

KUVVET MAKİNELERİNİN KALİBRASYONDA KARŞILAŞILAN UYGUNSUZLUKLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Cenk CAN
Ahmet Korhan BİNARK

ÖZET

Uluslararası ticarete engellerin kaldırılması öncelikle ürünlerin üretiminde ve denetiminde aynı standartların sağlanmasıyla mümkündür. Bu standartların en temelinde ise ölçüm birliğinin sağlanması vardır. Metroloji olarak bilinen ölçüm bilimi bu konu üzerinde çalışır. Makalede kuvvet cihazlarında kalibrasyonun yapılışı ve hata analizi açıklanmıştır. Sonuç olarak bir buçuk sene boyunca Türkiye'deki çeşitli firmalarda yapılmış olan kuvvet makineleri kalibrasyonunda karşılaşılan problemler ve kaynakları ile ilgili istatistiksel bilgiler verilmiştir. Bu problemlerin azaltılması için çözümler önerilmiştir.

1.GİRİŞ

Ülkemizde, metroloji biliminin gelişmesi ve uluslararası standartların getirdiği zorunluluklar sonucunda kalibrasyon, akreditasyon, uygunluk değerlendirme gibi konular son yıllarda önem kazanmıştır. İlk olarak silahlı kuvvetlerde başlayan kalibrasyon ile ilgili çalışmalar ilerleyen yıllarda Ulusal Metroloji Enstitüsü'nün (UME) kurulması ve standartlar ile ilgili kuruluşumuz olan Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) girişimleriyle yaygınlık kazanmıştır. [1,2] Özellikle kuvvet ölçümü yapan cihazların ve bununla bağlantılı olarak malzeme test makinelerinin kalibrasyonu önemli bir sektör haline gelmiştir. Malzeme test makineleri daha ağırlıklı olarak malzeme çekme-basma dayanımlarını tespitinde kullanılmaktadır.

Yanlış yapılan ölçüm ve değerlendirmeler özellikle yapı malzemesi sektöründe büyük önem kazanmakta ve hatalı hesaplamalar kötü sonuçlar doğurmaktadır. Türkiye'de kuvvet kalibrasyonu hakkında ilk çalışmalar UME bünyesinde yapılmıştır. [3,4] Makalede kuvvet kalibrasyonunun uluslararası standartlara göre nasıl yapıldığı açıklanacaktır.[5,6] Daha önce üzerinde durulmamış olan, kalibrasyonlar esnasında karşılaşılan uygunsuzluklar tespit edilerek oluşum kaynakları istatistiksel olarak sunulacaktır. Yapı sektöründeki test laboratuvarlarında kullanılan makinelerin kalibrasyonunda büyük maddi ve zamansal kayıplara yol açan uygunsuz durumların önlenmesi için kullanıcı üretici ve kalibrasyoncuların neler yapabileceği tartışılarak karşılaşılan bu uygunsuz durumları azaltabilecek öneriler sunulacaktır. [7]

2. KUVVET MAKİNELERİNDE KALİBRASYON

Kuvvet makineleri olarak anılan çekme ve basma makineleri, malzemelerin dayanımı hakkında esas tasarım bilgilerini saptamak ve malzemelerin özelliklerine göre sınıflandırılmalarını sağlamak amacıyla geniş çapta kullanılırlar. Basma çekme cihazlarının kalibrasyonunda EN ISO 7500-1 standardı kullanılır.

2.1. Ön yükleme

Referans yük hücresi monte edildikten sonra sıfır ile ölçülecek en yüksek kuvvet değeri arasında üç yükleme işlemi yapılır.

