



## Tahribatlı Muayene Laboratuvar Hizmetleri

Çekme Testi

Eğme Testi

Makro/Mikro Test

Sertlik Testi

Çentik-Darbe Testi

Kırma Testi

Ezme Testi

Spektral Analiz

## SUNUŞ

TMMOB Makina Mühendisleri Odası; üyelerinin uzmanlık konuları ile ilgili verilen meslek içi eğitim ve sınavları, MMO Meslek İçi Eğitim Merkezi (MİEM); Mühendislik Hizmetleri Yeterlilik Belgelendirme faaliyetleri ile mühendis olmayan ara teknik elemanlara yönelik belgelendirme programlarını, TS EN ISO/IEC 17024 standardı kapsamında, akredite olarak Personel Belgelendirme Kuruluşu (PBK) tarafından; muayene kuruluşu hizmetlerini, TS EN ISO/IEC 17020 standardı kapsamında, Asansör Kontrol Merkezi (AKM) ve laboratuvar/kalibrasyon hizmetlerini ise ISO/IEC 17025 standardı kapsamında, Merkez Laboratuvar ve KALMEM tarafından gerçekleştirilmektedir.

Halihazırda 2010 yılından bu yana hizmet veren Bursa UEM’de gerçekleştirilen ve Mühendislik ana uzmanlık konuları içinde yer alan “Kaynak ve Malzeme Teknolojisi” uzmanlık alanlarında, gerek mühendis, gerekse ara teknik elemanlara MMO tarafından verilen/yapılan eğitim, sınav, belgelendirme işleriyle, yapılan/yapılacak test, muayene ve deneylerin; Merkezi olarak yürütülmesi, MMO adına tüm ülkede yaygınlaştırılması, bilimsel çalışmaların gerçekleştirilmesi ve Kaynak ile ilgili tüm alanlarda vasıflandırılması ve belgelendirmesi için; “MMO Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezi-KEMM” 2018 Yılında kurulmuştur.

MMO Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezi; Kaynak ve Malzeme Teknolojisi uzmanlık alanında, eğitim, sınav, belgelendirme ile test, muayene ve deneyler ile ilgili hizmet vermektedir. Kapsam içindeki eğitim, sınav, belgelendirme, test, muayene ve deneyler, KEMM tarafından yapılan organizasyon ve görevlendirmelerle, ülke düzeyinde gerçekleştirilmektedir.

KEMM’in kuruluşunda orta vadeli planlar içerisinde yer alan “Tahribatlı Muayene Laboratuvarı” kurulum çalışması 2021 yılı içerisinde tamamlanmış olup, aşağıdaki testler kapsamında hizmet vermeye başlamıştır;

***-Çekme Testi***

***-Eğme Testi***

***-Makro / Mikro Test***

***-Sertlik Testi***

***-Çentik-Darbe Testi***

***-Kırma Testi***

***-Ezme Testi(PE)***

***-Spektral Analiz***

## 1.TAHRİBATLI MUAYENE NEDİR?

İmalat, bir yarı mamulün veya mamulün oluşturulmasını ve muayenesini kapsamaktadır. Dolayısı ile imalatta oluşturulan ürünün muayenesi yapılmadan, özellikleri belirlenmeden imalat tamamlanmış sayılamaz.

Bununla birlikte işletme aşamasında kullanılan birçok ekipmanın zaman içerisindeki mekanik özelliklerindeki değişim, yorulma durumları, yapılan tadilatlardaki etkiler gibi durumlar incelenmeli ve kontrol altında tutulmalıdır.

İmalat, imalat sonrası ve işletme aşamasında olan ekipmanların, durumlarının tespiti, bunların uygunluğu ve kontrolü önemli olup malzeme muayeneleri bu konuda uygulanması gereken bir adımdır.

