

PİSTONLU BASINÇ STANDARTLARININ (DWT) KALİBRASYON METOTLARI VE ARA KONTROL YÖNTEMLERİNDE YAKLAŞIMLAR

İlknur KOÇAŞ KOZBE

ÖZET

Pistonlu basınç standartları ya da yaygın bilinen ismi ile “dead weight tester” cihazları basınç ölçümlerinde birincil seviye referans cihazlar olarak kullanılmaktadır. Bu cihazlar 8 ppm değerlerine varan belirsizliklerde hemen her ülkenin ulusal metroloji enstitüsünde kullanıldığı gibi, endüstriyel alanda, petrol ve gaz sektöründe saha kalibrasyonlarında kullanıldığı da görülmektedir. Basınç değerinin doğal sabitlerle türetilerek sağlandığı bu cihazlar yüksek yatırım ve sürdürülebilirlik maliyetine ihtiyaç duyduğu için ülkemizde de sınırlı sayıda akredite laboratuvar tarafından kullanılabilir. Sürdürülebilirlik maliyetinin yüksek olmasının en önemli nedenlerinin başında, bu cihazların kalibrasyon ücretlerinin yüksek olması ve eleman yetkinliğinin sağlanması yönünde yapılan yatırımlardır. Başta akredite laboratuvar kullanıcıları olmak üzere, pistonlu basınç standardı kullanıcılarının cihazlara yönelik farkındalığına katkı sağlaması amacıyla pistonlu basınç standartlarının kalibrasyon metotları ve ara kontrol yöntemlerine ilişkin bilgiler sunulmuş, yaygın olarak yapılan hatalara yönelik örnekler verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pistonlu Basınç Standartları, Dead Weight Tester, Ara Kontrol, Kalibrasyon

ABSTRACT

The piston pressure standards or commonly known as dead weight testers devices are used as primary level reference devices in pressure measurements. These devices are used in the national metrology institute of almost every country in the uncertainties up to 8 ppm, as well as in the industry oil and gas sector for the field calibrations. These devices, where the pressure value is derived from natural constants, can be used by a limited number of accredited laboratories in our country as they require high investment and sustainability costs. One of the most important reasons for the high cost of sustainability is the high cost of calibration of these devices and the investment in providing personnel competence. In order to contribute to the awareness of piston pressure standard users, especially accredited laboratory users, calibration methods and intermediate control methods of piston pressure standards and examples of common mistakes are presented.

Key Words: Pressure Balances, Dead Weight Tester, Intermediate Checks, Calibration

1. GİRİŞ

Basınç ölçümleri başta havacılık ve uzay sanayi olmak üzere, jet motorları, motor performanslarının ölçülmesi, biyomedikal cihazlar, tıbbi teşhis ve tanı metotları, petrol hatları, otomotiv sanayi vb. sektörler olmak üzere bilimsel çalışmalardan günlük hayatımıza kadar pek çok alanda karşımıza çıkan mekanik ölçümlerdir. Bu nedenle basınç ölçümlerinde, İtalyan bilim insanı Evangelista Torricelli'nin ilk barometreyi keşfi ve 1648 yılında Blaise Pascal'ın basınç biriminin elde edilmesine yönelik çalışmalarını müteakiben günümüze kadar geçen 375 yıl kadar kısa sürede büyük gelişmeler

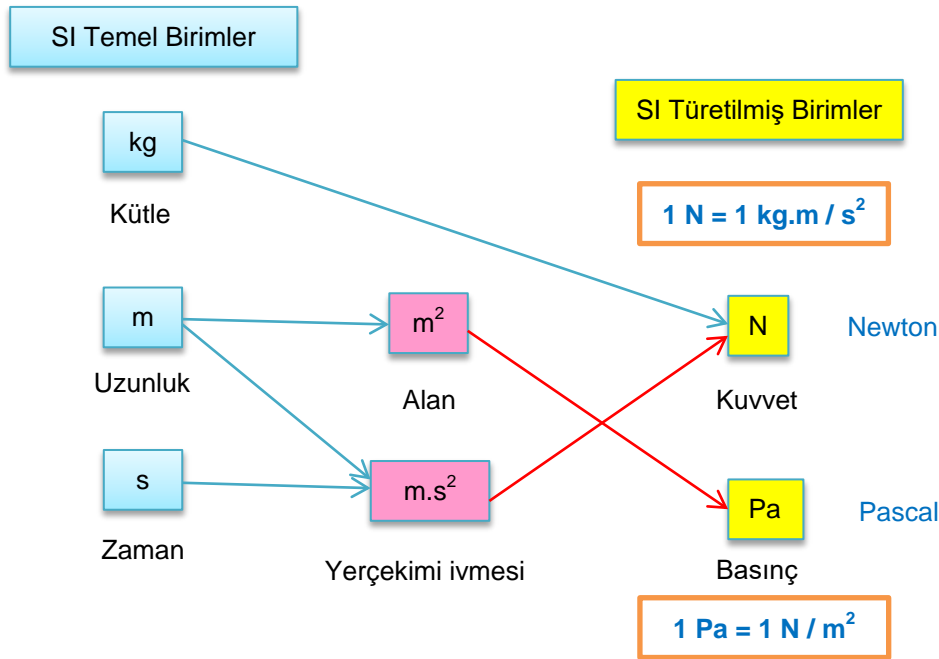
kaydedilmiştir. Teknolojinin baş döndürücü hızla geliştiği günümüzde, bu gelişmeler hassas basınç ölçümlerinde 5 ppm (parts per million) değerlerinde belirsizliklere ulaşmayı mümkün kılmıştır.

