

PİSTONLU BASINÇ ÖLÇERLERDE ÖLÇÜM VE ÖLÇÜMÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Nejla ÖNSEL

Mak.Müh.

TSE Metroloji ve Kalibrasyon Daire Başkanlığı

SUNUŞ

Basınç ölçüm metodlarında temel olarak, ölçüm sonuçlarının doğruluğu açısından pistonlu basınç ölçerler tercih edilir. (Yalnız atmosferik basınç bölgelerindeki bazı dar ölçüm aralıklarında, civa kolonlu aletler daha iyidir.) Bunun dışında pistonlu basınç ölçerler bazı avantajlara sahiptir; taşınabilir, sağlam olmaları ve geniş bir aralıkta ölçüm yapmaları gibi.

Pistonlu basınç ölçerlerden doğru ölçüm ve optimum performans elde etmek için bazı ayrıntılara dikkat edilmelidir. Bu makalede ölçüme etki eden çevre, pistonlu basınç ölçerlerin sistemi ve bağlantıları, basınç sıvısı seçimi, temizlik gibi konulara değinilecektir.

0.GİRİŞ

Basınç ölçüm metodlarında temel olarak, ölçüm sonuçlarının doğruluğu açısından pistonlu basınç ölçerler tercih edilir. (Yalnız atmosferik basınç bölgelerindeki bazı dar ölçüm aralıklarında, civa kolonlu aletler daha iyidir.) Bunun dışında pistonlu basınç ölçerlerin birçok avantajlara sahiplerdir:

- taşınabilir olmaları,
- sağlam olmaları,
- geniş bir ölçüm aralığında ölçüm yapmaları (10 mbar'dan 15 kbar'a kadar)
- küçük ölçüm belirsizliği,
- uzun süre güvenilir ölçüm sonucu vermeleri,
- tekrarlanabilirliklerinin iyi olması v.s.'dir.

Bunların yanında iki dezavantajı ise;