2.2. Seri Doğrulama Ölçümlerinin Alınması

ISO 7500-1 standardına göre makine kapasitesinin %20 si ile %100 ü arasında eşit aralıklarla en az beş ölçüm kademesinde üç seri basma ölçümü eğer mümkün ise bir geri dönüş ölçümü alınır. Referansın değerleri mV/V olarak okunarak kalibrasyon sertifikasındaki 3. Dereceden polinom şeklindeki denklem ile kuvvet birimine (N) çevrilir. Yük dönüştürme için örnek denklem (1)'deki gibidir.

$$(7,9 \cdot 10^{-1} \cdot [\text{kN yük}]) + (-1,11 \cdot 10^{-3} \cdot [\text{kN yük}]^2) + (3,53 \cdot 10^{-4} [\text{kN yük}]^3) = \text{Referans mV/V} \quad (1)$$

2.3. Göreceli Çözünürlüğün Tayini (a)

Fabrika verisi ve alınan salınım değerleri ile belirlenir ve aşağıdaki denklem ile hesaplanır. Kuvvet göstergesinin göreceli çözünürlüğü, (a) aşağıdaki ilişkiyle tanımlanır:

$$a = \frac{r}{F} \times 100 \quad (2)$$

Denklemden;

r = çözünürlük,

F = Dikkate alınan noktadaki kuvvet (N)

2.4. Göreceli Sıfır Hatasının Hesaplanması (f₀)

$$f_0 = \frac{F_{i0}}{F_N} \quad (3)$$

Denklem (3) e göre bu hata 4 seri ölçümden okunan F_{i0} sıfır sapmalarının ortalama değeri kullanılarak hesaplanır.

Denklemden;

F_{i0} = Kalibrasyon yapılan cihazdan okunan kalıntı değeri (N)

F_N = Deney makinesinin azamî ölçme aralığı kapasitesi (N)

2.5. Göreceli Doğruluk Hatasının Hesaplanması (q)

Ortalama gerçek kuvvet \bar{F} 'in yüzdesi olarak ifade edilen doğruluk hatası denklem (4)'e göre hesaplanır.

$$q = \frac{F_i - \bar{F}}{\bar{F}} \quad (4)$$

Denklemden;

F_i = Doğrulanacak kuvvet ölçme cihazının kuvvet göstergesinin artan deney kuvvetiyle gösterdiği gerçek kuvvet (N)

\bar{F} = Aynı kuvvetle yapılan birçok ve F ölçmelerinin aritmetik ortalaması (N)

2.6. Göreceli Tersinirlik Hatasının (v) Hesaplanması

Artan ve azalan kuvvetlerle elde edilen sonuçlar arasındaki farktan, her bir ölçüm kademesi için denklem (5) kullanılarak hata hesaplanır.

$$v = \frac{F'_i - \bar{F}}{\bar{F}} \quad (5)$$

Denklemden;

F'_i = Her bir ölçüm kademesi için azalan deney yüküyle alınan ölçüm değeri,

\bar{F} = Ölçümün alındığı kuvvet kademesi için artan yükte alınan değerlerin ortalaması (N)

2.7. Göreceli Tekrarlanabilirlik Hatasının (b) Hesaplanması

Her kuvvet kademesi için göreceli tekrarlanabilirlik hatası, o nokta için ölçülen en yüksek ve en düşük değerlerin ortalamaya göre farkıdır. Denklem (6) ile hesaplanır.

$$b = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\bar{F}} \times 100 \quad (6)$$

Denklemden;

F_{\max} , F_{\min} = Aynı kuvvet için F en yüksek ve en düşük değerleri (N)

2.8. Kalibrasyonun Belirsizlik Hesaplaması

En temel belirsizlik bileşenleri aşağıdaki gibidir ve ek bileşenlerde hesaplamalara katılabilir.

- Referans yük hücresinden gelen belirsizlik
- Tekrarlanabilirlikten gelen belirsizlik
- Çözünürlükten gelen belirsizlik

2.9. Referans Yük Hücresinin Standart Belirsizliği

Denklem (7) ile referansın belirsizlik katkısı hesaplanır.

$$u_{std} = \sqrt{u_{cal}^2 + A^2 + B^2 + C^2} \quad (7)$$

Denklemden;

u_{cal} = Referansın sertifikasından alınan standart belirsizliktir.

A = Sıcaklık etkisinden gelen belirsizliktir.

B = Referansta zamanla oluşan kayma değerinin belirsizliğidir.

C = Polinom eğrisine doğrusal yaklaşımdan gelen belirsizliktir.

