

EN ISO 376 STANDARDINDAKİ DEĞİŞİKLİKLER VE BUNUN ETKİLERİ

Dr. Bülent AYDEMİR*
Cemal VATAN
Dr. Sinan FANK

* bulent.aydemir@tubitak.gov.tr

TÜBİTAK UME, Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. Pk54, 41470 Gebze/KOCAELİ
Tel: 0262 679 50 00

ÖZET

Malzeme test makinalarının kuvvet kalibrasyonunda kullanılan referans kuvvet dönüştürücüler EN ISO 376 standardına göre kalibre edilirler. Standart yurtdışında 2011 yılında ülkemizde ise 2012 yılında güncellendi ve yürürlüğe girdi. Bu çalışmada standardın eski versiyonu ile yenisi arasındaki farklılıklar maddeler halinde açıklanmıştır. Yeni standarda uygun olarak ölçüm belirsizliğine etki eden parametreler ve bu parametrelere göre cihazların sınıflandırılması ele alınmıştır. Bu standarda göre kalibre edilen cihazları kullanan kalibrasyon laboratuvarlarına değişikliğin etkisi ve yapmaları gerekenler ifade edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuvvet ölçme cihazı, Yük hücresi, EN ISO 376

ABSTRACT

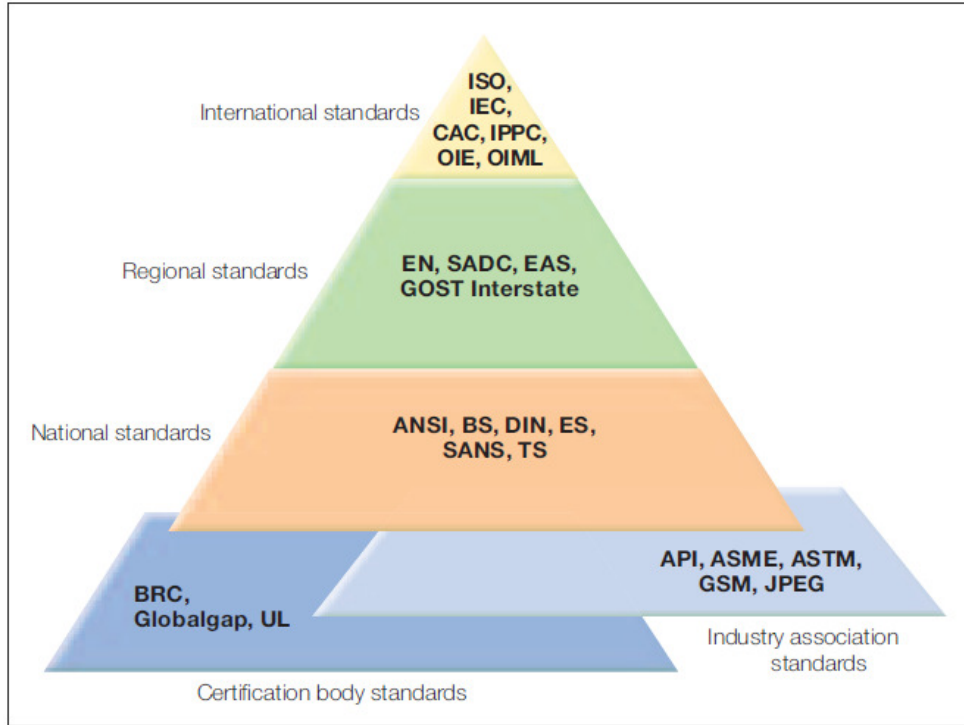
Materials testing machines used for the calibration of force reference force transducers are calibrated in accordance with EN ISO 376. The standard was updated in 2012 in our country and abroad, came into force in 2011. In this study, the differences between newer and older version of the standard itemized explained. In accordance with the new standards and the measurement uncertainty of the parameters affecting the classification of devices based on these parameters have been discussed. According to this standard calibration laboratories calibrate the effect of the change, and they should use the equipment unless otherwise indicated.