- ara basınçlarının elde edilememesi

ve

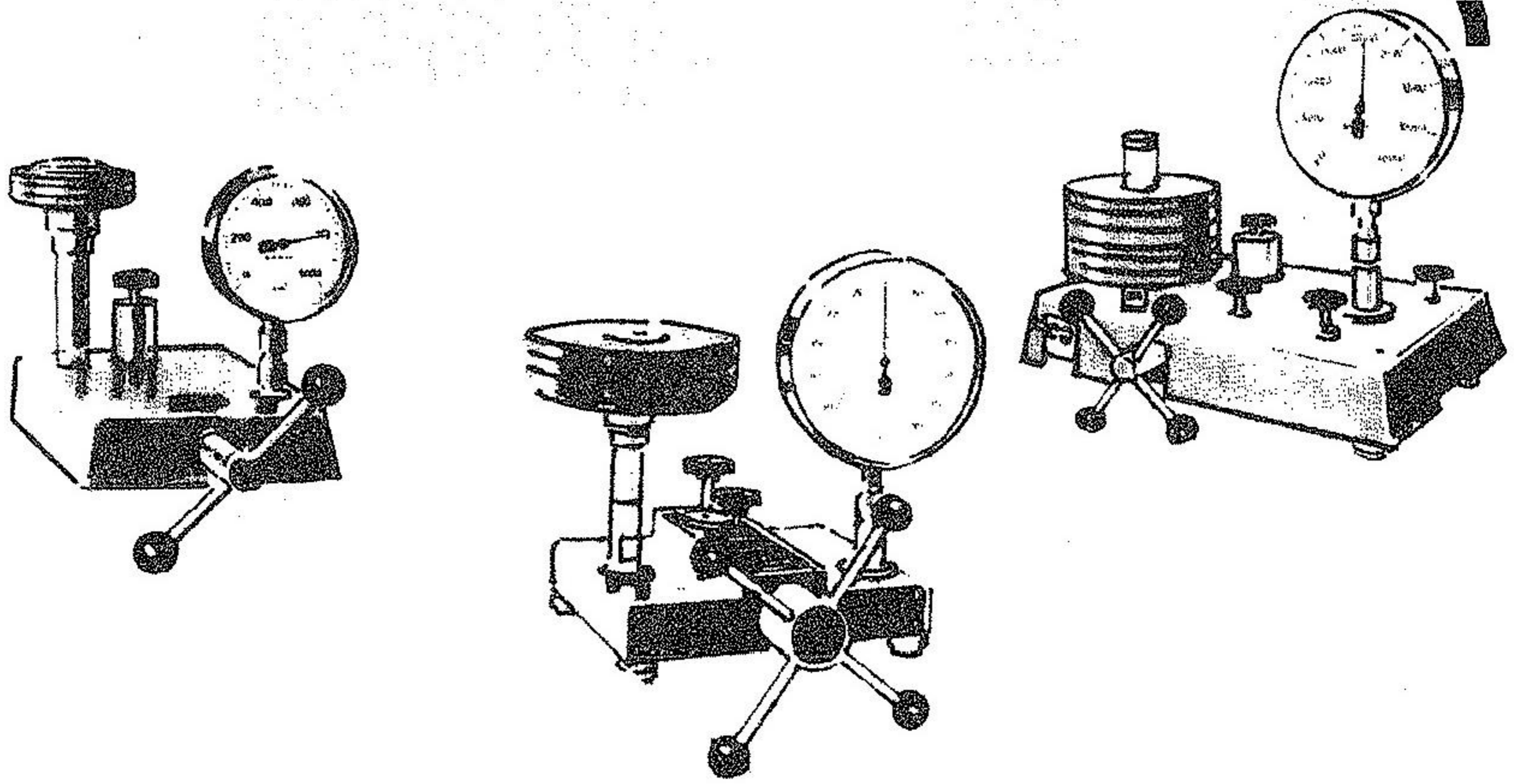
- bilgisayar kullanılmamasını

söyleyebiliriz.