2.10. Tekrarlanabilirlikten Gelen Belirsizlik (u_{tek})

Her bir ölçüm kademesi için Tekrarlanabilirliğe ilişkin standart belirsizlik, hesaplanan göreceli ortalama hata değerinin standart sapmasıdır. Denklem (8)' e göre hesaplanır.

$$u_{(tsk)} = \frac{1}{\sqrt{n}} \left(\frac{100}{F} \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (F_j - \bar{F})^2} \right) \quad (8)$$

Denklemden;
n = alınan ölçüm sayısıdır.

2.11. Çözünürlükten Gelen Belirsizlik ($u_{\text{öz}}$)

Denklemler (2) ile her bir ölçüm kademesi için hesaplanıp bulunmuş olan çözünürlük değerleri için standart belirsizlik, dikdörtgen dağılım kabul edilerek Denklem (9) ile hesaplanır.

$$u_{\text{öz}} = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (9)$$

2.12. Birleşik ve Genişletilmiş Belirsizlik (u_c , U)

Denklemler (10)' a göre birleşik belirsizlik her bir ölçüm kademesi için hesaplanır ve denklem (11)'e göre %95 güvenirlilik seviyesi için kapsam faktörü k=2 ile çarpılarak genişletilir.

$$u_c = \sqrt{u_{\text{std}}^2 + u_{\text{tsk}}^2 + u_{\text{öz}}^2} \quad (10)$$

$$U = 2 \cdot u_c \quad (11)$$

3. KARŞILAŞILAN UYGUNSUZLUKLAR

3.1. Üst Oynar Çekme-Basma Sistemi Uygunlukları

Piyasada kullanılan malzeme test makinelerinin çekme veya basma olsun yük eksenindeki sapmaları düzeltmek amacıyla oynar bir yükleme sistemi vardır. Çekme cihazlarında üst çekme çenesi, basma cihazlarında ise üst basma tablası olarak adlandırılan bu sistemlerin sağlıklı çalışmaması sonucu kalibrasyon işlemi yapılamaz. Bu durum Kalibrasyon işleminde en sık rastlanan uygunluk nedenlerinden birisidir. Bu uygunluğun sonucunda eksenden kaçık eğik basma kuvvetleri meydana gelir. Eğik basma kuvvetlerinin yatay sürtünme kuvvetleri aşması durumunda referans yük dönüştürücüsünün yerinden fırlama ihtimali vardır. Bu uygunlukların oluşma sebebi olarak karşılaştığımız durumlar aşağıda sayılacaktır.

3.1.1. Küresel Sistemdeki Temas Yüzeyleri Kalitesi

Küresel olarak imal edilen başlık sistemlerinde birbirine temas eden yüzeylerin işleme kalitesinin yüksek olması istenir. İmalat hatalı, kaba yüzey işlemleri sonucunda zımpara etkisi oluşturan metal yüzeylerde zamanla oyulma ve şekil kaybı oluşması sonucu oynar sistem yükü dikey eksenle iletmez duruma gelebilir.

3.1.2. Küresel Sistemdeki Temas Yüzeyleri Arasında Boşluk Oluşması

Birbirine karşılıklı olarak oturan küresel yüzeylerin yüksüz durumda arasında boşluk olması durumu, yavaşça yük binerken eğik biçimde oturmaya sebebiyet verir. Yüzeylerin öngörüldüğünden fazla işleme tabi tutulması sonucu oluşan bu tür durumlarda sağlıklı ölçüm almak mümkün değildir.

3.1.3. Sıkışma Problemleri

Genellikle tasarımsal olarak uygun olmasına karşın bilgisayar destekli olmayan imal işlemleri sonucu küresel sistemde karşılıklı parçaların küre yarıçaplarının uyuşmamasıyla ortaya çıkan bir sorundur.

3.1.4 Uygun Kalınlıkta Yağ Kullanılmaması

Gereğinden kalın yağın sistem içinde kullanılması sonucu ortaya çıkar. Kalın yağın bir tarafta tortularak birikmesi sonucu küresel sistemde çok azda olsa eğim meydana gelmekte ve ölçüm sonuçlarını etkilemektedir.