Basınç ölçümleri denildiğinde sanayide çok geniş bir kullanım alanına sahip ve tıpkı analog bir saat görüntüsüne sahip manometreler akla gelse de, elektriksel çıkış sinyali ile basınç değerlerinin ölçüldüğü basınç dönüştürücüleri, sıvı sütunlu manometreler, quartz basınç sensörleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüm bu basınç ölçerler, maddelerin fiziksel özelliklerinden yararlanmak suretiyle, basınç değerlerinin tespit edilmesine imkan veren ikincil seviye ölçerlerdir. Oysaki metrolojide en önemli hususlardan biri, birimlerin elde edilmesi, transferi ve izlenebilirliğin sağlanmasıdır. Türetilmiş bir birim olan basınç biriminin elde edilmesinde bilinen iki yöntemden biri, alan üzerine kuvvetin etki ettirilmesi ile basınç değerinin türetilmesi olup, günümüzde basınç metrolojisinde ileri seviyede ülkelerin metroloji enstitüleri tarafından da birincil seviye basınç standardı olarak kullanılmaktadır.

2. PİSTONLU BASINÇ STANDARTLARI (DEAD WEIGHT TESTERS)

Türetilmiş birimlerin elde edilmesi, doğrudan doğal sabitler ile elde edilen temel birimlerin elde edilmesi kadar şanslı olmamıştır. Bir başka deyişle, işin içine ne kadar çok parametre katılıyorsa tüm bu parametrelerin büyük bir hassasiyetle belirlenme zorunluluğu var demektir.

Basınç biriminin pistonlu basınç standardı ile elde edilmesi Şekil 1 de şematize edilmiştir. Basınç, temel bir büyüklük olmayıp, uzunluk, kütle ve zamandan türetilmiş bir büyüklüktür. SI (Uluslararası Birimler Sistemi) 'da basınç birimi Pascal'dır. Kütle ve uzunluk gibi temel birimler ile yer çekimi ivmesi gibi doğal bir sabit aracılığıyla basınç birimi türetilmektedir.



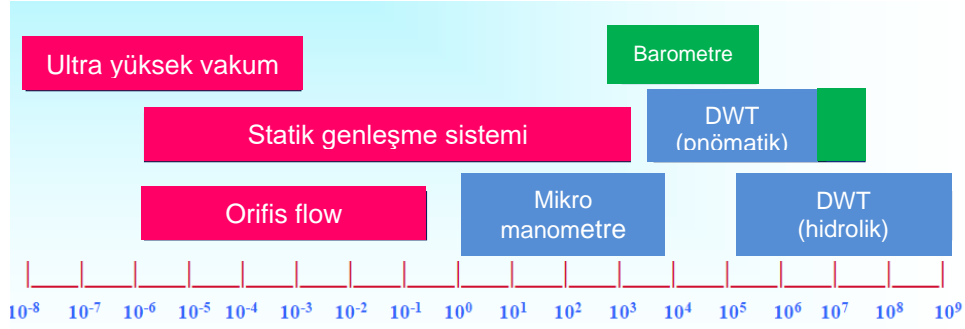
Şekil 1. Basınç birimi Pascal'ın elde edilmesi

Basınç ölçümlerinde birincil seviye referans standart olan pistonlu basınç standartları 10^3 Pascal seviyelerinden 10^9 Pascal seviyelerine kadar kullanılabilir. Pnömatik pistonlu basınç ölçerler ile hidrolik pistonlu basınç ölçerlerin de yer aldığı birincil seviye basınç standartları kapsadığı basınç aralıkları ile Şekil 2 de gösterilmektedir.

Kırmızı= Absolute mode (mutlak basınç)

Mavi=Fark basınç mode-Gauge mode

Yeşil=Absolute ve gauge mode

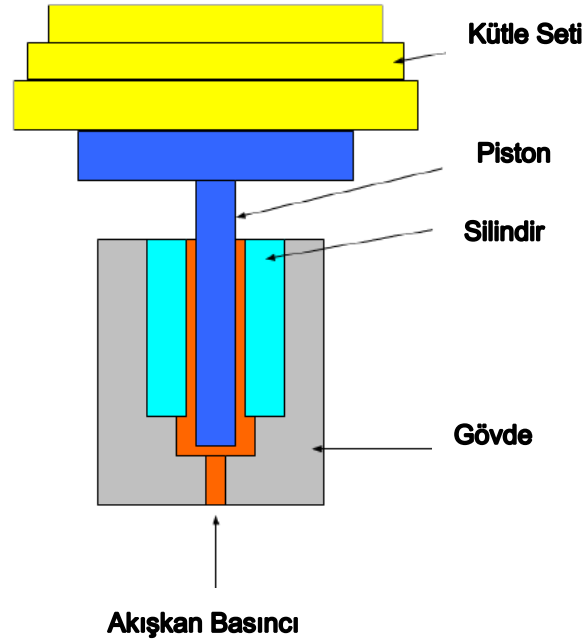


Şekil 2. Basınç ölçüm aralıkları ve basınç ölçerler

Pistonlu basınç standartlarında temel prensip, yüzeyi çok iyi işlenmiş A_{eff} efektif alanına sahip pistonun altına uygulanan akışkan basıncının, akışkan içerisinde serbestçe yüzen piston üzerindeki F kuvvetiyle dengelenmesiyle oluşturulan basınç değerinin hesaplanması ($p_e = F / A_{eff}$) esasına dayanır (Şekil 3). Her ne kadar temel bir formül olarak görünse de referans basınç değerine doğrudan etki eden parametrelerin sayısı 10 dan az değildir.