Malzeme muayenesi tahribatlı ve tahribatsız olarak iki gruba ayrılmaktadır. Muayene hangi grupta olursa olsun muayenenin, dolayısıyla imalatın ekonomik ve güvenilir olması bakımından muayenede en uygun yöntemin seçilmesi ve bunun için de grup içindeki birbirlerine alternatif olabilecek muayene yöntemlerinin bilinmesi gerekir.

Malzemelerin sertlik, süneklik ve mukavemet gibi temel mekanik özellikleri içyapılarına bağlıdır. Bu nedenle malzemelerin içyapı ve özellikleri iyi bilinmelidir. Bu özelliklerin tespiti birtakım mekanik deneylerle yapılabilir. Tahribatlı muayene; malzemelerin çekme, basma, eğilme, vb. kalıcı şekil değişikliklerine karşı göstereceği direnci ve dayanımı belirlemek için uygulanan muayene yöntemleridir. Bu muayene yönteminde, örnek olarak alınan numune bilinmesi istenen özelliğine göre teste ve incelemeye tabi tutulur. Yapılan testlere göre mekanik özellikleri belirlenerek raporlanır.

Tahribatlı muayene yöntemleri, imalat öncesi malzeme ve üretim yöntemlerinin durumunu belirlemek için, seri üretimi yapılacak fakat daha servise alınmamış makina elemanları için, işletme aşamasındaki ekipman/konstrüksiyonlar için veya hasar sonucu servis dışı kalmış ekipmanlar/yapılar için kullanılan yöntemlerdir.

***TMMOB Makina Mühendisleri Odası Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezi olarak 2010 yılından itibaren "Tahribatsız Muayene" konusunda vermiş olduğumuz muayene hizmetini genişleterek artık "Tahribatlı Muayene" konusunda da üyelerimize ve sektöre hizmet vermekteyiz.***

## 2. HİZMET VERDİĞİMİZ TAHRİBATLI MUAYENELER

### 2.1. ÇEKME TESTİ

Çekme testi, üründen elde edilen bir numunenin koparılmasına kadar tek eksende çekme kuvveti uygulandığı bir tahribatlı test olarak bilinmektedir.

Bu yöntem ile önceden hazırlanmış ve ölçüleri belli olan bir deney numunesine devamlı artan bir kuvvet uygulanır. Numuneye uygulanan kuvvet, akma dayanımı denilen belli bir sınırın aşılması ile birlikte kalıcı uzamaya neden olur. Bu sınırın altındaki uzama kalıcı değildir. Kalıcı uzamanın olduğu bölgedeki şekil değişimi olayına plastik şekil değiştirme adı verilir. Bununla birlikte, malzemeye uygulanan kuvvetin etkisi kalktıktan sonra, malzemenin eski hâline dönmesi olayına elastik şekil değişimi denir.

Testten elde edilen sonuçlar herhangi bir uygulama için malzeme seçimi, kalite kontrol ve malzemenin diğer kuvvetler altında nasıl davranacağını tahmin etmek için kullanılır. Bu test yoluyla direkt elde edilen bilgiler; maksimum çekme gerilmesi, maksimum uzama ve alandaki azalmadır. Çekme Testi ile aşağıdaki bilgiler bulunabilir;

- ❑ *Akma gerilmesi*
- ❑ *Çekme gerilmesi*
- ❑ *Kopma gerilmesi*
- ❑ *Maksimum uzama*
- ❑ *Alandaki azalmalar*

Bu verilerden de malzemenin Young katsayısı, Poisson oranı, akma mukavemeti ve pekleşme gibi karakteristikleri elde edilebilir.

***Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezimiz, Çekme Testleriniz için tahribatlı muayene laboratuvarımızda bulunan 300 kN'luk Çekme Cihazı ile hizmet vermektedir.***



## 2.2. EĞME TESTİ

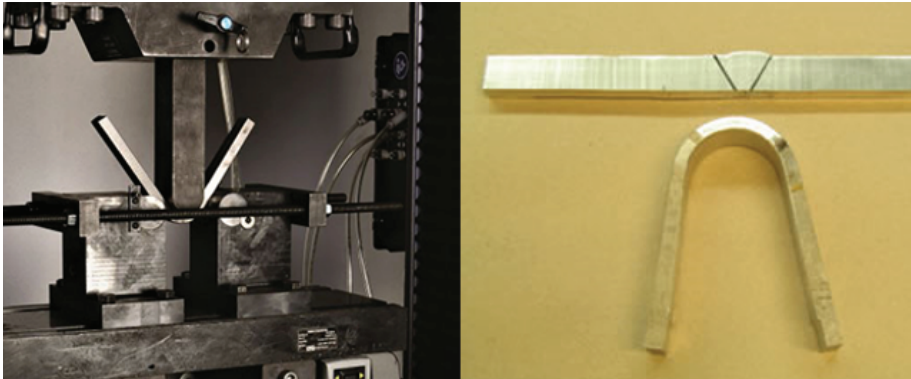
Eğme testi, mamullerden elde edilen numunelerin, eğme zorlanmalarına karşı gösterdiği davranış olarak tanımlanabilir. İki mesnet üzerine yerleştirilmiş bu deney bir umunesinin ortasına bir kuvvet uygulandığında oluşan şekil değişimine eğilme denir.

Eğme, iki desteğe serbest olarak oturtulan, genellikle daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının, yön değiştirmeksizin ortasına bir eğme kuvveti uygulandığında oluşan şekil değişimi olayıdır.

Eğme deneyi malzemenin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek ve malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerini tespit etmek amacı ile yapılır. Enine yük taşıyan kiriş gibi elemanlar eğilmeye maruz kalırlar. Kirişin her bir bölgesinde eğilme momentleri meydana gelir.

Bununla birlikte eğme deneyi, kaynaklı malzemelere kök, yüz veya kenar eğme deneyi ile kaynaklı birleştirmenin şekil değiştirme kabiliyetinin değerlendirilmesi için yapılır. Alın kaynaklı veya giydirme kaynaklı numunelere uygulanır.

***Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezimiz, Eğme Testleriniz için tahribath muayene laboratuvarımızda bulunan Numune Eğme Cihazı ile hizmet vermektedir.***



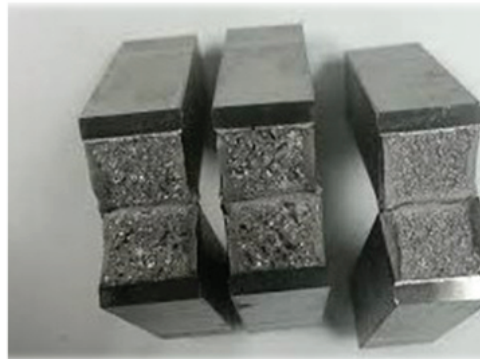
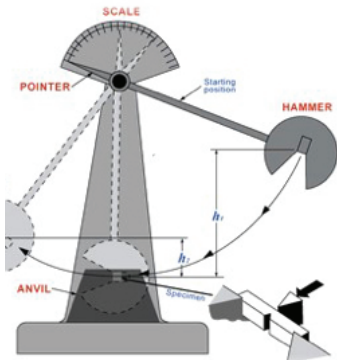
### 2.3. ÇENTİK-DARBE TESTİ

Ani darbelere karşı belirlenen enerjiye göre iyi tepki gösterebilecek bir malzeme seçimi için, çentik darbe testi ile ölçüm gerçekleştirilmelidir. Darbe testleri için kullanılan numuneler çentikli veya çentiksiz olabilir. Genel olarak, V çentikli numuneler, malzemelerin çatlağın ilerlemesine karşı direncini ölçmek için gerçekleştirilir.