3.1.5 Basma yüzeyleri Uygunsuzlukları

Basma yüzeyleri standartlar ile belirlenmiş düzlemsellik ve sertlik değerlerine sahip olmalıdır. Yanlış sertleştirme ve talaşlı üretim işlemleri sonucu son tüketiciye hatalı gönderilen mallarda bu uygunsuzlukla karşılaşmaktadır. Sertlik ve düzlemsellikte hata olması durumunda yanal yükler oluşabilen sertlik azlığından dolayı yüzeyde bozulmalar olmakta ve zamanla yüzey basma temas alanlarında azalmaya sebep olmaktadır.

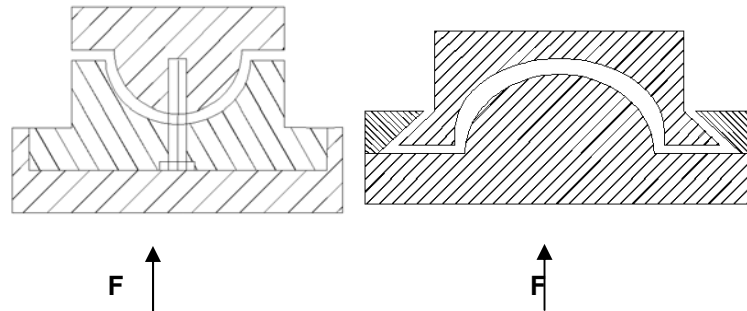
3.2. Küresel Sistemdeki Tasarımsal Hatalar

3.2.1. Küresel Sistemdeki Yarıçapın Değeri

Gereğinden ufak ya da büyük yarıçap değerine sahip oynar başlık sistemlerinde, istenilen oynaklık durumu sağlanamamaktadır. Genellikle karşılaşılan, çok ufak yarıçap değerindeki sistemlerde numunenin merkez dışı yerleştirilmesi sonucu gelen eğik basma kuvvetlerini bertaraf edememesi durumudur. Numunenin basma tablasına oturma yüzey alanından daha büyük bir yarıçapa sahip küresel sistemler daha sağlıklı çalışmaktadır.

3.2.2 Küresel Sistemde Kürenin Üst Tarafda Olması

Daha çok eski tip makinelerde karşılaşılan bu durumda küresel sistemdeki erkek tarafının üst tarafta olması durumudur. Tasarımsal bir hata olan bu durumda erkek ve dişi kısımların birbirine montaj için eksen merkezinden vidalanması sonucu vida kısmında sürtünme kuvvetleri oluşmaktadır. Sürtünme kuvvetleri yüksüz konumda sistemin serbest olarak oynamasını engelleyerek yük alma sırasında eğik kalmasına sebep olmaktadır.



Şekil.1. Oynar Başlıklardaki Temel Küresel Yüzey Tasarımları

3.2.3. Basma Yüzeyini Tutan Yüzük Kısımların Eğim Açısı

Şekilde sık taralı olan yüzük kısmı iki parçayı birbirine bağlamak için kullanılır. Bu kısmın çok sıkı ya da çok bol olması birbirine oturan kısımların doğru çalışmasını engellemektedir. (Şekil.1. Sağdaki tasarım)

3.2.4 Küresel Kısma Yabancı Madde Girişini Engelleyici Kılıf Konulmaması

Şekil.1.'de sağda görülen sık taralı kısım ile küresel kısım arasına toz kir ve benzeri yabancı maddelerin girişini engellemek için koruyucu kılıf konulması lazımdır. Yabancı maddeler küresel sistemin çalışmasını olumsuz etkilemekte ve yanıl yüklerin oluşmasına sebep olmaktadır.

3.3 Küresel Sistemdeki Kullanım Kaynaklı Hatalar

Test yapılan numunenin merkez dışı konumlandırılması sonucu oynar sisteme yanıl yük gelmesiyle bu uygunsuzluk oluşur. Sürekli eksen dışı yüke maruz parçalarda yapısal bozulmalar oluşmakta ve sistemin tamamen değiştirilmesi gerekmektedir.

Periyodik Bakım Yapılmaması Sonucu Yağın Kirlenmesi sistemin çalışmasını bozmaktadır. Test sırasında fark edilemeyen bu uygunsuzluk kalibrasyon sırasında görülmektedir. Sağlıklı test sonuçları alınabilmesi için periyodik olarak bakım yapılmalıdır.