$$p_e = \frac{\sum m_i \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{mi}}\right)}{A_p \cdot [1 + (\alpha_p + \alpha_c) \cdot (t - t_r)]}$$

- p_e Pistonun altına etki eden gauge basıncı
- A_p Efektif alan değeri $A_p = [A_o \cdot (1 + \lambda \cdot p)]$
- A_o Atmosfer basıncında ve 20 °C sıcaklıkta piston-silindir ünitesi alanı
- m_i Piston üzerine etki eden her bir kütle değeri /tüm yüzer elemanlar dahil)
- g Yerçekimi ivmesi
- ρ_a Havanın yoğunluğu
- ρ_{mi} Kütlelerin yoğunluğu
- A_o Atmosfer basıncında ve 20 °C sıcaklıkta piston-silindir ünitesi alanı
- λ Basınç distorsiyon katsayısı
- α_p Piston ısıl genişleme katsayısı
- α_c Silindir ısıl genişleme katsayısı
- t Ölçülen basınç değerindeki sıcaklık
- t_r Referans sıcaklık (20 ° C)

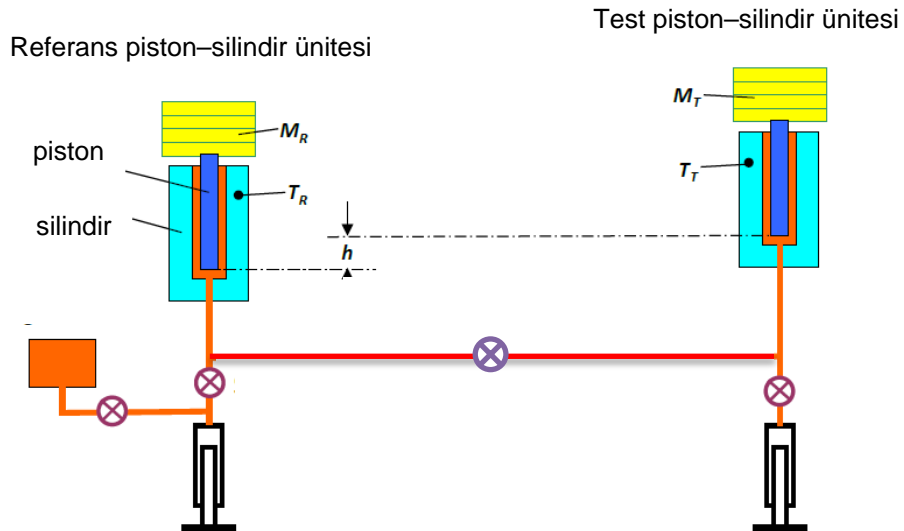


Şekil 3. Piston-silindir ünitesi ve kütle seti

3. KALİBRASYON YÖNTEMLERİ

3.1 Karşılaştırma Yöntemi ile Piston-Silindir Ünitesinin Efektif Alan Değerinin Belirlenmesi (Cross Floating Method)

3.1.1. Piston-silindir ünitelerinde piston düşme hızlarının belirlenerek referans ve test DWT basınç değerlerinin dengelenmesi metodu:



Şekil 4. Piston düşme hızlarının tespit edilmesi ile DWT efektif alan belirlenmesi kalibrasyon düzeneği

Bu yöntem literatürde karşılaştırma yöntemi olarak bilinmekte olup, boyutsal ölçümlerle efektif alan belirlenmesinden sonra en hassas kalibrasyon yöntemidir. Piston-silindir ünitesinin efektif alan değeri ve basınç distorsiyon katsayısı belirlenmek suretiyle kalibrasyon gerçekleştirilir. Referans DWT piston-silindir ünitesine ait tüm parametreler bilinmektedir. Ölçüm prensibi birbirlerine doğrudan bağlı olan referans ve testte oluşturulan basınç değerlerinin eşitlenmesi üzerine kurulmuştur. Kalibrasyon düzeneğinde referans DWT ile test DWT cihazı doğrudan birbirlerine bir basınç hattı ile bağlanır. Çoğunlukla bu hat üzerinde bir açma-kapama valfi (shut-off valve) yerleştirilmesi önerilir.

Bu kalibrasyonda test DWT cihazına ait kütle seti, kütle seti yoğunluk değerleri, piston-silindir ünitesi ısıl genleşme katsayıları vb. basınç eşitliğindeki tüm parametrelerin de değerlerinin de bilinmesi gereklidir. Test cihazının kütle değerlerinin yoğunlukları üretici firma tarafından verilen değerler olarak alınabilir. Ancak kütlelerin de kalibreli olması yani sertifika değerleri ile birlikte DWT cihazını kalibre eden laboratuvara iletilmesi önem arz etmektedir. Test DWT piston-silindir ünitesinin ısıl genleşme katsayıları yine üretici firma tarafından verilen ilk sertifikasında mevcuttur. Aşağıdaki denklemlerde kalibrasyonun gerçekleştirildiği laboratuvar ortam sıcaklığı nominal 20 °C olarak alınmıştır. Bazı üretici sertifikalarında bu değer 23°C olarak da verildiği görülmekte olup, kullanıcının sertifikada verilen eşitliği dikkate alarak basınç değerini hesaplaması gereklidir.

