

ÇEKME VE BASMA TESTLERİNDE KULLANILAN MALZEME TEST MAKİNALARININ YERİNDE MUAYENE VE KALİBRASYONU

Gökhan BİRBİL
Makina Mühendisi

Türk Standardları Enstitüsü
Metroloji ve Kalibrasyon Merkezi, Mekanik Kalibrasyon Müdürlüğü

ÖZET

Bu çalışmada çekme ve basma testlerinde kullanılan malzeme test makinalarının ilgili Alman Standardları (DIN) ve Avrupa (EN) Standardları kapsamında muayene ve kalibrasyon yöntemleri, bu yöntemlerle ölçülen parametreler, bu parametreler kullanılarak yapılan sınıflandırma ile beraber kullanıcıların cihaz seçiminde dikkat etmesi gereken kurallar açıklanmış, cihaz üreticileri ve kullanıcıları bilgilendirilmiştir.

1. GİRİŞ

Günümüzde piyasadaki rekabet şartlarının bir sonucu olan, ürün güvencesi ve kalitesi açısından kullanılan, kalite güvence sistemlerinde gerek girdi kontrolü, gerek üretim esnasında kontrol ve gerekse son mamül kontrollerinde çeşitli malzeme test makinaları kullanılmaktadır.

Malzeme testinin temel amacı, üretimde kullanılan malzemelerin uygunluğunun belirlenmesidir. Mekanik özellikleri doğru bilinen bir malzemenin üretimde kullanılması, girdiden doğacak hataların önlenmesinde ve maliyetin azalmasında önemli bir yer tutar.

Kalite sistem standartlarında belirtilen, en önemli ve temel şartlardan biride testlerde kullanılan bu makinaların kalibrasyonudur.

Çekme ve basma test makinaları malzeme testinde kullanılan temel makinalardır. Bu makinaların kalibrasyonu gerek makinaların ebatlarının büyük olması ve taşınmaya uygun olmaması gerekse kalibrasyon esnasında yapılacak işlemlerin hassasiyeti bakımından buldukları yerlerde yapılır. Kalibrasyonun şartlarından birisi de makinanın içinde bulunduğu ortamın deney yapmaya müsait olup olmadığının kontrolüdür.

2- ÇEKME VE BASMA TEST MAKİNALARI

Çekme ve basma test makinaları kontrollü bir hızla eksenel kuvvet uygulayarak numunenin dayanımını ölçen cihazlardır.

Çekme testinde numune eksenel olarak çekilir ve bu deney sonucunda numunenin elastik sınırı, akma noktası, kopma anı, maksimum çekme gerilimi, eğer gerekli ise uzaması ve kesit daralması da ölçülür.

Basma testinin çekme testinden farkı uygulanan aksenal kuvvetin yönünün çekme kuvvetinin ters yönünde olmasıdır.

Çekme ve basma testlerinde genelde hidrolik veya elektromekanik makinalar kullanılır.

Hidrolik sistemlerde bir pompa silindir-piston mekanizmasının içine belirlenen hızda yağ basar ve bu yağ pistonu kaldırarak numune üzerine kuvvet uygulanmasını sağlar. Bu uygulanan kuvvet çeşitli yöntemlerle ölçülür;

-pandül manometresi; piston-silindir mekanizmasına uygulanan basınç pandül koluna hareket verir, bu kol konumuna göre manometrenin göstere ibresini hareket ettirir.

-basınç sensörü; piston-silindir mekanizmasının içindeki basınç ölçer ve dijital olarak gösterir.

-yük hücresi; aksenal uygulanan kuvveti ölçer ve dijital olarak gösterir.

Elektromekanik makinalarda ise bir motor ve sonsuz dişli mekanizması yardımıyla kuvvet aksenal olarak uygulanır. Kuvvet ölçümü yük hücresi vasıtasıyla olur.

Çekme ve basma test makinaları bir çok alanda kullanılmaktadır. Basma test makinaları beton ve çimento endüstrisi, ambalaj sanayi, döküm endüstrisi gibi alanlarda, çekme test makinaları da demir çelik endüstrisi, gıda ve kimya endüstrisi, kablo endüstrisi gibi alanlarda kullanılırlar.