Bu testi uygulamak için belli bir yükseklikten bırakılan ağır bir sarkaç yarım ay şeklinde sallanarak numuneye çarparak kırar. Daha sonra en düşük yüksekliğe erişir. Sarkacın başlangıç ve son yükseklikleri bilindiğinde potansiyel enerji farkı hesaplanabilir. Bu fark numunenin kırılması sırasında absorbe edilen yani emilen darbe enerjisidir. Malzemelerin ani darbelere karşı dayanımı malzemenin tokluğu ile ilişkilidir.

Genel olarak bu test, malzemelerin sünek ve gevrek davranışlarını belirlemek için yapılan bir test yöntemidir. Belirli sıcaklıklardaki numunelerin testinin yapılması ile, malzemelerin kırılma enerjilerinin sıcaklık karşısında değişim incelenebilmektedir. Malzeme yapısı incelendiğinde, kırılma enerjisinin sıcaklığın azalmasıyla düştüğü görülmektedir. Kırılma enerjisinin farklı sıcaklıklarda deneye tabi tutulmasıyla malzemenin yapısı sıcaklıklara göre incelenmiş olur. Çentik darbe deneyinde amaç, malzemenin bünyesinde muhtemelen bulunacak gerilim birikiminin, test esnasındaki darbe ile çentik tabanında deneysel olarak uygulanıp, malzemenin bu durumda dinamik zorlamalara karşı göstereceği direnci test etmektir.

***Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezimiz, Çentik-Darbe Testleriniz için tahribatlı muayene laboratuvarımızda bulunan 150 J-300 J Charpy Impact Test Cihazı ile hizmet vermektedir.***



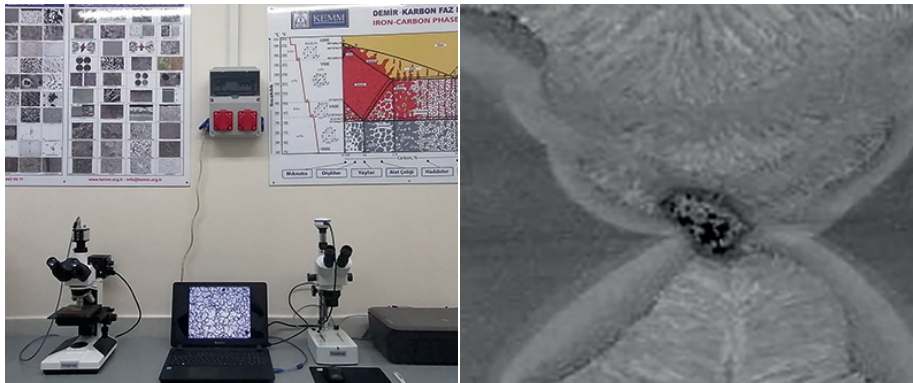
## 2.4. MAKRO / MİKRO TEST

Testler içindeki en temel basamak, malzemenin genel yapısı, kaynak dikişleri, yüzey durumları veya şekilsel etkiler gibi yüzey karakteristikleri için görsel muayene işlemidir. Kaynak birleştirme işlemleri başta olmak üzere çok yaygın bir biçimde, hemen hemen her üretimde kendisine yer bulmaktadır. Malzemelerin ve kaynakların incelenmesinde en yaygın prosesler, makro ve mikro incelemelerdir. Kaynak kalite kontrolünde ve malzeme teknolojilerinde metalografinin önemli bir yeri vardır. Özellikle kaynak yapısını tanımlarken kaynak metali, ısıdan etkilenmiş bölge ve orijinal metal gibi üç farklı yapı ön plana çıkar. Kaynak metali ve ısıdan etkilenmiş bölge incelendiğinde, bileşim, tane boyutu ve yönlenmesi, mikro yapı ve sertlikte değişimler görülebilir. Bu sebeple kaynaklı bölgenin mikro yapısında da önemli değişimler gözlemlenebilir. Bununla birlikte malzemelerin mikroyapı incelemesi ise, üretim aşamasından görmüş olduğu ısıl işleme ve işletme aşamasındaki durumuna kadar bizlere bilgi veren bir testtir.