$$p_{ref} = p_{test}$$

$$\frac{\Sigma m_{i_{ref}} \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{mi_{ref}}}\right)}{A_{p_{ref}} \cdot [1 + (\alpha_{p_{ref}} + \alpha_{c_{ref}}) \cdot (t_{ref} - 20^\circ C)]} \mp p_{\Delta h} = \frac{\Sigma m_{i_{test}} \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{mi_{test}}}\right)}{A_{p_{test}} \cdot [1 + (\alpha_{p_{test}} + \alpha_{c_{test}}) \cdot (t_{test} - 20^\circ C)]}$$

Yukarıdaki eşitlikten kalibrasyonu gerçekleştirilen test DWT cihazına ait $A_{p_{test}}$ değeri kolaylıkla belirlenebilir. $A_{p_{test}}$ değerinin elde edilmesi ise $A_{p_{test}} = [A_o \cdot (1 + \lambda_{test} \cdot p)]$ eşitliğinden test cihazına ait basınç distorsiyon katsayısı λ_{test} değerinin tespit edilmesini sağlar. Hidrolik DWT cihazlarında piston üzerine etki eden kuvvet değerine $\sigma \cdot C$ kuvvetinin de ilave edilmesi gereklidir (σ , yağın piston üzerinde oluşturduğu gerilim değeri, C ise pistonun çevresi). Bu değer pnömatik DWT cihazları için hesaba katılmaz. İlaveten gerek pnömatik gerekse hidrolik DWT cihazlarında hacim düzeltme değerinden ortaya çıkan kuvvetin ($V \cdot p$) hesaplara katılması önem arz eder. Referans pistonun yüzme seviyesi ile test pistonun yüzme seviyesi arasındaki yükseklik farkından ortaya çıkan basınç değeri $p_{\Delta h}$ referans basınç değerine doğrudan etki eden diğer önemli bir parametredir.

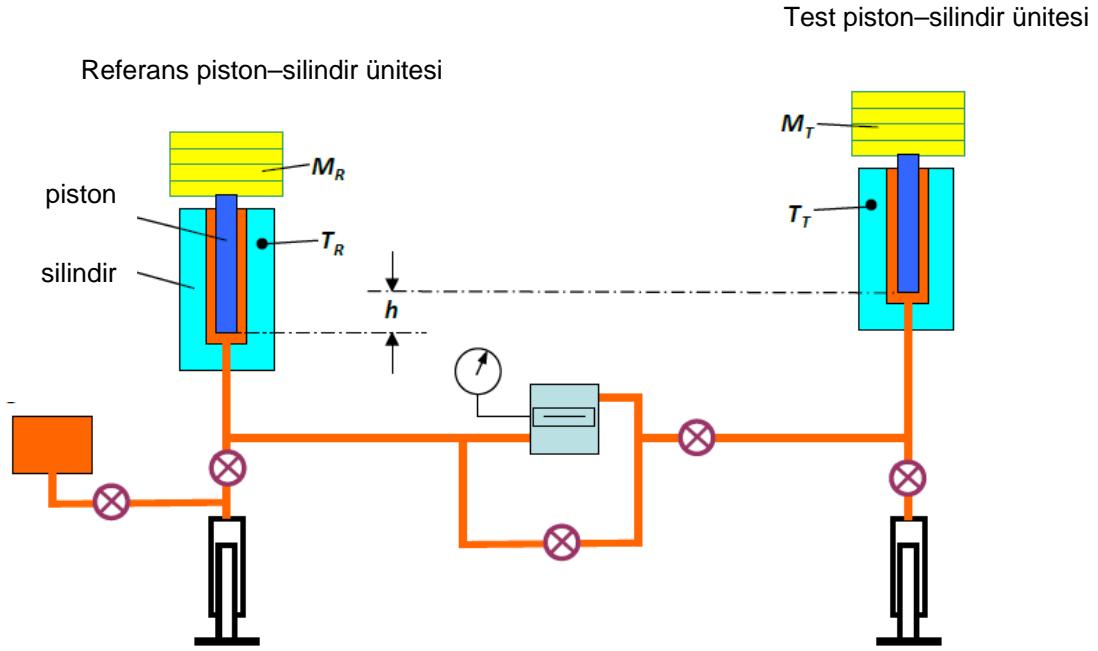
Bu yöntem boyutsal ölçümler ile efektif alan belirlenmesinden nispeten daha kolay ve daha düşük maliyetlerde olmakla birlikte, önemli derecede tecrübe isteyen bir kalibrasyon metodudur. Kalibrasyonu gerçekleştirilmek istenilen DWT cihazının full skala değeri genellikle 8 eşit aralığa bölünmek suretiyle her basınç değerinde yukarıdaki eşitliğin gerçekleşmesi sağlanır. Her iki cihazdaki basıncın eşitlenmesini sağlayarak dengeye getirebilmek için, çoğunlukla kullanılan yöntem, referans ve test cihazlarına ait pistonların düşme hızlarını ölçmek ve bu düşme hızlarını elde edecek şekilde sistemi dengeye getirecek kütle setini tespit etmektir. Yaygın olarak kullanılan yöntemde, kütle seti daha hafif olan DWT cihazı üzerine ilave kütle setleri (trim masses) eklemek suretiyle referans ve test cihazlarında oluşturulan basınçlar eşitlenir. Bu nedenle pistonlu basınç standartlarına basınç terazisi de denildiği görülmektedir.

