

0,5 -35 MPa HİDROLİK BAĞIL BASINÇ ARALIĞINDA ÇALIŞAN PİSTONLU BASINÇ STANDARDI PROTOTİPİ TASARIMI ve İMALATI

Fatih BAĞLI¹, Rifat KANGI², M. Zafer GÜL³

¹TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü - UME, 41470 Gebze-Kocaeli TÜRKİYE
Tel: 262 646 63 55 E-Mail:fatih.bagli@ume.tubitak.gov.tr

²TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü - UME, 41470 Gebze-Kocaeli TÜRKİYE
Tel: 262 646 63 55 E-Mail:rifat.kangi@ume.tubitak.gov.tr

³Marmara Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü Kadıköy-İstanbul TÜRKİYE
Tel: 216 348 02 92 E-Mail:zgul@eng.marmara.edu.tr

ÖZET

Pistonlu basınç standartları, statik basınç ölçümünde kullanılan primer ölçüm cihazlarıdır. Mutlak veya bağıl basınç aralıklarında çalışan bu cihazlar laboratuvar çalışmalarının yanısıra endüstrinin de birçok alanında kullanılmaktadır. Yurtdışından satın alınması oldukça pahalı olan bu cihazların Türkiye'de imal edilmesi ve bunun düşük maliyetle gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

UME Basınç ve Vakum Laboratuvarı'nda 0,5-35 MPa hidrolik bağıl basınç aralığında çalışan ve farklı bir tasarıma sahip olan ikincil seviye bir pistonlu basınç standardı imal edilmiştir. Tasarım ve imalata ilişkin safhaların detaylı olarak anlatıldığı yeni tipteki bu cihazın basınç belirsizliği oldukça düşük (130 ppm) olup, cihaza ait elastik distorsiyon katsayısı (λ) ise 2×10^{-6} MPa⁻¹ olarak bulunmuştur. Karşılıklı dengeleme yöntemi kullanılarak 60 ppm belirsizlikle hesaplanan piston-silindir efektif alan değeri bu ölçümlere paralel olarak Boyutsal Laboratuvarı'nda çap ve form ölçümleri yapılarak 250 ppm belirsizlikle hesaplanmıştır. Bulunan değerler arasındaki fark yaklaşık 100 ppm olup, belirsizlik aralıklarının birbirlerini kapsadığı görülmüştür. Türkiye'de imalatı ilk kez gerçekleştirilen ve seri üretime uygun olan bu cihaza ait performans özellikleri bu çalışmada detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

1. AMAÇ

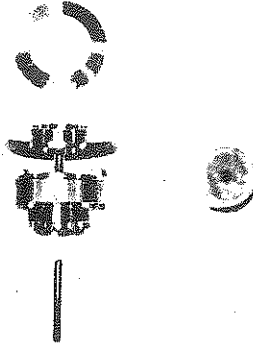
Hidrolik bağıl basınç modunda çalışması düşünülen yeni bir ikincil seviye pistonlu basınç standardının UME Basınç ve Vakum Laboratuvarı tarafından prototip olarak tasarlanarak imal edilmesi 1997 yılından beri planlanmaktaydı. Böylelikle başlatılan bu çalışmada öncelikle geçmişten bugüne yapılmış olan tasarımlar incelenmiş ve UME prototip basınç standardının tasarımının, ardından da imalatının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Özellikle rutin olan ve birincil seviyede hassasiyet gerektirmeyen kalibrasyonların yapılacağı bir cihazın ucuz şekilde imal edilmesi hem laboratuvarın kalibrasyon yükünün bir kısmını taşıması, hem de ileride endüstriye dönük tasarımların gerçekleştirilmesi yolunda önemli bir adım teşkil edecektir.

2. TASARIM VE ÜRETİM

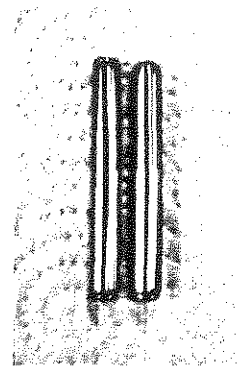
Cihaz ile ilgili tasarımların tümü Basınç ve Vakum Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiş, yapılan tasarımların imalata dönüştürülmesinde de büyük ölçüde UME Hassas Mekanik Atelyesi'nden faydalanılmıştır. Cihazın en önemli kısmı olan piston-silindir ünitesinin boyutsal toleranslarının oldukça küçük olması ve üretimde

kullanılacak malzemelerin yüksek mekanik özelliklere sahip olması gerektiğinden üniteye ait parçaların imalatı veya işlenmesi hassas tezgahlarda yapılması icap etmiştir.

