerin şematik gösterimi.



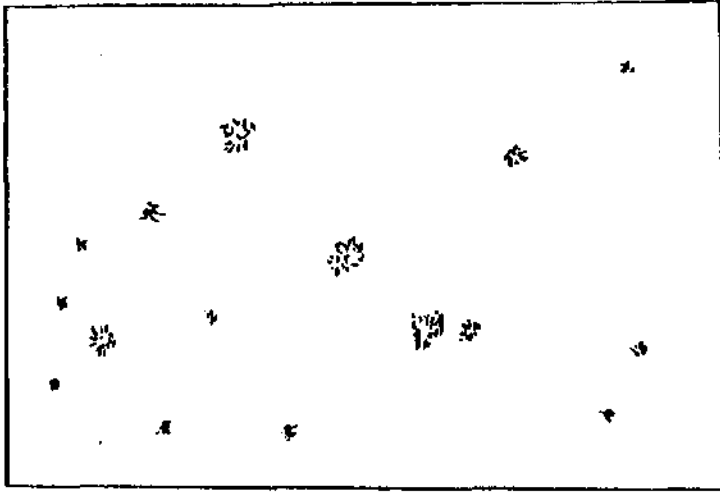
Şekil 4 Kalite seviyesi 1'e göre belirtiler.



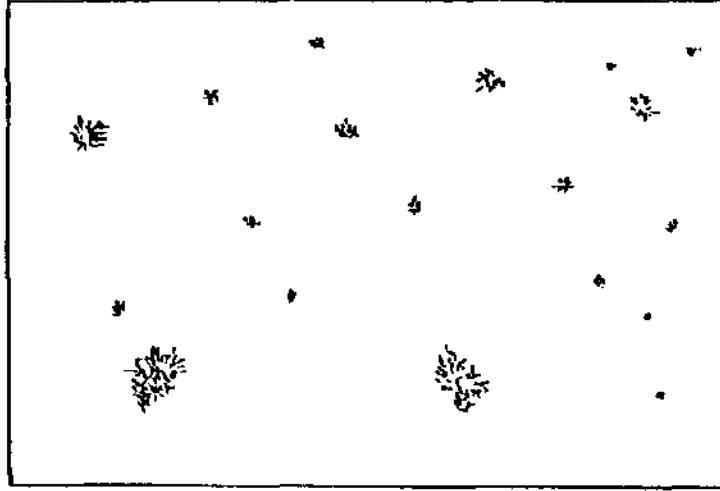
Şekil 5 Kalite seviyesi 2'ye göre belirtiler.



Şekil 6 Kalite seviyesi 3'e göre belirtiler.



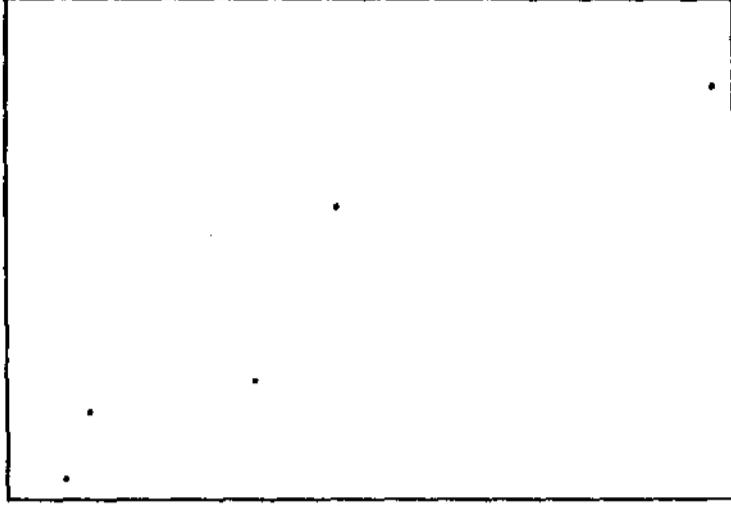
Şekil 7 Kalite seviyesi 4' e göre belirtiler.



Şekil 8 Kalite seviyesi 5' e göre belirtiler.