3.1.2 Yüksek çözünürlükte fark basınç ölçer ile referans ve test DWT basınç değerlerinin dengelenmesi metodu: Bu yöntemde referans ve test DWT piston-silindir ünitelerinde oluşturulan basınç değerleri eşitlenirken sistemde yüksek çözünürlükte hassas bir fark basınç ölçer kullanılır. Bu fark basınç ölçer test ve referans arasındaki basınç hattına doğrudan bağlıdır. Test ve referans DWT cihazlarında nominal olarak aynı basınç değeri oluşturulduktan sonra, fark basınç ölçer devreye sokularak test ve referans basınç arasındaki basınç farkı okunur. Bu yöntem, piston-silindir ünitelerinin düşme hızlarının tespit edilerek aynı düşme hızlarının test ve referans DWT cihazları birbirine doğrudan bağlı iken de elde edilmesini zorunlu kılmaz. Fark basınç değerini sıfır basınca yaklaştıran kütle setlerini tespit etmek, test cihazının bilinmeyen A_o değerini tespit etmek için yeterlidir.

$$\Delta p = p_{ref} - p_{test}$$

$$p_{ref} = \frac{\Sigma m_{i_{ref}} \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{mi_{ref}}}\right)}{A_{p_{ref}} \cdot [1 + (\alpha_{p_{ref}} + \alpha_{c_{ref}}) \cdot (t_{ref} - 20^\circ C)]} \mp p_{\Delta h}$$

$$p_{test} = \frac{\Sigma m_{i_{test}} \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{mi_{test}}}\right)}{A_{p_{test}} \cdot [1 + (\alpha_{p_{test}} + \alpha_{c_{test}}) \cdot (t_{test} - 20^\circ C)]}$$



Şekil 5. Fark basınç ölçer ile DWT efektif alan belirlenmesi kalibrasyon düzeneği

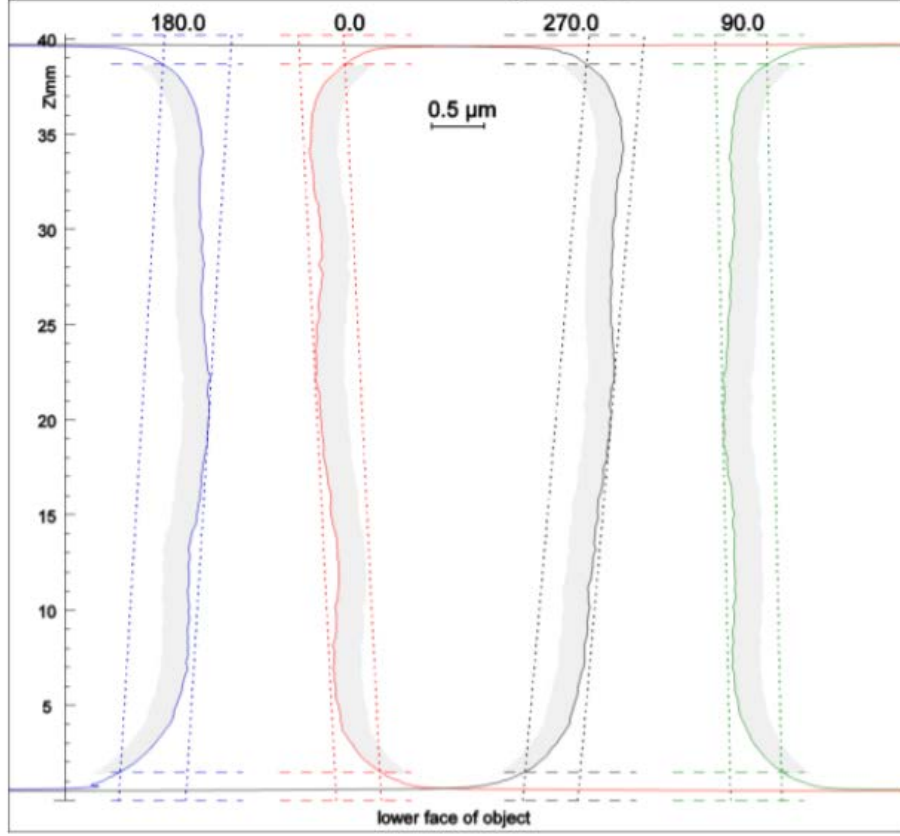
3.2 Boyutsal Ölçümler ile Piston-Silindir Ünitesinin Efektif Alan Değerinin Belirlenmesi

Bu metod, ülkemizde bazı kalibrasyon laboratuvarları tarafından uzun yıllar boyunca, piston-silindir ünitesinin boyutlarının mikrometre vb. boyutsal ölçümler ile ölçülerek A_0 alan değerinin geometrik bir formülle hesaplanması olarak değerlendirilmiştir. Çok sayıda laboratuvarın DWT cihazlarına boyutsal ölçümler ile kalibrasyon sertifikası verilmiştir.