Bu tasarımda, hareketli kısım iki parça olup, piston kafasının küresel olarak yuvarlatılmış alt kısmı ile noktasal temasta olan bir pistondan oluşmaktadır (Şekil-1). Böyle bir tasarım yoluna gidilmesindeki amaç, çalışma sırasında piston ile silindir arasında oluşabilecek radyal kuvvetlerin en aza indirilmesi, bu suretle piston ile silindir arasında sürtünme ve bunun sonucu olarak aşınma oluşmasının engellenmesidir. Piston kafası olarak tabir edilen ve pistonun üst kısmında bulunan parça UME'de imal edilmiş, piston ise hazır olarak satın alınmış (nominal 6 mm SKF rulman iğne masurası, sert paslanmaz çelik) ve piston kafasının altında işlenmiş bir küresel oyuk içinde çalışması için özel bir kuruluştaki [1] tek ucundan yuvarlatma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil-2). Silindir parça (WC: tungsten karbid) ise hassas mekanik işlem yapan bir kuruluştaki [2] imal edilmiştir.

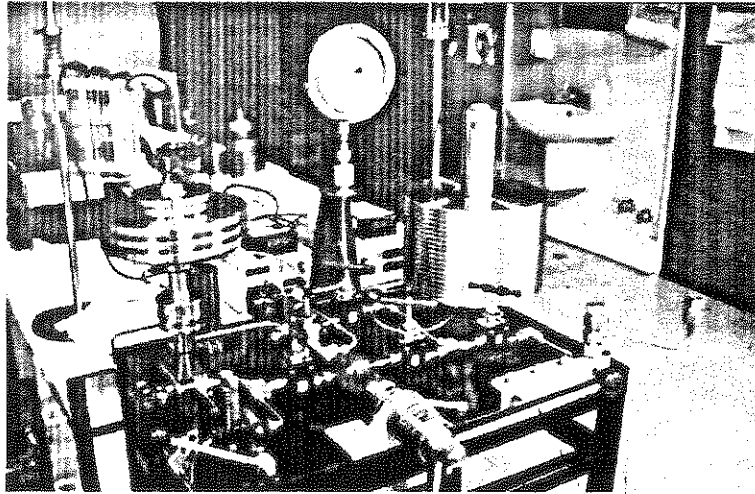


Şekil 1. Prototip Piston-Silindir Ünitesi



Şekil 2. Piston (uç kısmı yuvarlatılmadan önce ve sonra)

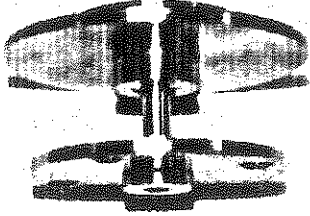
Basıncın oluşturulması için kullanılacak kütlelerin piston kafası üzerine yerleştirilmesi için de "bell-jar" olarak tabir edilen ve üretiminin UME'de gerçekleştirildiği bir kütle taşıyıcısından faydalanılmıştır (Şekil-3 ve Şekil-7).



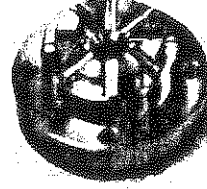
Şekil 3. Prototip Piston-Silindir Ünitesine Ait Kalibrasyon Düzenegi
(Prototip ünite düzenegin sağ tarafında görülmektedir)

Kalibrasyon düzenegi olarak ise 1998 yılı başında Basınç ve Vakum Laboratuvarı tarafından tasarlanıp imal edilen çok amaçlı kalibrasyon düzeneginden faydalanılmıştır (Şekil-3).

Pistonun silindir içinde olan düşey hareketini üstten ve alttan sınırlandırmak amacıyla piston kafasına sıkı geçme olarak takılan mil şeklinde ve ucu flanşlı bir parçadan faydalanılmıştır (Şekil-4). Alt kısımda gövdeye bağlanmış bir bronz parçaya, üstte ise bu bronz parçaya (Şekil-5) bağlanmış ve piston kafasına sıkı geçirilmiş milin içinde çalıştığı paslanmaz çelikten bir parçaya (Şekil-4) dayanan bu durdurucu eleman vasıtasıyla oluşturulmuş olan piston stroku yaklaşık olarak 15 mm'dir.