Tablo 1. Kullanılan sembol ve kısaltmalar

F_{i0} : Kuvvet kaldırıldıktan sonra test makinasının göstergesinden okunan kalıntı değer;

F_N : Test makinasının ölçme aralığının maksimum değeri

F : Artan test kuvvetleri yönünde kuvvet ölçümü cihazından okunan doğru kuvvet;

F^1 : Azalan test kuvvetleri yönünde kuvvet ölçme cihazından okunan gerçek kuvvet;

\bar{F} : Aynı kuvvet değeri F 'nin çeşitli ölçümlerinden alınan değerlerin ortalaması.

F^2 : Kuvvet göstergesinden okunan azalan yöndeki kuvvet değeri;

F_i : Kuvvet göstergesinden okunan artan yöndeki kuvvet değeri.

F_{max}, F_{min} : Aynı kuvvet değerinde alınan maksimum ve minimum kuvvet

3. ÇEKME VE BASMA TEST MAKİNALARININ GENEL MUAYENESİ

Bir makinanın muayene ve kalibrasyonunun yapılabilmesi için ilk önce doğru yerleştirilip yerleştirilmediği kontrol edilir. Bu yerleşim makinanın güvenli çalışmasında büyük önem arzeder.

Makinanın çalışması ile ilgili özel durumlar ve güvenlik için alınacak önlemler üretici tarafından verilmelidir ve bu dökümanlar cihazın bulunduğu yerde tutulmalıdır.

Makinalar titreşimden uzak tutulmalı, termal değişimlere karşı, zararlı buharlara karşı, korumuş olmalı, pandüllü makinalar dikey olarak su terazisinde olmalıdır.

Hareket mekanizması test için gerekli hıza ulaşabilmelidir. Hız hassas bir şekilde ayarlanabilmeli ve tedrici bir şekilde arttırılabilmelidir.

Makinanın bağlantıları ve kolonları sıkı bir şekilde monte edilmiş olmalıdır.

Makinanın gövdesinde kuvvet altında meydana gelen elastiki deformasyon kuvvet ölçme sistemine etki etmemelidir.

Numunenin deformasyonunda (kopma) meydana gelen sarsıntı makinanın parçalarını etkilememelidir.

Pandül manometreli cihazlarda pandüle takılan ağırlıkların seri numaraları üzerlerinde bulunmalıdır.

Göstergede eğer bir pim var ise sıfır ayarının yapılabilmesi için bu pim sıfır noktası altında olmalıdır.

Dijital cihazlarda maksimum yükü hafızada tutarak bir mekanizma olmalıdır.

4. ÇEKME TEST MAKİNALARININ MUAYENE VE KALİBRASYONU

Madde 3' te belirtilen genel muayene şartlarının sağlanması halinde makinanın kalibrasyonuna başlanır.

Çekme makinalarında çekme numunesini makinaya bağlamaya yarayan tüm aksesuarlar çekme testini hassas ve güvenilir bir şekilde yapılmasını sağlamalıdır.

Kalibrasyon makinada kullanılan tüm ölçüm bölgeleri ve ekipmanlarıyla yapılmalıdır.

Eğer birden fazla kuvvet ölçme yöntemi kullanılıyor ise her yöntem ayrı bir makina gibi değerlendirilmelidir.

Kalibrasyon kuvvet ölçen cihazlarla yapılmalıdır. Küçük kuvvetlerde ≤ 500 N, kalibrasyon değeri bilinen referans ağırlıklar kullanılarak da yapılabilir. Kalibrasyonda kullanılan teçhizatın izlenebilirliği SI birimleri kullanılarak sertifikalandırılmalıdır. Kuvvet ölçen cihazlar EN 10002-3 standardındaki gerekleri sağlamalıdır. Cihazın sınıfı çekme makinasının sınıfına eşit veya daha iyi olmalıdır. Eğer referans ağırlıklar kullanılıyor ise ağırlıklar tarafından yaratılan kuvvetin bağlı hatası $\pm \% 0.1$ 'i aşmamalıdır. Kalibrasyon 10°C ile 35°C arasındaki çevre şartlarında yapılmalıdır.

4.1 Kuvvet Ölçme Cihazının Yerleştirilmesi

Kuvvet ölçme cihazı aksenal kuvvet uygulanmasına imkan tanıyacak şekilde monte edilmelidir.

4.2 Sıcaklık Kompanzasyonu

Kuvvet ölçme cihazının kararlı bir sıcaklığa ulaşabilmesi için yeterli bir süre geçmeli ve sıcaklık kaydedilmelidir. Sıcaklık düzeltmesi gerekiyorsa EN 10002-3'deki işlem uygulanmalıdır.