Boyutsal ölçümler ile A_0 değerinin belirlenmesi, piston ve silindirin ayrı ayrı yuvarlaklık, düzlemsellik-parallelizm ve çap ölçümlerine dayanmaktadır. Ülkemizin boyutsal ölçümler ile efektif alan belirlenmesine yönelik ilk çalışmaları TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Basınç Laboratuvarının katılım sağladığı EURAMET 463 ve EURAMET 740 projeleri ile gerçekleşmiştir. Bu projelerde boyutsal ölçümleri PTB tarafından yapılan piston-silindir ünitelerinin, efektif alan değerleri ve basınç distorsiyon katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplamalara esas teşkil eden toplam boyutsal ölçüm verisi yaklaşık 10500 civarındadır.

Basınç değerinin belirlenmesinde etkili olan alan, pistonun veya silindirin mutlak alan değerleri değildir. O nedenle boyutsal ölçümlerle mutlak alan değerleri belirlense dahi, önemli olan piston-silindir ünitesinin efektif alan değerinin belirlenmesidir. Piston-silindir arasında bulunan ve clearance adı verilen ve 0,1-0,2 mikron mertebelerinde olan boşlukta etkili olan r^* yarıçapı gerçekte efektif alan değerini verir. Burada ise akış denklemlerinin piston-silindir ünitesinin yüzme mesafesi boyunca çözümlenmesi ile mümkündür.

Efektif alan değerinin belirlenmesini müteakiben, piston-silindir ünitesinin basınç altında ne kadar deforme olduğunun da ayrıca tespit edilmesi gereklidir. Aşağıdaki şekilde teorik olarak mükemmel boyutlarda üretilen bir piston-silindir ünitesinin gerçekte boyutsal ölçümlerde elde edilen sonuçlarını göstermekte olup, örnek olarak verilmiştir.



Tablo 1. PTB (Almanya) tarafından farklı kesitlerde açıl pozisyonda ölçümleri gerçekleştirilen bir piston-silindir ünitesi çap değerleri

Measurement position / mm	Piston Diameter / mm	
	0° – 180°	90° – 270°
14	35.332 25	35.332 32
0	35.332 47	35.332 51
-14	35.332 20	35.332 30
Measurement position / mm	Cylinder Diameter / mm	
	0° – 180°	90° – 270°
9	35.333 80	35.333 81
0	35.333 60	35.333 63
-9	35.333 80	35.333 82

3.3 Kütle Setlerinin Oluşturduğu Basınç Değerlerinin Belirlenmesi

Bu kalibrasyon yöntemi genellikle endüstride yaygın olarak kullanılan ikincil seviye DWT cihazlarının kalibrasyonlarında tercih edilir. Bu yöntemde piston-silindir ünitesinin efektif alan değeri, basınç distorsiyon katsayısı, ısıl genleşme katsayıları vb. parametrelere ihtiyaç duyulmaz. Kütlelerin oluşturduğu kuvvet

değerinin piston-silindir ünitesi üzerine etkimesi ile elde edilen basınç değerleri yüksek çözünürlükte referans bir basınç ölçer ile belirlenir ve bu değerler sertifikada sunulur. Bazı üretici firmalar kütlelerin üzerinde nominal basınç değerlerini de basılı olarak vermektedir. Burada kullanıcının dikkat etmesi gereken en önemli husus, kullanım sırasındaki ortam sıcaklığını ve kullanılan yerdeki yerçekimi ivmesinin dikkate alınarak referans basınç değeri üzerinde düzeltme yapma gereğidir.

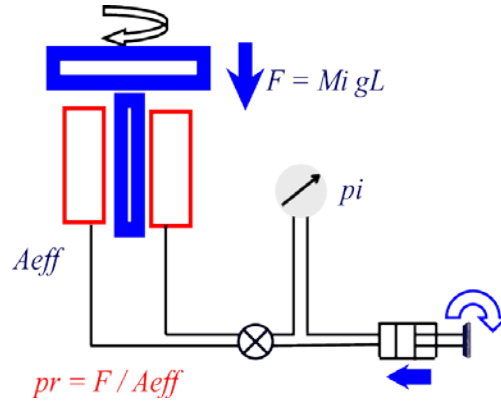
$$p = \frac{p_{nom} \cdot g_{yerel}}{g_c} \cdot [1 + (\alpha_p + \alpha_c)(t_{ref} - t)]$$

g_c Kalibrasyonun yapıldığı yerdeki yerçekimi ivme değeri (sertifikada verilir)

g_{yerel} Kullanıcının bulunduğu mahaldeki yerçekimi ivmesi

p_{nom} Nominal basınç değeri

$\alpha_p + \alpha_c$ Piston-silindir ünitesinin ısı genleşme katsayıları



Şekil 6. Kütle set değerlerinin oluşturduğu nominal basınç değerlerinin belirlenmesi ile DWT kalibrasyonu