Makro ve Mikro Test, kaynaklı bir birleştirmede kaynak bölgesinden, malzemelerde ise incelenecek bölgeden alınan bir numunenin yüzeyinin kimyasallar yardımıyla dağlandıktan sonra büyütülerek mikroskop altında incelenmesiyle yapılan testtir. Yapılan işlem sonrasında makro yapıda ana metal, ısıdan etkilenen bölge ve kaynak bölgesi, mikro incelemede ise malzemelerin mikroyapıları incelenir.

Makro Test yöntemi yardımıyla, köşe kaynaklarında boğaz yüksekliği, efektif boğaz yüksekliği, alın ve köşe kaynaklarında kaynak nüfuziyeti, çatlak, gözenek vb. süreksizlikler belirlenebilir. Kullanılan programlar yardımıyla belirtilerin boyutları ve penetrasyon miktarları da incelenebilir. Mikro Test yardımıyla, malzemelerin iç yapıları, tane boyutları, taneler arası kusurlar, ısıl işlemleri, faz durumları gibi konularda bilgi edinilebilir.

Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezimiz, Makro ve Mikro Testleriniz için tahribatlı muayene laboratuvarımızda bulunan Numune Hazırlama Cihazları, Dağlama Cihazı ve Metalografi Mikroskopları ile hizmet vermektedir.



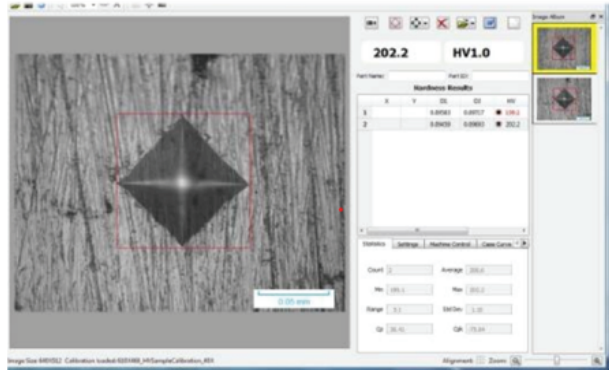
## 2.5. SERTLİK TESTİ

Ürün numunelerinin üzerinde yapılan en yaygın deneylerden biri, malzemenin sertliğinin ölçülmesidir. Deneyin basit oluşu ve diğer mekanik deneylere nazaran numunenin daha az tahrip edilmesini, bu deneyin yaygın olarak kullanılmasının başlıca sebeplerindendir. Diğer önemli avantajı ise, bir malzemenin sertliği ile diğer mekanik özelliklerin arasında ilişkilendirme yapılabilmesidir. Örneğin çeliklerde, çekme mukavemeti sertlik ilişkilendirilebilir; dolayısıyla numune üzerinde gerçekleştirilen sertlik deneyleri sonucunda malzemenin mukavemeti hakkında fikir edinilebilir.

Genel olarak bakıldığında sertlik izafi bir ölçü olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısı ile sertlik sonuçları, malzemenin çizilmesine, kesmesine ve plastik deformasyona karşı direncine bağlanabilir. Laboratuvarlarda numunelere özel olarak cihazlarla yapılan sertlik testlerinde bulunan değerler, malzemenin plastik deformasyonuna karşı gösterdiği direnç olarak düşünülebilir.

Sertlik ölçümü, malzemeye bilinen miktardaki bir yük ile başka bir malzeme tarafından yük uygulanması, bastırılması ile ölçülebilir. Batıcı uç olarak elmas gibi sert malzemelerin kullanılmasıyla deformasyon sadece kuvvetin uygulandığı malzemede (test numunesi) sınırlı tutulur. Vickers sertlik deneyi, tabanı kare ve tepe açısı  $136^\circ$  olan standartlaştırılmış piramit şeklinde bir elmas ucun, değişken yükler altında numune yüzeyine batırılması sonucu bir iz oluşturma esasına dayanır. Vickers sertlik deneyinin kullanım alanı çok geniştir. Çok yumuşak ve çok sert malzemeler için uygundur.

***Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezimiz, Sertlik Testleriniz için tahribatlı muayene laboratuvarımızda bulunan HV10 Sertlik Test Cihazı ile 0.3, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0, 10.0 kgf. yüklerde hizmet vermektedir.***





## 2.6. KIRMA TESTİ

Kırma testi, kaynaklı birleştirmeler üzerinden çıkartılan test numunelerinin kaynak metalinden kırılmasını sağlayıp, kırılan yzeylerin incelenmesini sağlayan testtir. Bu testte amaç, numunenin kırılmasından sonra kırılma bölgesini incelemek ve varsa bulguları ortaya çıkarmaktır.

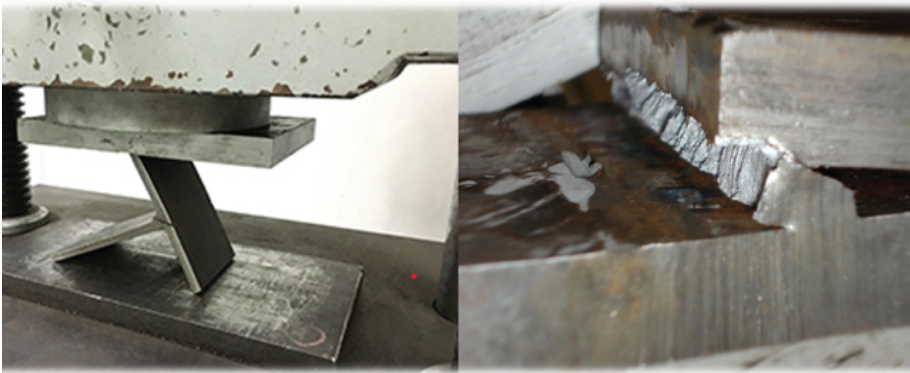
Genel olarak kaynak bölgesinden standartların izin verdiği lde çentik açılarak gerçekleştirilir. Uygulanan kuvvet ile numunenin kaynak bölgesinden kırılması sağlanır. En temel testlerden olup özellikle i köşe kaynaklı plakalarda hızlı bir Őekilde uygulanır.

Yapılan testin ardından oluşan kırılma yzeyleri üzerindeki i kusurların tipleri, boyutları ve dağılımları hakkında bilgi edinmek için test gerçekleştirilir. Kırma testi ile aşağıdaki kusurlar bulunabilir;

- *Gözenekler*
- *Çatlaklar*
- *Ergime noksanlıkları*
- *Nüfuziyet noksanlıkları*
- *Katı kalıntılar*

Kırma testi kolay uygulanan testlerden birisidir. Kaynağın kırılma bölgesine etki edecek Őekilde kuvvet uygulanması ve numunenin kaynak bölgesinden kırılması bu test için yeterlidir.

*Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezimiz, Kırma Testleriniz için tahribath muayene laboratuvarımızda bulunan 300 kN'luk hidrolik pres ile hizmet vermektedir.*