3.4. Alt Basma Tablasında Kullanılan Ara Mesafe Plakaları Uygunsuzlukları

Kuvvet makinelerinde test edilen malzemenin boyutlarına ve kullanılan basma mekanizmasının strok boyuna bağlı olarak basma mesafesinin ayarlanması gerekmektedir. Çekme makinelerinde mekanik olarak ayarlanabilen bu mesafe basma makinelerinde ara mesafe plakaları kullanılarak ayarlanmaktadır. Standartlarda belirtilen çap kalınlık düzlemsellik değerlerinde olamaması temel uygunsuzluk sebepleridir. Üst üste konulması durumunda eksen merkezinden kaçıklığa sebep olan boşluklu oturma olması sorunları görülmektedir. Standartta belirtilenden fazla sayıda tabla kullanımı, paslı deforme olmuş plakalar kalibrasyonda eksensel kaçıklık ve eğik yükler oluşturmakta ve uygunsuzluk yaratmaktadır.



Şekil.2. Uygun Olmayan Bazı Ara Mesafe Plakaları

3.5 Kuvvet Yükleme Hızı Kontrol Ünitesi ile İlgili uygunsuzluklar

Kuvvet makinelerinde sağlıklı sonuç alınabilmesinin temel şartlarından birisi yükleme hızıdır. Deney standartlarında her malzemenin testinde belirli yükleme hızları vardır. İstenilen hızda yükleme yapılamaması kalibrasyonun ve testin yapılamamasına sebep olur.

En çok karşılaşılan yükleme sistemi uygunsuzlukları şunlardır.

Elle yükleme sistemi olması sonucu istenilen hassasiyette çalışılmamaktadır. Bu sisteme daha çok eski üretim makinelerde rastlanmaktadır. Yenilenen standartların gerektirdiği yeni şartlar bu tip makinelerin yenilenmesi gerekliliğini doğurmaktadır.

Sayısal yük kontrol ünitelerinin bazı modellerinde yükleme hızı ayarının istenilen hassasiyeti sağlayamaması kalibrasyon sırasında istenilen hassasiyetle okuma yapılmasını engellemektedir. Yük miktarının artmasıyla birlikte makinede davranış değişiklikleri meydana gelmektedir ve bu farklılıklara karşılık yük dengesini sağlayamayan yükleme sistemleri olan cihazlar kalibre edilememektedir.

3.6. Yük Dönüştürücülerine Bağlı Uygunsuzluklar

3.6.1. Doğrusallığın Bozulması

Kuvvet makinelerinde kullanılan yük dönüştürücülerinde karşılaşılan bu durumda, cihaz bazı bölümlerde kabul edilebilecek sınırların dışında sonuçlar üretmektedir. Doğrusallığında sapma olan cihazlar değiştirilerek makine yeniden kalibrasyon yapılmaktadır.

3.6.2 Yanlış Konumlandırma

Genellikle basınç sensorlarında karşılaşılan bu durumda yapılmak istenen ölçümde dalgalanmalar ve yanlış sonuç alınması uygunsuzluğu oluşur.

Sebepleri ise;

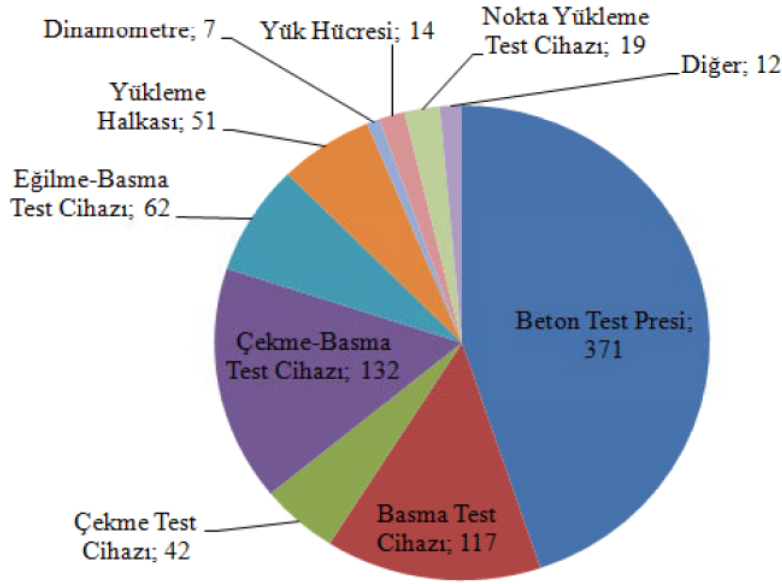
- Pompa sistemine yakın konumlandırma okumada dalgalanmalar yaratmaktadır.
- Üreticinin belirttiği duruş pozisyonunda olmayan montajlar hataya sebep olmaktadır.
- Elektrik teçhizatına yakın konumlandırma cihaz çıkışında gürültü oluşmasına yol açmaktadır.