1-PİSTONLU BASINÇ ÖLÇERLER

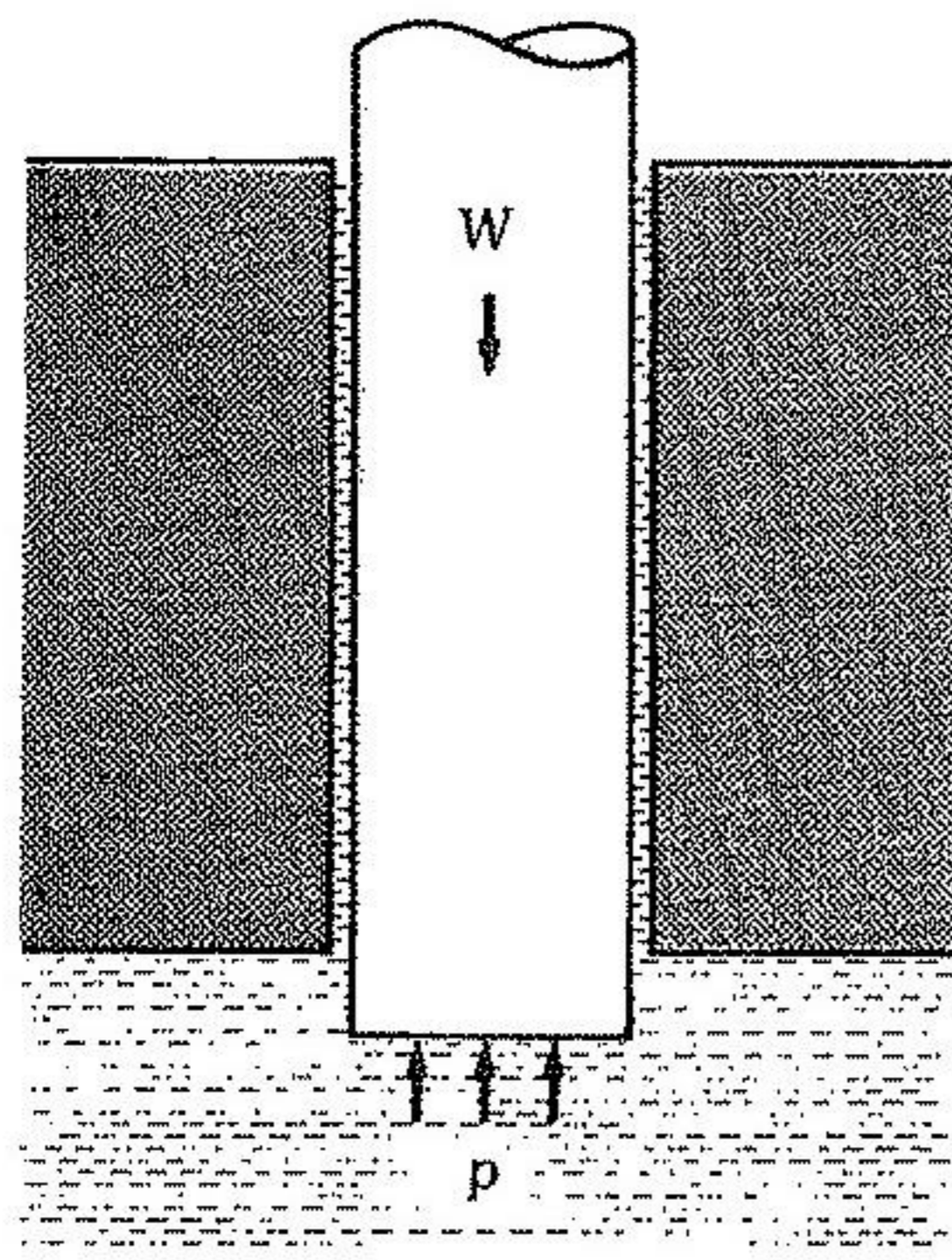
1.1- Temel Tasarımlar

Pistonlu basınç ölçerler de; akışkan içerisinde serbestçe yüzen piston üzerindeki kütleler ile basıncı dengeleyen kuvvet meydana getirilir. Yüksek doğruluklara ulaşabilmek için piston ve silindirin iyi işlenmiş yüzeyli, düzgün ve kesitlerinin daireye çok yakın olması, aralarındaki açıklığın mümkün olduğunca küçük olması gerekir. Bu sistemlerde sürtünmenin en aza (mikron seviyesinde) indirmek için piston kütlelerle birlikte döndürülür ve böylece pistonun silindir içerisinde tam ortada durması sağlanır.