Key Words: Force-proving instrument, loadcell, EN ISO 376

1. GİRİŞ

Malzeme çekme deneyi, çok farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılan malzemelerin özelliklerinin belirlenmesi yöntemidir. Malzemelerin mekanik özellikleri olarak bilinen akma, çekme ve kopma mukavemeti; akma, çekme, kopma uzama değerleri, elastiklik modülü vb. birçok parametre deney sonucunda elde edilir. Bu deney esnasında kuvvet ve uzama ölçümleri gerçekleştirilir. Ölçümlerin güvenilirliği amacıyla bu parametrelerin kalibre edilmesi gereklidir. Malzeme test makinalarının kuvvet kalibrasyonunda kullanılan referans kuvvet dönüştürücüler EN ISO 376 standardına göre, malzeme test makinaları kuvvet kalibrasyonu ise EN ISO 7500-1 standardına göre kalibre edilirler. Bu standartlar uluslar arası alanda kabul edilmiş yaygın kullanılan metotlardır.

Tüm dünyadaki yayınlanan standartları incelediğinizde; başlangıçta her ülke kendi içinde farklı standartları oluşturmuş ve kullanmaktadır. Dünya üzerinde globalleşmenin etkisi ile oluşan bölgesel oluşumlar ve uluslar arası kabul edilen yasal organizasyonlar ile daha genel bir yapı içerisine girmiştir. Örneğin ülkemizdeki standartlar Türk Standartlar Enstitüsü (TSE) tarafından hazırlanarak yayınlanmaktadır. Bölgesel organizasyon olarak Avrupa Birliği içerisinde yer aldığımızdan, bu bölgede kabul edilen European Norm (EN) standartlarını da ülkemizde kendi dilimize dönüştürerek değişiklik yapmadan kullanmaktayız. Ayrıca dünya çapında kabul edilen ISO (International Organization for Standardization) tarafından yayınlanan tüm standartlarda üye ülkeler tarafından kabul edilerek kullanılması istenmektedir. Bunların yanı sıra, ülkenizde ürettiğiniz bir ürünü standartlara uygun olarak sertifikalı olarak satmanız gerektiğinde yayınlanmış standartları kullanmanız ortak dili konuşmanızı sağlayacaktır. Dünyadaki standart organizasyonunun yapısı şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Dünyadaki standartların organizasyon yapısı

Gelişen teknoloji ile birlikte çekme deneyi yapılarının ve sonuçlarının hesaplanmaları standartlardaki değişiklikler ile ihtiyaca göre şekillenmektedir. Ülkemizde metalik malzemelerde çekme deneyi standardındaki değişikliklere baktığınızda; TS 138 (1964, 1978), TS 138 EN 10002-1 (1996, 2004) ve son olarak TS EN ISO 6892-1 (2011) yayınlanmıştır. Malzeme test makinalarının kalibrasyonunda kullanılan kuvvet ölçme cihazlarının kalibrasyonu ise TS 9506 (1991), TS 9506 EN 10002-3 (1998), TS EN ISO 376 (2005) ve son olarak TS EN ISO 376 (2011) yayınlanmıştır.

Bu çalışma ile bir önceki standart ile 2011 yılında yayınlanan TS EN ISO 376 standardındaki değişiklikler özetlenmiştir. Yeni standarda uygun olarak ölçüm belirsizliğine etki eden parametreler ve bu parametrelere göre cihazların sınıflandırılması ele alınmıştır. Bu standarda göre kalibre edilen cihazları kullanan kalibrasyon laboratuvarlarına değişikliğin etkisi ve yapmaları gerekenler ifade verilmiştir.

2. STANDARTTAKİ DEĞİŞİKLİKLERİN İNCELENMESİ

TS EN ISO 376 standardındaki temel değişimler aşağıda maddeler halinde sıralanmış ve gerekli açıklamaları da altında verilmiştir.