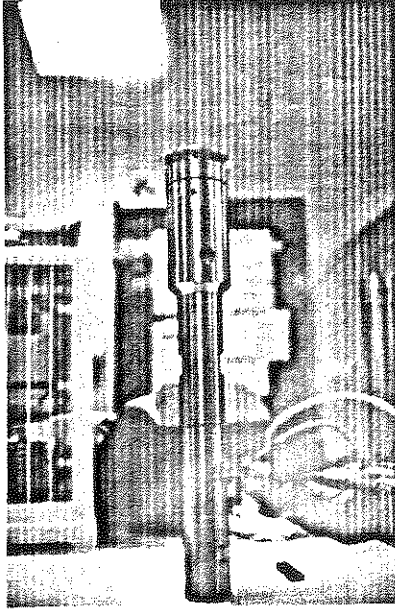


Şekil 4. Piston kafası, sıkı geçme olarak takılan ucu flanşlı mil ve üst durdurucu

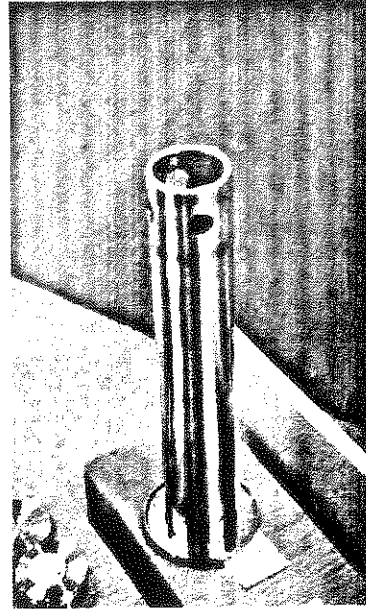


Şekil 5. Piston-silindir ünitesini gövdeye bağlayan bronz somun

Piston-silindir arasından sızan yağın tahliyesi için bronz parça üzerinde açılmış olan 8 adet kanal bulunmaktadır (Şekil-5). Bu kanallar dış kısımdaki faturada birleşmekte ve ana gövde (Şekil-6) üzerindeki 2 adet delikten yağın tahliyesi mümkün olmaktadır.



Şekil 6. Gövdenin genel görünüşü



Şekil 7. Kütle Taşıyıcısı (bell-jar)

Piston-silindir ünitesinin yerleştirildiği gövdenin üzerinde bir sıcaklık sensörü takılması için açık bir delik açılmış olup, deliğin piston-silindirin ölçüm bölgesine en yakın yerde olmasına dikkat edilmiştir (Şekil-6).

Piston-silindir ünitesinin kalibre edilmesinden önce sistemde mevcut olabilecek kaçakların tespit edilmesine gerek görülmüştür. Bunun için, ünitenin silindiri boyutlarında ve içi dolu bir silindirik paslanmaz çelik parça imal edilerek gövde içindeki yerine yerleştirilmiş, ve maksimum çalışma basıncına çıkılmak suretiyle sistemin kaçak kontrolü yapılmıştır. Sistemde herhangi bir kaçak bulunmamasına dayanılarak, piston-silindir ünitesinin çalışması sırasında oluşacak olan kaçakların tamamı ile piston ile silindir arasındaki kılcal boşluktan olacağı sonucuna varılmıştır.

Kütle taşıyıcısının imalatı için ise önce uygun çap ve et kalınlığında 316L paslanmaz çelikten bir boru satın alınmış, hassas mekanik işlemler uygulanarak et kalınlığı üniform olarak 1 mm'ye kadar azaltıldıktan sonra üst kısmından bir kapağa kaynatılmak ve alt kısmından da bir flanş eklenmek suretiyle son haline getirilmiştir (Şekil-7).

3. PİSTON - SİLİNDİR ÜNİTESİNİN EFEKTİF ALANININ BELİRLENMESİ

Prototip piston-silindir ünitesinin kalibre edilmesinde UME Basınç ve Vakum Laboratuvarı tarafından hazırlanmış 'Pistonlu Basınç Standardı Kalibrasyon Prosedürü' dökümanından [3] faydalanılmıştır. Buna göre, ortak bir hatta bağlanarak karşılaştırılan piston-silindir üniteleri, üzerilerindeki ağırlıklar hassas bir şekilde ayarlanarak denge konumu oluşturulduğunda, aynı basıncı ölçmektedir.