## 2.7. EZME TESTİ (PE)

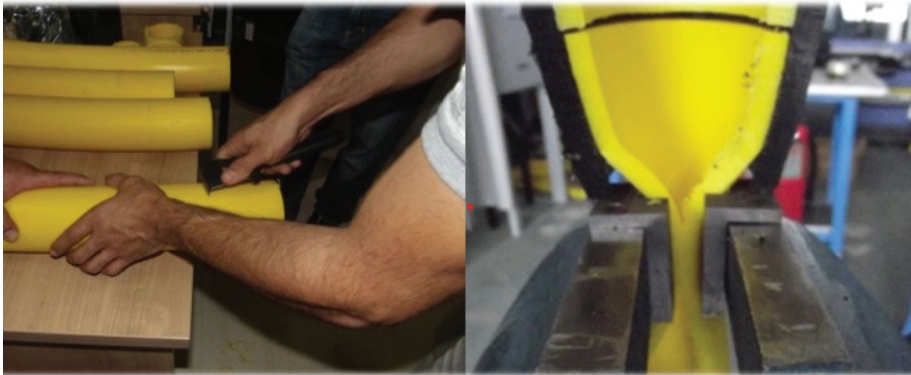
Elektrofüzyon kaynak yönteminde kaynak, manşon veya semer mesnet içinde bulunan ısıtma rezistansları ile yapılır. Manşon veya semer mesnet içine borular yerleştirildikten sonra kaynak makinesinin uçları bağlantı elemanın delik içerisindeki rezistans uçlarına bağlanır ve rezistanslar akım ile ısıtılır. Rezistansların ısınması sonucu bağlantı elemanının et kalınlığının borunun et kalınlığından daha çok olmasından dolayı, boru cidarının ısısı, manşon cidarının ısısından daha yüksek olur. Bu ısı farkından dolayı boru içerisinde basınç oluşur. Boru üzerindeki basınç ile boru içerisinde oluşan basınç sayesinde kaynak işlemi gerçekleşir.

Ezme deneyi, PE 80 boruların, PE 100 manşon ve semer mesnet bağlantılarının ideal numune boyutlarına getirilerek bir mengene yardımı ile ezilmesi ve ardından incelenmesi prensibine dayanır. Polietilen borular için elektrofüzyon kaynağı ile üretilmiş numunelere bu test gerçekleştirilir.

Yapılan ezme işlemi sonrası kaynak bölgesinden açılmaya bakılır. Eğer kaynak bölgesinde meydana gelen açılma, standartlarda belirlenen sınırları geçiyorsa kaynaklı imalatın uygun olmadığı belirlenir.

Ezme deneyi için, kaynaktaki çatlak boyu bir elektrofüzyon birleştirmede telin ilk iki sırası arasındaki mesafeden büyük olmamalıdır. Isıtılmış eleman kaynakları için ortaya çıkan herhangi bir çatlak boru ve bağlantı elemanları arasında oluşmamalıdır.

***Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezimizde, EN 12814-4'e göre elektrofüzyon kaynağı ile birleştirilmiş manşon ve semer mesnet bağlantılarınız için ezme testi yapılmakta ve raporlanmaktadır.***



## 2.8. SPEKTRAL ANALİZ

Optik Emisyon Spektrometresi veya OES, farklı türdeki alaşımlara ait metallerin elemental düzeyde bileşimini belirlemek için kullanılan, güvenilen ve yaygın olarak kullanılan bir kimyasal analiz yöntemidir.

Optik emisyon spektrometrelerle analiz edilebilecek numuneler dökümden alınan kokil numunelerle gibi külçe, kütük, cıvata, çubuk, tel ve plaka gibi ürünler de olabilmektedir.

Bu cihazla ile malzeme içerikler tam olarak ayırt edilmekte olup malzeme kalitesi belirlenebilmektedir.

Malzeme kalitesinin belirlenmesi, hem proje ve imalat aşamasında hem de işletme aşamasında değerlendirme ve analiz için çok önemli bir adımdır.

***Kaynak Eğitim ve Muayene Merkezi olarak teknik hizmetlerimiz kapsamında laboratuvarımızda bulunan spektral analiz cihazı ile malzemelerin kimyasallarını tespit edebiliyor ve sonuçları yorumluyoruz.***





T. 0 (224) 443 66 11 - 12  
M: kemm@mmo.org.tr

Beşevler Küçük Sanayi Sitesi  
65. Blok No: 7/8/10 Nilüfer/Bursa

[kemm@mmo.org.tr](mailto:kemm@mmo.org.tr)