2.1. Sürünme ölçümü ve hatasının tanımlanması

Eski standartta tanımlanmamış olan sürünme ölçümü ve bağıl sürünme hatası tanımlanmıştır. Bağıl sürünme hatası(c), maksimum yük uygulandıktan veya kaldırıldıktan 30 s sonrası ve 300 s sonrası alınan gösterge değerlerin ortalama maksimum kuvvet değerine oranı olarak tanımlanmıştır.

$$c = \left| \frac{i_{300} - i_{30}}{X_N} \right| \times 100$$

i_{300} : 300. saniyedeki gösterge değeri

i_{30} : 30. saniyedeki gösterge değeri

X_N : nominal kuvvet değeri

2.2. Kuvvet ölçme cihazı sınıflandırılmasında yapılan değişiklikler

Kuvvet ölçme cihazlarının sınıflandırma bölgesi, sınıflandırılma koşullarının yerine getirildiği en son kuvvet değerinde sona ermelidir. Kuvvet ölçme cihazının sınıflandırılma bölgesi, F_N değerinin en azından %50'si ile % 100'ü arasındaki bölgeyi kapsamalıdır.

Eski standarttan farklı olarak kuvvet ölçme cihazları, 4 farklı durumda sınıflandırma yapılabilir. Bunlar:

Durum A:

Belirli kuvvet değerleri için ve sadece artan yönde yüklemeler dikkate alınması durumunda:

- Bağıl yeniden üretilebilirlik (b), tekrarlanabilirlik (b') ve sıfır hatası (f_0)

- Bağıl sürünme hatası (c)

Hatalarına göre sınıflandırılır.

Durum B:

Belirli kuvvet değerleri için ve artan/azalan yönde yüklemeler dikkate alınması durumunda:

- Bağıl yeniden üretilebilirlik (b), tekrarlanabilirlik (b') ve sıfır hatası (f_0)

- Bağıl tersinebilirlik hatası (v)

hatalarına göre sınıflandırılır.

Durum C:

İnterpolasyon ve artan yönde yüklemeler dikkate alınması durumunda:

- Bağıl yeniden üretilebilirlik (b), tekrarlanabilirlik (b') ve sıfır hatası (f_0)

- Bağıl interpolasyon hatası (f_c)

- Bağıl sürünme hatası (c)

hatalarına göre sınıflandırılır.

Durum D:

İnterpolasyon ve artan/azalan yönde yüklemeler dikkate alınması durumunda:

- Bağıl yeniden üretilebilirlik (b), tekrarlanabilirlik (b') ve sıfır hatası (f_0)

- Bağıl interpolasyon hatası (f_c)

- Bağıl tersinebilirlik hatası (v)

hatalarına göre sınıflandırılır. Sınıflandırmanın özet tablosunda aşağıda verilmiştir (Tablo 4). Bu hata değerleri için sınıflandırmalara göre müsaade edilen maksimum değerleri Tablo 5 de verilmiştir.

Tablo 4. Sınıflandırma özet tablosu

| Sınıflandırma | Sınıflandırma Kriterleri |
|----------------------|---------------------------------|
| Durum A | b', b, f_0 , c |
| Durum B | b', b, f_0 , v |
| Durum C | b', b, f_0 , f_c , c |
| Durum D | b', b, f_0 , f_c , v |

Tablo 4 : Kuvvet Ölçme Cihazının Sınıflandırılma Kriterleri

| Sınıf | Kuvvet ölçme cihazının bağıl hataları, % | | | | | | Kalibrasyon kuvveti Belirsizliği (k=2) % |
|-------|--|-------|---------------|---------|-----------------|---------|---|
| | Tekrarlanabilirlik | | Enterpolasyon | Sıfır | Tersinebilirlik | Sürünme | |
| | b | b' | f_c | f_0 | v | c | |
| 00 | 0.05 | 0.025 | ± 0.025 | ± 0.012 | 0.07 | 0.025 | ± 0.01 |
| 0.5 | 0.10 | 0.05 | ± 0.05 | ± 0.025 | 0.15 | 0.05 | ± 0.02 |
| 1 | 0.20 | 0.10 | ± 0.10 | ± 0.050 | 0.30 | 0.10 | ± 0.05 |
| 2 | 0.40 | 0.20 | ± 0.20 | ± 0.10 | 0.50 | 0.20 | ± 0.10 |