4. ARA KONTROL YÖNTEMLERİ

Referans basınç ölçer olarak pistonlu basınç standardı (DWT) kullanan laboratuvarlarının karşılaştığı önemli problemlerden biri de bu cihazların ara kontrol ölçümlerinin gerçekleştirilmesidir. DWT cihazlarının en geç 5 yıllık periyotlarda kalibrasyonu yaygın olarak tavsiye edilir. DWT cihazında ana eleman piston-silindir ünitesinin alan değerinin değişip değişmediği, performansının devam ettiği ve kütle setlerinin değerlerinin sertifikada verilen değerler içinde olup olmadığının kontrol edilmesi önem arz etmektedir. Ara kontrol yönteminin de kalibrasyon metoduna yakın bir yöntem olması tabii ki en doğru yöntemdir. Ancak kalibrasyon sürelerinin uzunluğu ve çok yüksek maliyetlerde gerçekleştirilmesi nedeniyle kullanıcı cihazının ara kontrol ölçümlerini tekrar kalibrasyon ölçümüne benzer bir metotla yaptıramaz. Normal şartlarda ara kontrollerin kullanıcının kendi imkanları dahilinde yapması gereken faaliyetler olduğu bilinir. Kullanıcının böyle bir durumda DWT kalibrasyonu gerçekleştirebilecek yetkinlikte olması ve herşeyden önemlisi bu DWT cihazını kontrol edecek nitelikte referans bir cihaza sahip olması beklenir ki bu durum ülkemizde ulusal metroloji enstitüsünün dışında herhangi bir laboratuvarında henüz mümkün değildir. Yukarıda açıklanan nedenler esas alındığında, DWT cihazının ara kontrolünün yapılmaması kabul edilebilir bir durum değildir.

Öyleyse böyle bir durumda kullanıcının DWT cihazının performansını gözlemleyecek parametreler üzerinden ölçümler alması beklenilmelidir. Bu parametreler kalibrasyon sonuçlarına doğrudan etki eden parametrelerdir. Ara kontrol yöntemi olarak kullanıcılara önerilebilecek yöntemler;

4.1 Piston düşme hızının kontrolü: Bu yöntemde DWT cihazına ait pistonun düşme hızının önceden belirlenmesi veya üretici firma tarafından verilen teknik değerler çerçevesinde gözlenmesi önem taşır. Normal şartlar altında bir piston-silindir ünitesi , sistemde herhangi bir yağ/hava kaçağı yok ise en az 3 dakika boyunca yüzme seviyesinde 30 rpm (revolution per minute) ile durmaksızın dönmelidir. 3 dakika boyunca pistonun düşme hızı ölçülür. Pistonun düşme hızı basınç değerleri arttıkça artabilir. Bir pistonun düşme hızı için tek bir değer vermek doğru değildir. Örneğin 10 bar ile 1000 bar çalışma aralığında olan bir DWT cihazına ait pistonun düşme hızı 100 bar değerinde x mm/s kadar iken, 1000 bar değerinde 5x mm/s olabilir. Bu nedenle belirli basınç değerlerinde her pistonun düşme hızı yaklaşık 10 kere ölçülmek suretiyle ortalama bir değer tespit edilebilir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus özellikle hidrolik DWT cihazlarında kullanılan yağın üretici tarafından tavsiye edilen yağ ile aynı özelliklere sahip olmasıdır. Piston-silindir ünitesi arasındaki boşluğun (silindir çapı ile piston çapı arasındaki fark) 0,1..0,2 mikron değerlerinde olduğu göz önüne alındığında, istenilen viskoziteden yüksek bir yağ kullanılması durumunda piston normal olarak düşmeyecek olup, kısa bir süre sonra da dönmesi duracaktır. Bu nedenle kullanıcının DWT cihazının kalibrasyonu sırasında kullanılan yağ ve ölçüm alınan her basınç noktasındaki ortalama düşme hızlarını bilmesi gerekir. Bu ara kontrol metodunun 18 aylık periyotlarda cihazın ölçüm aralığı içinde en az 5 basınç noktasında yapılması sistemin performansının gözlenmesi için önem taşır. Düşme hızında beklenilmeyen değerler piston-silindir ünitesi efektif alanındaki değişikliğe işaret edebileceği gibi, sistemde bir kaçak olup olmadığına, sızdırmazlık elemanlarında bir deformasyon olup olmadığına da işaret etmek suretiyle sistemin performansının gözlenmesine yarar. Düşme hızını birincil seviye DWT cihazlarında sisteme dahil bir monitörden gözlenebileceği gibi, bu tür monitörlerin bulunmadığı DWT cihazları için piston üzerinde temassız olarak yerleştirilen bir lazer mesafe ölçer ile de kolaylıkla tespit edilebilir. Burada kullanıcıyı, ara kontrol yöntemi olarak DWT cihazının düşme hızını sadece bir kronometre ve gözle ölçmesi gibi yanlış bir uygulamaya yönlendirmemek gerekir. Çünkü belirsizlik değeri 30 ppm olan bir DWT cihazının düşme hızı belirleme yöntemi kesinlikle hassas bir cihazla olmalıdır.

4.2 Quartz tip sensörlü basınç ölçerler ile piston-silindir ünitesi tarafından oluşturulan basıncın kontrolü: Quartz esaslı sensörler günümüzde en hassas yapıya sahip olan sensörler olup, %0,0008 doğruluk değerlerinde basınç ölçerlerin üretiminde kullanılmaktadır. Endüstride ve akredite laboratuvarlarda kullanılan DWT cihazlarının, üreticiler tarafından beyan edilen en iyi doğruluk sınıflarının %0,025 ile %0,05 arasında olduğu göz önünde bulundurulduğunda %0,0008 doğruluk sınıfında quartz tip bir sayısal basınç ölçerle DWT cihazının ara kontrolü son derece başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu hususta yaygın ve yanlış bir kanı ise quartz tip basınç ölçerlerin yüksek maliyetinin laboratuvara gereksiz bir yük getireceği kanaatidir. Bu tip basınç ölçerlerin maliyeti DWT cihaz maliyetinin en çok 1/3 ü kadar olup, laboratuvar bu cihaz ile sadece kendi ara kontrollerini yapmayıp, akredite başka laboratuvarların ve endüstrideki dead weight tester cihazlarının kalibrasyonunu yapacak alt yapıya da sahip olabilir.