3.7. Makinenin Yapısal Hatalarından Olan Uygunsuzluklar

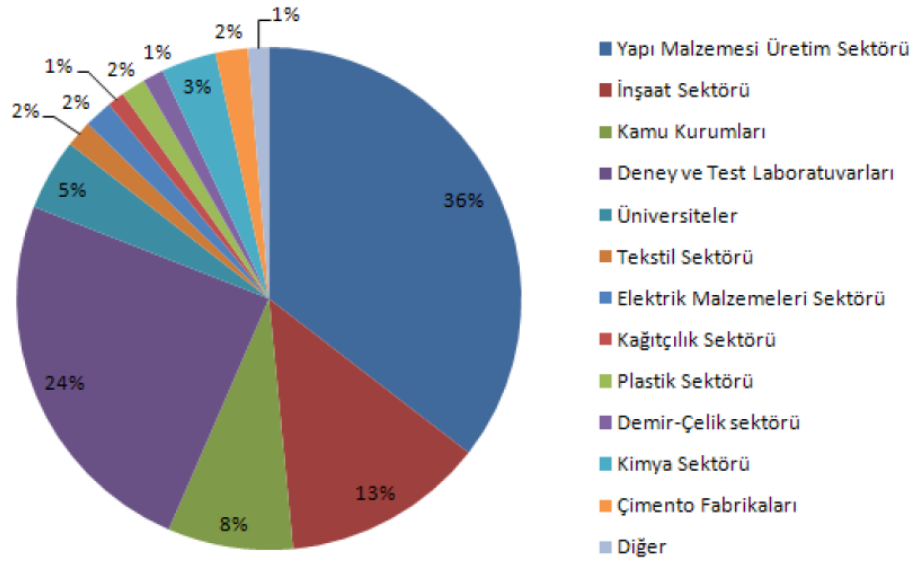
Kuvvet makinesinin dış çerçevesindeki çarpılmalar veya kolonlu makinelerde kolonların bağlantılarında boşluk olması gibi nedenlerden dolayı yüksek yük seviyelerine eksenden kaçıklık oluşmaktadır. Yükleme yapan piston ve mekanik sistemlerde montaj ve strok mesafesinin artmasıyla birlikte oluşan eksenden kaçıklık gibi hatalara sıklıkla rastlanılmaktadır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

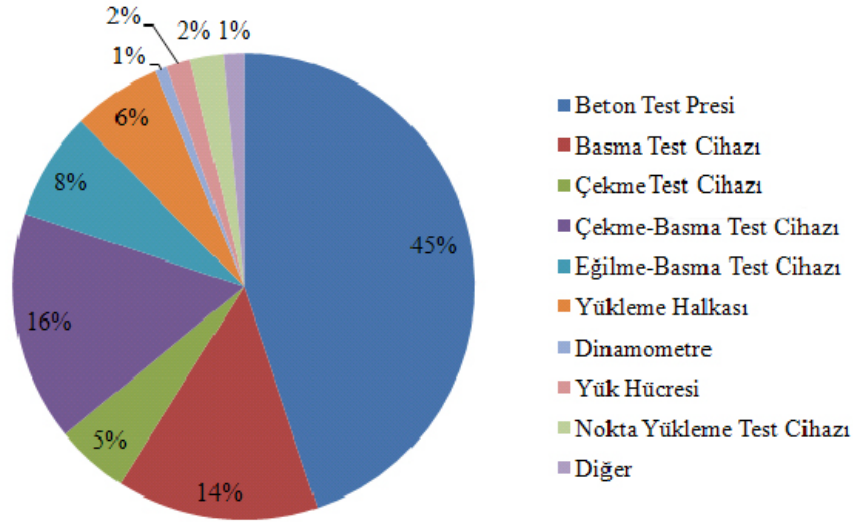
Çalışma boyunca 2005-2007 yılları arasında bir kalibrasyon şirketinde farklı sektörlerde birçok cihaz kalibrasyon yapılmış, uygunsuzluklarla ilgili istatistikler ve uygunsuzluk raporları değerlendirilmiştir. 827 cihazın kalibrasyon bilgileri kullanılmış ve yukarıda sayılan çeşitli sebeplerden dolayı 134 uygunsuzluk tespit edilmiştir.