2.3. Kalibrasyon sertifikası gereklilikleri

Kalibrasyon sertifikası standarda atıf (EN ISO 376) yanında en az aşağıdakileri içermelidir:

- Kuvvet ölçme cihazının tüm elemanlarının tanıtılması (tip, üretici, seri no, yükleme parçaları, kalibrasyon makinası)
- Kuvvet uygulama yönü (çekme/basma)
- Cihazın sınırlamaları ile ilgili bilgiler
- Cihazın sınıfı ve geçerli olduğu aralığı
- Kalibrasyon tarihi ve sonuçları ve de gerekli ise enterpolasyon denklemi
- Kalibrasyonun gerçekleştirildiği ortamın sıcaklığı
- Kalibrasyon sonuçlarının belirsizliği
- Sürünme ölçümünün detayları

2.4. Kuvvet Ölçme Cihazının Belirsizlik hesaplaması

Kuvvet ölçme cihazının kuvvet standardı makinasında kalibrasyonu EN ISO 376 standardına göre gerçekleştirilir ve kalibrasyon esnasında ölçüm verileri elde edilir. Daha sonra Tablo 5'te verilen ve ölçüm belirsizlik bileşenleri olarak adlandırılan çeşitli hatalar (tekrarlanabilirlik, sıfır, histerisiz (tersinebilirlik), çözünürlük hataları gibi) hesaplanır ve kuvvet ölçme cihazı hangi yükleme kapasite aralığında kullanılacaksa, ölçümü gerçekleştirilen o aralıktaki her kuvvet değeri için bu hatalar ayrı ayrı hesaplanır. Her bir hata hesaplaması için, elde edilen en büyük hata değerleri seçilerek bağıl ölçüm belirsizliğinin hesaplanmasında kullanılır.

Kalibrasyon verileri elde edildikten sonra her bir kuvvet değeri için etki büyüklüklerinin bağıl değerleri hesaplanır. Aşağıda bu büyüklükler ve bunlara ait tahmini istatistiksel dağılım fonksiyonları verilmiştir. Bu dağılım fonksiyonlarının seçimi deneysel sonuçlara dayanmaktadır. Birleştirilmiş belirsizlik aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$w_c = \sqrt{\sum_{i=1}^8 w_i^2} \text{ ve}$$

Genişletilmiş bağıl belirsizlik;

$$W = k \times w_c \text{ ve}$$

Kuvvet biriminde belirsizlik ise;

$$U = W \times F \text{ dir.}$$

Formüle dahil olan diğer parametreler ise şu şekildedir:

w_1 : Uygulanan kuvvetin bağıl ölçüm belirsizliği bileşeni

- w_2 : Kalibrasyon sonuçlarının yeniden üretilebilirlik bağılı ölçüm belirsizliği bileşeni
 w_3 : Kalibrasyon sonuçlarının tekrarlanabilirlik bağılı ölçüm belirsizliği bileşeni
 w_4 : Gösterge çözünürlüğünün bağılı ölçüm belirsizliği bileşeni
 w_5 : Cihazın sürünme bağılı ölçüm belirsizliği bileşeni
 w_6 : Cihazın sıfır değerindeki kayma bağılı ölçüm belirsizliği bileşeni
 w_7 : Cihazın sıcaklık bağılı ölçüm belirsizliği bileşeni
 w_8 : Enterpolasyon bağılı ölçüm belirsizliği bileşeni

Bu parametreleri tek tek aşağıda ele alınmıştır.

Kalibrasyon kuvvetinin belirsizliğinin hesabı, w_1 :

Burada kalibrasyon kuvveti uygulama sisteminin bağılı belirsizlik değeri sertifikasından alınır.