4.3 Test Makinasının Uygun Hale Getirilmesi

Test makinası kuvvet ölçme cihazı takılı konumdayken, ölçülecek maksimum kapasiteye kadar en az üç kez yüklenmelidir.

4.4 Test Metodu

Makinanın göstergesinden okunan F_1 kuvveti makinadan okunur ve kalibrasyon için kullanılan kuvvet ölçme cihazının göstergesinden gerçek F kuvveti okunur ve kaydedilir.

Bu metodu kullanmak mümkün değilse referans ağırlık makinaya asılır ve ölçme cihazının göstergesinden okunan F_1 kuvveti kaydedilir.

Artan kuvvet yönünde üç seri ölçüm yapılır. Her bir seri, ölçme aralığının alt ve üst sınırları içinde uygun olarak dağıtılmış en az 5 farklı kuvvet basamağında % 20 ile tam kapasite arasında olmalıdır. Eğer kalibrasyon % 20'den daha küçük kuvvet değerleri içinde gerçekleştirilecekse, skalanın % 10-5-2-1-0.5-0.2-0.1'indeki kuvvet adımlarında da ilave ölçümlerin yapılması gerekir. Tavsiye edilen, mümkünse son seriden önce, kuvvet ölçme cihazının 90° veya 180° derece yük eksenini etrafından döndürülmesidir.

Her bir farklı kuvvetin, 3 seri sonundaki ölçüm sonuçlarının ortalaması hesaplanmalıdır. Bu ortalama değerler, test makinasının kuvvet ölçme sisteminin bağıl gösterge sapması ve bağıl tekrarlanabilirlik hatalarının hesaplanmasında kullanılır. Her seri ölçümden önce sıfır ayarı yapılmalıdır.

Analog gösterge kullanılması durumunda gösterge okunun sıfır etrafında serbestçe dengelendiği kontrol edilmelidir. Dijital gösterge kullanılıyorsa sıfırın altına olan düşmeler kaydedilmelidir.

Bağıl sıfır hatası aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$f_o = \frac{F_{io}}{F_N} \times 100$$

4.5 Çözünürlüğün Belirlenmesi

Analog cihazlarda kuvvet aralıklarını belirleyen çizgiler eşit genişlikte olmalı, ayrıca gösterge ibresinin genişliği kuvvet belirleyici çizgilerin genişliğine eşit olmalıdır.

Çözünürlük, r , gösterge çubuğunun bir skala bölüntüsüne kaç tane sığabildiği ile orantılıdır. Tavsiye edilen oranlar, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$ ve $\frac{1}{10}$ 'dur.

Dijital göstergeli cihazlarda çözünürlük göstergede okunan en küçük dijital değerine eşittir.

4.6 Bağıl Çözünürlük

Bağıl çözünürlük "a" yüzde cinsinden aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$a = \frac{r}{F} \times 100$$

Bağıl çözünürlük cihazda bulunan tüm değişik kuvvet skalaları için skalanın ilk 1/5'lik dilimi için hesaplanmalıdır. Bağıl çözünürlük değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

4.7 Bağıl Histerisiz Hatası

Bu hata yalnızca istenilmesi durumunda ölçülür. Her bir kuvvet için ayrı ayrı hesaplanan bu hata, aynı kuvvet değeri için artan ve azalan kuvvetler arasındaki farka göre belirlenir. Bu yüzden makinanın azalan kuvvet yönünde de kalibre edilmesi gereklidir. Bağıl histerisiz hatası aşağıdaki formül ile hesaplanır. Bağıl histerisiz hatası değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

$$u = \frac{F' - F}{F} \times 100$$

Kalibrasyon sabit gerçek kuvvet kullanılarak yapılıyorsa aşağıdaki formül kullanılır.

$$u = \frac{F_i' - F_i}{F} \times 100$$

Bu prosedür test makinasının en yüksek ve en düşük kuvvet aralığı için uygulanır.