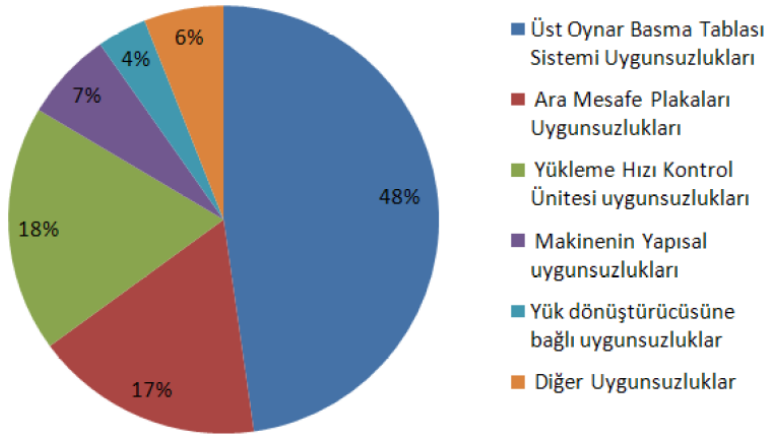
Şekil.3. Çalışma Boyunca Kalibre Edilen Cihaz Sayılarının Dağılımı [7]



Şekil.4. Çalışma Boyunca Kalibre Edilen Cihazların Sektörel Dağılımı[7]



Şekil.5. Kalibre Edilen Cihazların Dağılımı[7]



Şekil.6. Kalibre Edilen Cihazların Uygunsuzluk Dağılımları [7]

Üst Oynar Basma Tablası Sistemi Uygunsuzlukları	64
Ara Mesafe Plakaları Uygunsuzlukları	23
Yükleme Hızı Kontrol Ünitesi uygunsuzlukları	25
Makinenin Yapısal uygunsuzlukları	9
Yük dönüştürücüsüne bağlı uygunsuzluklar	5
Diğer Uygunsuzluklar	8

Kuvvet Kalibrasyonunda Hataların Önlenmesi İçin Öneriler

1. Laboratuvarlarda çalışan personelin mutlaka kalibrasyon konusunda eğitim almaları gereklidir. Kullandığı cihazın ölçümüne etki edecek parametreleri bilmeli belirsizlik hesaplarını yapabilir. Bunun sonucunda kullandığı makinedeki hataya sebebiyet verecek hatalı uygulamaları azaltabilir.
2. Test için alınacak makine seçiminde yapılacak işin hassasiyeti, kapasite gibi unsurlara bağlı olarak doğru makine seçilmelidir. Kapasitesi harici çalışan makinelerde yapısal bozulmalar yük dönüştürücüsünde doğrusalılık sapmaları gibi kalibrasyonu engelleyici hatalar oluşmaktadır.