Tekrar üretilebilirlik belirsizliğinin hesabı, w_2 :

Tekrar üretilebilirlik belirsizliği aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$w_2 = \frac{1}{|\overline{X_r}|} \times \sqrt{\frac{1}{6} \times \sum_{i=1,3,5} (X_i - \overline{X_r})^2}$$

Tekrarlanabilirlik belirsizliğinin hesabı, w_3 :

Tekrarlanabilirlik belirsizliği aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$w_3 = \frac{b'}{100 \times \sqrt{3}}$$

Çözünürlük belirsizliğinin hesabı, w_4 :

Çözünürlük belirsizliği aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$w_4 = \frac{r}{\sqrt{6} \times F}$$

Sürünme ve tersinebilirlik belirsizliğinin hesabı, w_5 :

Eğer cihazın sınıflandırmasında sürünme hatası dikkate alınıyorsa, yani Durum A ve C için sürünme belirsizliği aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$w_5 = \frac{c}{100 \times \sqrt{3}}$$

Eğer cihazın sürünme testi yapılmamış ise sürünme belirsizliği tersinebilirlik hatasının 1/3 olarak alınabilir. Bu durumda formül aşağıdaki gibidir:

$$w_5 = \frac{v}{100 \times 3\sqrt{3}}$$

Sıfır değeri kayma belirsizliğinin hesabı, w_6 :

Sıfır değeri kayma belirsizliği aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$w_6 = \frac{f_0}{100}$$

Sıcaklık belirsizliğinin hesabı, w_7 :

Sıcaklık belirsizliği aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$w_7 = \frac{K \times \Delta T}{2\sqrt{3}}$$

K : Kuvvet ölçme cihazının sıcaklık değişim faktörü (üretici tarafından verilir)

ΔT : Kalibrasyondaki sıcaklık değişimi

Kalibrasyondaki sıcaklık değişimi 2 °C aşmadığında K katsayısı da yaygın olarak 0,00005 °C⁻¹ alındığında $w_7 = 0,003$ olup çok küçük bir değer olduğundan çoğu zaman bu parametre ihmal edilebilir.

Enterpolasyon belirsizliğinin hesabı, w_8 :

Enterpolasyon belirsizliği aşağıda verilen 2 formülden biri kullanılarak hesaplanır. Formüllerden herhangi birini tercih edebilirsiniz.

$$w_8 = \frac{F_N}{F \times X_N} \sqrt{\frac{\delta_f}{n-d-1}}$$

δ_f : Enterpolasyon denkleminde hesaplanan ile ölçülen değerler arasındaki farkın karelerinin toplamı

n : Kuvvet kalibrasyonundaki adım sayısı

d : Enterpolasyon denkleminin derecesi

İkinci metod ise sapma metodu olup formülü aşağıda verilmiştir.

$$w_8 = \left| \frac{\overline{X_r} - X_a}{\overline{X_r}} \right|$$

Birleştirilmiş belirsizliğin hesabı, w_c :

Bağıl değerler kullanılarak birleştirilmiş belirsizlik aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$w_c = \sqrt{\sum_{i=1}^8 w_i^2} \text{ ve}$$

Genişletilmiş bağıl belirsizlik ise;

$$W = k \times w_c \text{ ve}$$

Kuvvet biriminde belirsizlik ise;

$$U = W \times F \text{ dir.}$$

3. DEĞİŞİKLİKLERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Eski standarda uygun olarak yapılan belirsizlik hesabında en büyük ve en küçük hata değerleri dikkate alındığında Tablo 9.2 de verilen değerler elde edilebiliyordu. Standarttaki yeni güncellemeler ile belirsizlik hesapları en büyük hata değerleri kullanılarak Tablo 6.1 deki değerler bulunmaktadır. Bu sonuçlara bakıldığında örneğin sınıf 0.5 için %0.12 olan değer %0.16 değerine artışı görülmektedir. Belirsizlik hesabının büyümesi ile belirsizlik değerlerinde de artışlar olmuştur.