EK B

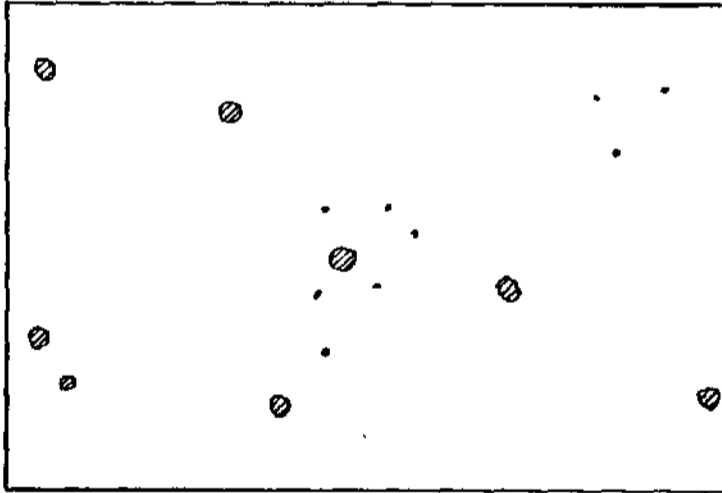
1936 nolu Demir-Çelik muayene talimatına göre Penetrant Sıvı yöntemi ile non lineer belirtilerin şematik gösterimi.



Şekil 9 Kalite seviyesi 01'e göre belirtiler.
Beş belirtide en büyük boyut 0.3 ve 1 mm arasındadır.



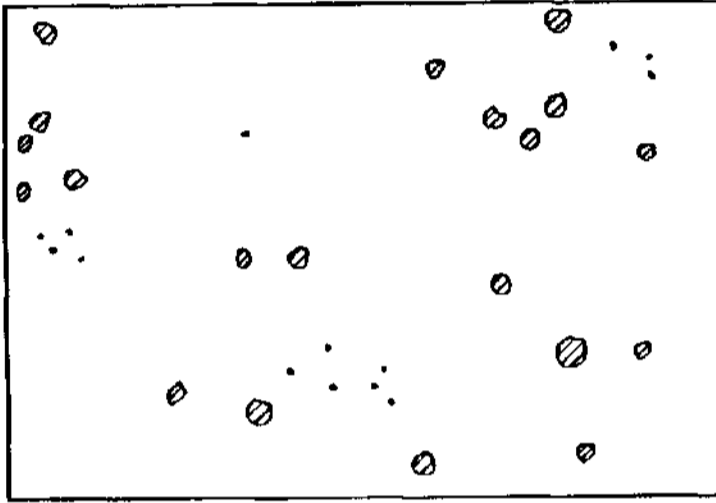
Şekil 10 Kalite seviyesi 1'e göre belirtiler.
8 belirtide en büyük boyut 1.5 ve 3mm arasındadır.



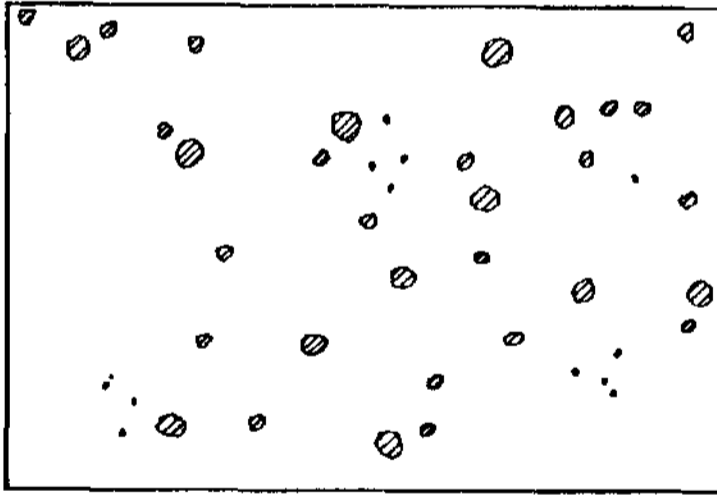
Şekil 11 Kalite seviyesi 2'e göre belirtiler.
8 belirtide en büyük boyut 2 ve 6 mm arasındadır.



Şekil 12. Kalite seviyesi 3'e göre belirtiler.
12 belirtide en büyük boyut 3 ve 9 mm arasındadır.



Şekil 13 Kalite seviyesi 4'e göre belirtiler.
20 belirtide en büyük boyut 5 ve 14 mm arasındadır.



Şekil 14 Kalite seviyesi 5'e göre belirtiler.
32 belirtide en büyük boyut 5 ve 21 arasındadır.