4.8 Relatif Gösterge Hatası

Bu hata, gerçek kuvvetlerin ortalamasının yüzdesi olarak ifade edilir ve aşağıdaki eşitlik ile verilir. Relatif gösterge hatası değerleri Tablo 3' de verilmiştir.

$$q = \frac{F_i - \bar{F}}{F} \times 100$$

Kalibrasyon sabit doğru kuvvet kullanılarak yapılıyorsa, aşağıdaki formül kullanılır.

$$q = \frac{\bar{F}_i - F}{F} \times 100$$

4.9 Bağlı Tekrarlanabilirlik Hatası

Her bir kuvvet için ayrı ayrı hesaplanan bu hata, aynı kuvvet değeri için farklı serilerde yapılan ölçümlerden, en düşük ve en yüksek değerleri arasındaki farkın ortalamaya oranı olarak, aşağıdaki formülle hesaplanır. Bağlı tekrarlanabilirlik hatası değerleri Tablo 3' de verilmiştir.

$$b = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{F} \times 100$$

Kalibrasyon sabit doğru kuvvet kullanılarak yapılıyorsa bu formül,

$$b = \frac{F_{i \max} - F_{i \min}}{F} \times 100$$

şeklini alır.

4.10 Aksesuarların Muayenesi

Test makinasında yardımcı ibre, grafik yazıcı gibi aksesuarların kuvvet ölçümünde devamlı kullanılıp kullanılmamasına göre kontroller değişmektedir. Bu yardımcı aksesuardan gelen sürtünme etkisi gibi yan etkiler ölçüm sonuçlarını doğrudan etkilemektedir. Aksesuar kullanılan

makinalarda, kuvvet arttırılarak yapılan ölçüm serilerinde aksesuarlar kullanılmalıdır ve bu ölçüm en küçük kuvvet aralığında yapılmalıdır.

5. BASMA TEST MAKİNALARININ MUAYENE VE KALİBRASYONU

Basma test makinalarının kalibrasyonunda sınıflandırma ve ölçülen parametreler, çekme test makinası kalibrasyonu ile aynı olmakla birlikte aşağıda belirtilen parametrelerde ölçülmelidir.

Kapasitesi 1000 kN ve daha büyük olan makinaların en büyük ölçme sahasında maksimum kapasitenin % 5, % 20, % 50 ve % 100'ünde eğik basma kontrol edilmelidir. Eğik basma değerleri % 10 dan büyük olmamalıdır.

Basma tablaları, Tablo 2'de verilen değerleri sağlamalıdır. Ayrıca alt tablada numuneyi yerleştirmek için bulunan merkezleyici oyuklarının genişliği 0.3 mm, derinliği 1 mm olmalıdır.

Tablo 2. Basma Test Makinalarında Basma Tablalarının Özellikleri

Test Edilen Malzeme	Minimum Sertlik	Düzlemsellik Sapması	Yüzey Pürüzlülüğü R_a	Maksimum Kuvvetteki Seyim
Metaller	58 HRC	100 mm ² 'de 0.01 mm	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Mineral Malzemeler (Çimento)	58 HRC	100 mm ² 'de 0.01 mm	0.1µm den 0.8µm ye kadar	Tabla boyunca 0.01 mm
Beton	50 HRC	250 mm ² 'de 0.03 mm	0.8µm den 1.6µm ye kadar	250 mm de 0.1 mm

6. MAKİNALARIN SINIFLANDIRILMASI

Çekme ve basma test makinalarında muayene ve kalibrasyon işleminden sonra elde edilen değerlerle yapılan hesaplamalar neticesinde sapma değerleri Tablo 3'te verilen değerleri sağladığında makina sınıflandırılabilir.

Tablo 3. Makinaların Sınıflandırılması

Makinanın Sınıfı	% cinsinden Maksimum Değer				
	Bağlı Gösterge Hatası q	Bağlı Tekrarlanabilirlik Hatası b	Bağlı Histerezis Hatası $ u $	Bağlı Sıfır Hatası f_0	Bağlı Çözünürlük a
0.5	±0.5	0.5	0.75	±0.05	0.25
1	±1.0	1.0	1.5	±0.1	0.5
2	±2.0	2.0	3.0	±0.2	1.0
3	±3.0	3.0	4.5	±0.3	1.5

KAYNAKLAR:

1. DIN EN 10 002-1, Metallic materials, tensile testing, method of test at ambient temperature
2. DIN EN 10 002-2, Metallic materials, tensile testing, verification of the force measuring systems of tensile testing machines
3. DIN 51 223, Compression Testing Machines
4. DIN 51 302-1, Material testing machines, verification of tensile, compression testing machines
5. DIN 51 221-1, Tensile testing machines