Table 9.2: Limits for the expanded relative uncertainty for different classes of EN 10002-3

| | min. | max. |
|-----------|------------|--------|
| Class 00 | W_{limc} | 0,06 % |
| Class 0.5 | 0,06 % | 0,12 % |
| Class 1 | 0,12 % | 0,24 % |
| Class 2 | 0,20 % | 0,45 % |

Table 6.1: Worst-case relative expanded uncertainties for instruments classified to ISO 376

| Class | w_1 | w_2 | w_3 | w_4 | w_5 | w_6 | w_8 | Relative expanded uncertainty |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------------|
| 00 | 0.005 % | 0.017 % | 0.014 % | 0.010 % | 0.014 % | 0.012 % | 0.025 % | 0.08 % |
| 0.5 | 0.010 % | 0.033 % | 0.029 % | 0.020 % | 0.029 % | 0.025 % | 0.050 % | 0.16 % |
| 1 | 0.025 % | 0.067 % | 0.058 % | 0.041 % | 0.058 % | 0.050 % | 0.100 % | 0.32 % |
| 2 | 0.050 % | 0.133 % | 0.115 % | 0.082 % | 0.115 % | 0.100 % | 0.200 % | 0.64 % |

Bu malzeme test makinalarının kalibrasyonunda kullanılan kuvvet dönüştürücülerin belirsizliğinin artması EN ISO 7500-1 standardına göre yapılan kalibrasyonlara da yansımaktadır. EN ISO 7500-1 standardının Ek D kısmında tanımlanan belirsizlik hesaplaması aşağıda verilmiştir.

$$u_{refv} = \sqrt{u_{(rköc)}^2 + u_{(sck)}^2 + u_{(krr)}^2 + u_{(pol)}^2}$$

$$u_c = \sqrt{u_{(refv)}^2 + u_{(coz)}^2 + u_{(tek)}^2 + u_{(sfr)}^2}$$

Bu formüllerde $u_{(rköc)}$ belirsizlik değeri direkt kuvvet ölçüm cihazının sertifikasından gelen değer olması nedeniyle toplam belirsizlik değerlerinde çok az miktarda artmaya neden olacaktır.

Belirsizlik değerindeki değişim bu kapsamda akredite olan laboratuvarların kapsamlarının da değişimine neden olacaktır. Şekil 2 de gösterilen kapsamdaki 0.5 sınıfı ve 1 sınıfı kuvvet ölçme cihazları kullanılarak yapılan kalibrasyonlarda bu değerlerin 0.12 yerine 0.16 ve 0.24 yerine 0.32 olmasını gerektirmektedir.

| Ölçüm Büyüklüğü Kalibre edilen Cihazlar | Ölçüm Aralığı | Ölçüm Şartları | Kalibrasyon ve Ölçüm Yeteneği (Genişletilmiş Ölçüm Belirsizliği k=2) | Açıklamalar |
|--|---------------|-----------------------------|--|--------------------------------|
| KUVVET Çekme-Basma-Eğme-Yay Kuvveti Test Makinaları Kalibrasyonu | 1 N - 1 MN | TS EN ISO 7500-1 ASTM E4 | 0,12 % | BASMA (0.5 Sınıfı Y. H ile) |
| | 1 N - 600 kN | | 0,12 % | ÇEKME (0.5 Sınıfı Y. H ile) |
| | 1 N - 3 MN | | 0,24% | BASMA (1.0 Sınıfı Y. H ile) |
| | 1 N - 500 N | | 0,10% | AĞIRLIKLA ÇEKME-BASMA |

Şekil 2. Eski standarda uygun örnek kapsam

4. SONUÇLAR

EN ISO 376 standardının yenilenmesinde hedeflenenler şu şekilde sıralanabilir:

- Kalibrasyonda kullanılan kuvvet ölçme cihazlarını daha iyi, doğru sertifikalandırabilmek
- Sürünme hatasının da sonuçlara etkisini göstermek
- Kalibrasyon işlemini kısaltmak ve kolaylaştırmak için alternatif çözümler oluşturmak

Sonuç olarak EN ISO 376 standardındaki değişikliklerin oluşturacağı farklılıkları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- a.) Ölçümler sonucu verilen belirsizlik değerleri çok az miktarda olsa artmıştır.
- b.) Kalibrasyon laboratuvarları tarafından beyan edilen belirsizlik değerlerinde değişimler olması gerekecektir.
- c.) Kalibrasyon metodunun uygulanma adımlarının değişimi ile kalibrasyon süresinin kısılması sağlanmıştır.
- d.) Sürünme hatasında kuvvet cihazların için önemli bir karakteristik parametre olmuştur.