Tablo 1. Referans Piston-Silindir Ünitesinin Özellikleri

ÖZELLİKLER	
Ölçüm Aralığı (MPa)	1 – 60
Piston Malzemesi	Paslanmaz Çelik
Silindir Malzemesi	Paslanmaz Çelik
$A_{0,20}$ Atmosferik Basınç ve Referans Sıcaklıktaki Efektif Alan Değeri (m^2)	$(0,080646 \pm 0,0000004) \times 10^{-4}$
Basınç Distorsiyon Katsayısı (λ)	$41,5 \times 10^{-7} MPa^{-1}$
Piston Malzemesi Yoğunluğu (kg/m^3)	7800
Kütle Seti Üzerindeki Belirsizlik	13 ppm (8,22 kg'lık kütleler için)
Piston Ağırlığı (kg)	$(0,823400 \pm 0,000010)$
α_p , Pistona Ait Lineer Isıl Genleşme Katsayısı ($^{\circ}C^{-1}$)	22×10^{-6}
α_c , Silindire Ait Lineer Isıl Genleşme Katsayısı ($^{\circ}C^{-1}$)	22×10^{-6}
T_0 , Referans Sıcaklık ($^{\circ}C$)	20

Tablo 2. Prototip Piston-Silindir Ünitesinin Özellikleri

ÖZELLİKLER	
Ölçüm Aralığı (MPa)	0.5 - 35
Piston Malzemesi	SKF Rulman İğne Masurası (Sert Paslanmaz Çelik)
Silindir Malzemesi	Mühre (WC-Co Alaşımı)
Piston Malzemesi Yoğunluğu (kg/m^3)	7800
Kütle Seti Üzerindeki Belirsizlik	2 ppm (5 kg'lık kütleler için)
Piston Ağırlığı (kg)	$(0,448413 \pm 0,000010)$
α_p , Pistona Ait Lineer Isıl Genleşme Katsayısı ($^{\circ}C^{-1}$)	22×10^{-6}
α_c , Silindire Ait Lineer Isıl Genleşme Katsayısı ($^{\circ}C^{-1}$)	9×10^{-6}
T_0 , Referans Sıcaklık ($^{\circ}C$)	20

Tablo 3. Prototip Piston-Silindir Ünitesinin Kalibrasyon Sonuçları

$A_{0,20}$, Atmosferik Basınç ve 20°C Referans Sıcaklıktaki Efektif Alan Değeri (cm^2)	Basınç Distorsiyon Katsayısı, λ (MPa^{-1})	Ölçüm Noktaları
$0,28276711 \pm 0,00001556$	$0,000002 \pm 0,0000006$	16 artan ve 8 azalan basınç noktasında olmak üzere 24 adet ölçüm

Piston-silindir ünitesinin efektif alanı aynı zamanda boyutsal metrolojisinden de faydalanılarak tespit edilmiştir. 1994 yılında İtalya-IMGC'de yapılmış bir çalışma [4] izlenerek boyutsal ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler piston ve silindirin çeşitli seviyelerde ve açılarda çap ve form ölçümlerinden ibarettir. Aşağıda bulunan sonuçların mukayesesi verilmiştir.

Tablo 4. Hesaplanan Alan Değerlerinin Mukayesesi

$A_{0,20}$, Atmosferik Basınç ve 20°C Referans Sıcaklıktaki Efektif Alan Değeri (cm^2)		Belirsizlik (ppm)	Alan Değerleri Arasındaki Fark (ppm)
Basınç Metrolojisi	0,28276711	55	
Boyutsal Metrolojisi	0,28274817	250	98

4. SONUÇLAR

Piston-silindir ünitesinin efektif alanına ait belirsizlik değeri yaklaşık olarak 60 ppm, basınç üzerindeki toplam belirsizlik değeri ise 130 ppm'dir. Bu değerler [4] no'lu dökümanda anlatılan hesaplamalar sonucunda bulunmuştur.

Yapılan çalışma sonucunda UME Basınç Laboratuvarı ikincil seviyede basınç ölçümlerinde kullanılabilir, hidrolik tipte çalışan bir pistonlu basınç standardına sahip olmuştur.

5. KAYNAKLAR

- [1] Tezsan Takım Tezgahları, Gebze
- [2] Ufuk Kontrol Araçları, Maltepe
- [3] UME Basınç ve Vakum Laboratuvarı, "Pistonlu Basınç Standardı Kalibrasyon Prosedürü"
- [4] G.F.Molinar, A.Magiera, B.Rebaglia and A. Sacconi, "Dimensional Characterization and Calculations of the Effective Area of a Piston-Cylinder Unit (Number 6040) of CEM-SPAIN to be used in a EEC Intercomparison of Pressure Measurement", Rapporto Tecnico Interno R383, 1994