Bir DWT cihazın ara kontrolü denildiğinde hangi yöntem uygulanırsa uygulansın, piston-silindir ünitesi üzerine etki eden kuvveti oluşturan kütlelerin de mutlaka ara kontrollerinin yapılması gerektiği unutulmamalıdır.

SONUÇ

Birincil seviye basınç ölçer bir cihaz olan pistonlu basınç standartları, yaygın adıyla dead weight tester cihazları uygun kullanım ve koruma koşulları sağlandığında aynı performans ile 40 yıla varan sürelerde kullanılabilir. Bunun en iyi örnekleri Fransa Metroloji Enstitüsü BNM-LNE, İtalya Metroloji Enstitüsü INRIM ve Almanya Metroloji Enstitüsü PTB başta olmak üzere dünyanın önde gelen metroloji enstitülerinde halen başarıyla kullanılmakta olan DWT cihazlarıdır. Ülkemizde ise Ulusal Metroloji Enstitüsündeki ilk kullanılan DWT cihazları bugün 28 yaşına ulaşmıştır. Aradan geçen bu süre içinde ülkemizde halen TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Basınç Laboratuvarı dışında,

DWT cihazının kalibrasyonunu yapan akredite bir laboratuvar ortaya çıkmamıştır. Bunun en önemli nedenlerinden biri de akredite laboratuvarların, ikincil seviye DWT cihazlarının kalibrasyon yöntemini tıpkı TÜBİTAK UME tarafından gerçekleştirilen hassasiyette ve birinci sınıf DWT cihazlarına uygulanan yöntemle yapmak zorluğunda zannetmeleridir. Önemli olan kullanıcının ihtiyacı olan seviyede kalibrasyonu gerçekleştirecek bilgi ve donanımına sahip olmaktır.

TÜRKAK tarafından akredite edilen kalibrasyon laboratuvarlarının basınç kapsamlarında DWT cihazı ile en iyi ölçüm belirsizliği veren laboratuvar sayısı TÜBİTAK UME dahil yaklaşık 10 adet olmasına karşın, çok sayıda kullanıcının DWT cihazına sahip olduğu bilinmektedir. Çoğu zaman, kullanıcıların bu cihazları yüksek kalibrasyon maliyeti nedeniyle veya kullanacak yetkinlikte personeli olmaması nedeniyle atıl durumda tuttuğu görülmektedir. Ayrıca ülkemizde TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü dışında, herhangi bir akredite laboratuvarın EA çerçevesinde düzenlenen DWT kalibrasyonu konulu bir LAK faaliyetine katılamamış olması da ayrıca ülkemizin bu alanda da temsili açısından önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] EURAMET cg 3, Calibration Guide, Version 1.0 (03/2011)
- [2] MOLINAR, G. F., An Overview On Pressure Metrology, IMG-CNR, Torino, Italy (TÜBİTAK UME Basınç Grubu Paydaşlar Toplantısı), 2005
- [3] Dana R. Defibaugh and Douglas A. Olson, National Institute of Standards and Technology, NCSL International Workshop and Symposium, August 1, 2007
- [4] SAMADRO, R.A., EGA V. E., HAFID, H. , Calculation of Effective Area Based on Dimensional Measurement For 35 mm Diameter Piston-Cylinder Unit of KIM-LIPI Pressure Standard

ÖZGEÇMİŞ

İlknur KOÇAŞ KOZBE

Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Konstrüksiyon Bilim Dalında 1991 yılında Yüksek Lisans, aynı bilim dalında 1999 yılına Doktora öğrenimini tamamlamıştır. 1990-1999 yılında YTÜ Makine Fakültesi Konstrüksiyon Ana bilim Dalında Araştırma Görevlisi, 1999-2000 yılında ise Öğretim Görevlisi olarak görev yapmıştır. Metroloji ile ilgili çalışmaları, 2000 yılında göreve başladığı TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü Basınç ve Vakum Grubu Laboratuvarları Sorumluluğu ile başlamıştır. 2005-2011 yılları arasında EURAMET Yüksek Basınç Çalışma Grubunda ülkemizi temsil etmiş olup, EURAMET 834, EURAMET 861, EURAMET 1091 uluslararası karşılaştırma ölçümlerinde proje koordinatörü, EURAMET 1125 ve EURAMET 1170 projelerinde proje koordinatör yardımcısı ve EURAMET 740, EURAMET 499, EURAMET 1041, EMRP-14i projelerinde TÜBİTAK UME iş paketi sorumlusu olarak görev almıştır.

2011 yılında Avrupa Metroloji Enstitüleri tarafından aday gösterildiği IMEKO,TC16, "Pressure and Vacuum Measurements" Teknik Komite Bilimsel Sekreteryaya görevine seçilmiştir.

2005 yılından günümüze kadar TÜRKAK 17025 Akreditasyon denetiminde (150 nin üzerinde) Teknik Denetçi ve Baş Denetçi olarak görev almıştır.

2012 yılında TÜBİTAK UME'den Başuzman olarak emekli olan Dr. KOÇAŞ KOZBE halen İstanbul Gedik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde Öğretim Üyesi olarak çalışmalarına devam etmektedir.