3. Kullanıcılar kendi doğrulama cihazlarını edinmeli ve periyodik olarak makinelerinin genel bir kontrolünü yapmalıdır. Kalibrasyon periyodu olarak 1 yıl gibi bir süre öngörülen kuvvet makinelerinde düzgün olmayan çalışma uzun dönemde kalıcı hasarlara yol açmaktadır.
4. İmal edilecek makinenin uluslararası kalibrasyon standardının imalatçılar tarafından iyi bilinmesi gerekmektedir. Karşılaştığımız sorunların imalatçılara iletilmesi ve hatta imalathanede bazı makinelerin ön testini yaptığımız durumlarda imalatçıların sadece bir yük göstergesi ayarı olarak yaptıkları görülmüştür.
5. Farklı firmalara yaptırılan parçalar arasında mutlaka işçilik ve ölçü olarak uyum olmalıdır. Oynar sistemlerde maliyeti düşürmek için üniversal tezgâhlarda yapılan küresel parçalar genellikle istenilen özellikleri sağlayamamaktadır. Hassas işlem gerektiren parçaların üretiminde bilgisayar destekli tezgahların kullanılması kalibrasyon konusunda karşılaşılan oynar başlık hatalarını en aza indirecektir.
6. Üretici firmalarında kendi bünyesinde bir laboratuvar kurması ve ürettiği ürünün ilgili standarda uygunluğunu kontrol etmesi gerekmektedir. Bu garantinin verilmesi tüketici açısından da çoğu sorunu önleyecektir. Bazı durumlarda, kullanılmamış yeni makinenin uygunsuz çıkması üretici kalibrasyoncu ve tüketici arasında mahkemeye varacak sorunlar yaratmaktadır.
7. Üretici firmalar makinelerinin bakımı konusunda tüketiciyi periyodik olarak bilgilendirmelidir. Bakımsızlık sonucu kalibre edilemeyen cihazlarla karşılaşılıp durumun tüketiciye anlatılmasında çoğu tüketicinin bakım hakkında bilgiye sahip olmadığı görülmüştür

KAYNAKLAR

- [1] Uğur, H.: “Ulusal Metroloji Enstitüsü (Ume)”, 1. Ölçümbilim Kongresi , Eskişehir, Türkiye, Ekim (1995)
- [2] Eren, G.T.: “Kalibrasyon Kavramı ve Önemi”, 1. Ölçümbilim Kongresi, Eskişehir, Türkiye, Ekim (1995)
- [3] Fank, S.; Özbay H. Ö.: “Kuvvet Standardının Oluşturulması ve Sanayiye Transferi”, 1. Ölçümbilim Kongresi ,Eskişehir , Türkiye, Ekim (1995)
- [4] Fank, S.; Özbay, H. Ö.; Baytaroğlu, Ş.: “Kuvvet Dönüştürücülerinin Kalibrasyon Prosedürü” 1. Ölçümbilim Kongresi, Eskişehir, Türkiye, Ekim (1995)
- [5] 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” (02.12.2004)
- [6] TS EN ISO 376; “Metal malzemeler - Tek eksenli deney makinelerinin doğrulanmasında kullanılan kuvvet ölçme cihazlarının kalibrasyonu” (07.04.2005)
- [7] Can, C.: “Kuvvet Makinelerinde Kullanılan Ölçme Elemanlarının Kalibrasyonu ve Hata Analizleri” Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2008)

ÖZGEÇMİŞLER

Cenk CAN

1981 İstanbul doğumludur. 2004 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Enerji Öğretmenliği bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2008 yılında Yüksek Teknik Öğretmen unvanını almıştır. 2005-2007 yılları arasında özel bir firmada Kalibrasyon sorumlusu olarak çalışmıştır.

Ahmet Korhan BİNARK

1959'da Ödemiş (İzmir)'de doğan Ahmet Korhan BİNARK, 1982'de İ.T.Ü., Makine Fakültesi, Uçak Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi. İ.T.Ü'de 1984'de Yüksek Mühendis, 1990'da Doktor unvanlarını aldı. 1982 ile 1997 yılları arasında İ.T.Ü Makine Fakültesi, Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı'nda sırasıyla Araştırma Görevlisi, Yardımcı Doçent ve Doçent olarak çalıştı. Halen, Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Enerji Eğitimi Anabilim Dalı'nda Profesör olarak çalışmaktadır ve M.Ü. F.B.E.'nde Müdür Yardımcısı olarak görev yapmaktadır. Çok sayıda mesleki demek, vakıf ve odanın üyesi olan, tamamlanmış 4 adet doktora ve 28 adet Yüksek Lisans tezi yöneten Prof.Dr Ahmet Korhan BİNARK özellikle deneysel çalışma ağırlıklı ve uygulamaya yönelik yenilenebilir enerji ve otomotiv eğitimi konularında Türkçe ve Yabancı dillerde basılmış, çeşitli ödüller almış (TÜBİTAK, vs.) 133 adet yayını vardır.