İlave olarak, standart müşterilere sınıflandırma durumları hakkında daha detaylı bilgi verilmesi ortaya çıkarmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] TS 138 EN 10002-1, (1996, 2004), Metalik Malzemeler - Çekme Deneyi Bölüm 1- Ortam Sıcaklığında Deney metodu
- [2] TS EN ISO 6892-1, (2011), Metalik malzemeler - Çekme deneyi - Bölüm 1: Oda sıcaklığında deney metodu
- [3] EN ISO 376, Metallic Materials - Calibration of Force-Proving Instruments Used for the Verification of The Uniaxial Testing Machine, 2004
- [4] EN ISO 376, Metallic Materials - Calibration of Force-Proving Instruments Used for the Verification of The Uniaxial Testing Machine, 2011
- [5] EN 10002-3, Metallic Materials - Tensile Testing - Part 3 - Calibration of Force Proving Instruments Used for the Verification System of the Uniaxial Testing Machine, May 1994
- [6] EA-04/02, 1999 Expression of the uncertainty of measurement in calibration
- [7] EA-10/04 (EAL-G22) , 1996, Uncertainty of Calibration Results in Force Measurements
- [8] EURAMET-cg-04.01 Uncertainty of Force Measurements, march 2010
- [9] TS EN ISO 7500-1 Metal Malzemeler - Tek Eksenli Statik Deney Makinalarının Doğrulanması- Bölüm 1: Çekme/Basma Deney Makinaları – Kuvvet Ölçme Sisteminin Doğrulanması ve Kalibrasyonu, 2005
- [10] www.tse.org.tr
- [11] www.iso.org
- [12] The Conformity Assessment Toolbox, (2009), Building trust, ISO
- [13] TS 138, (1964,1978), Çekme Deneyleri (Metalik Malzeme İçin)
- [14] EN ISO 6892-1, (2009), Metallic materials -- Tensile testing -- Part 1: Method of test at room temperature

ÖZGEÇMİŞ

Dr. Bülent AYDEMİR

1973 yılı Eskişehir doğumludur. 1994 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirmiştir. 1996 yılında Kocaeli Üniversitesinden Yüksek Mühendis, 2003 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesinden Doktor ünvanını almıştır. 1994-2000 yılları arasında Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000 yılından beri TÜBİTAK-UME Kuvvet Ölçümleri Lab. Uzman Araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Kuvvet ölçme cihazları, malzeme test makinaları, ekstansometre, sertlik cihazları, çentik darbe cihazları ve yorulma cihazlarında test ve kalibrasyon konularında çalışmaktadır.

Cemal VATAN

1970 yılında İstanbul'da doğdu. Lise öğrenimini Rıfat Canayakın Lisesi Matematik Bölümünde tamamladı. Üniversite eğitiminde, 1994 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik bölümünde lisans derecesini aldı.

1998 yılında TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) işe başladı. Halen TÜBİTAK-UME Kuvvet Ölçümleri Laboratuvarında araştırmacı olarak görev yapmaktadır.

Dr. Sinan FANK

1968 yılında Fatsa/ORDU' da doğdu. Lise öğrenimini Haydarpaşa Endüstri Meslek Lisesi Ağaç İşleri Bölümünde tamamladı. Üniversite eğitimi kapsamında, 1989 yılında İ.T.Ü Makina Fakültesi'nden lisans derecesini, 1992 yılında yine İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Anabilim dalından yüksek lisans ve 2002 yılında ise doktora derecesini aldı.

1991 yılında TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) işe başladı. Kuvvet metrolojisi ile ilgili 19 adet yurtdışı, 15 adet ise yurtiçi ve 12 adet UME için yayını bulunan Dr. Sinan FANK halen, TÜBİTAK-UME Kuvvet Ölçümleri laboratuvar sorumlusu ve Mekanik Grup Koordinatörü olarak görev yapmaktadır.