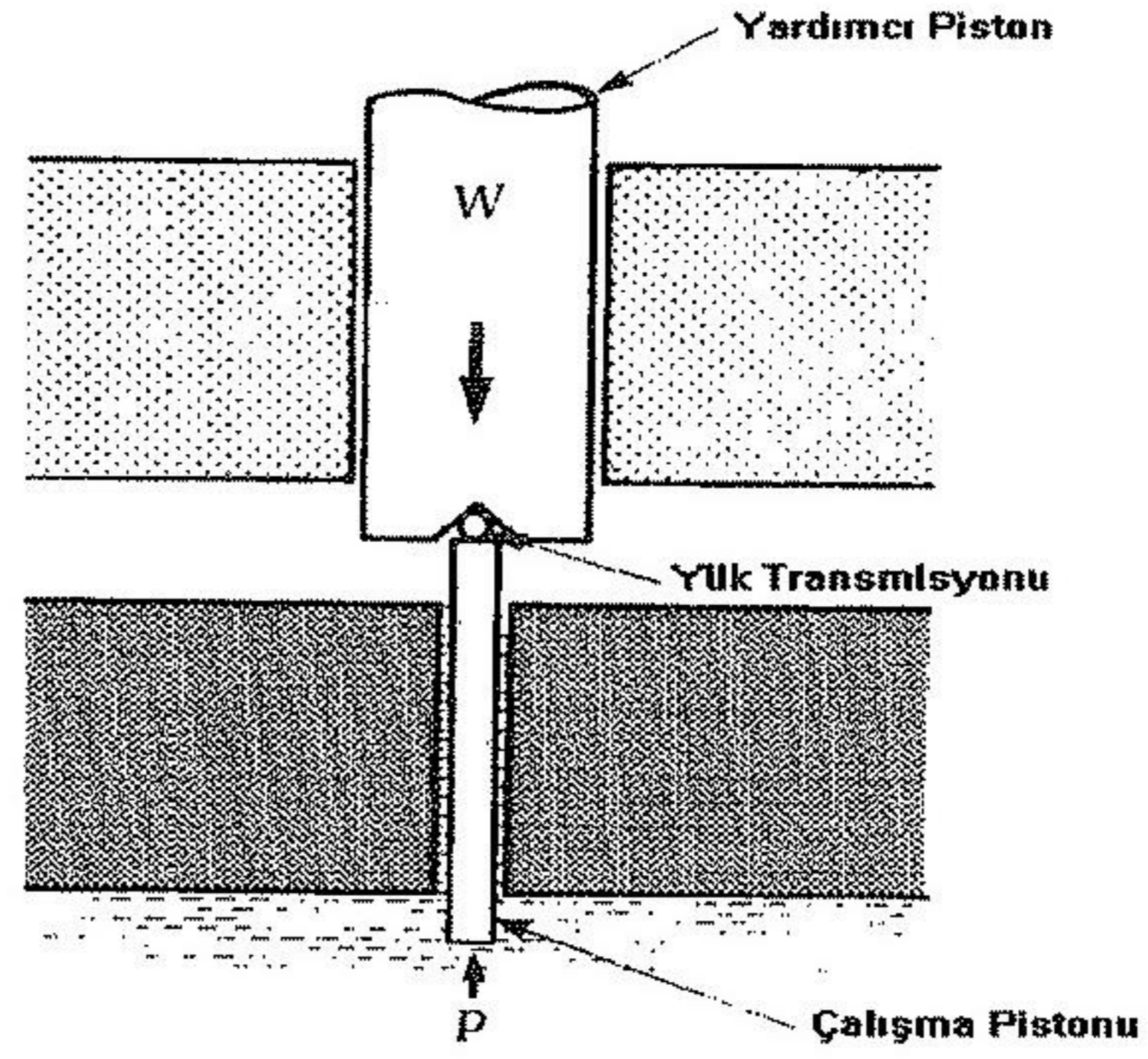


Şekil 1. Pistonlu Basınç Ölçerlere Örnekler

Temel olarak piston-silindir düzeneğinde 3 tip tasarım mevcuttur. Genellikle kullanılan ve Şekil 2(a)'da gösterilen basit tip piston-silindir düzeneği gösterilmiştir. Pistonun tabanı üstüne ve piston-silindirin uzunluğu boyunca basıncı ileten akışkan hareketi, yüksek basınçta akışkanın aşırı kaçaklarına sebep olan mekanik deformasyona sebep olur. Bu gibi pistonlu basınç ölçerler sadece limitlendirilmiş basınç aralıklarının üstünde kullanılabilir. Uygun tasarımla 800 MPa basınca kadar başarıyla kullanılabilirler. Yüksek basınç cihazlarının tasarımı iki yönden değişiklik arz eder. Birincisi sık sık alçak basınçlarda uyum karışıklıklarıyla, piston-silindir arasındaki yarıçapa ait uzaklık daha küçüktür. İkinci olarak Coaxial yardımcı piston yoluyla çalışan pistonu uygulanan yük Şekil 2(b)'de bu ayarlama, yükü pistonu vermiş olan kavisli hareketleri azaltır. Bu teknik diğer pistonlu basınç ölçerlere de uygulanır.

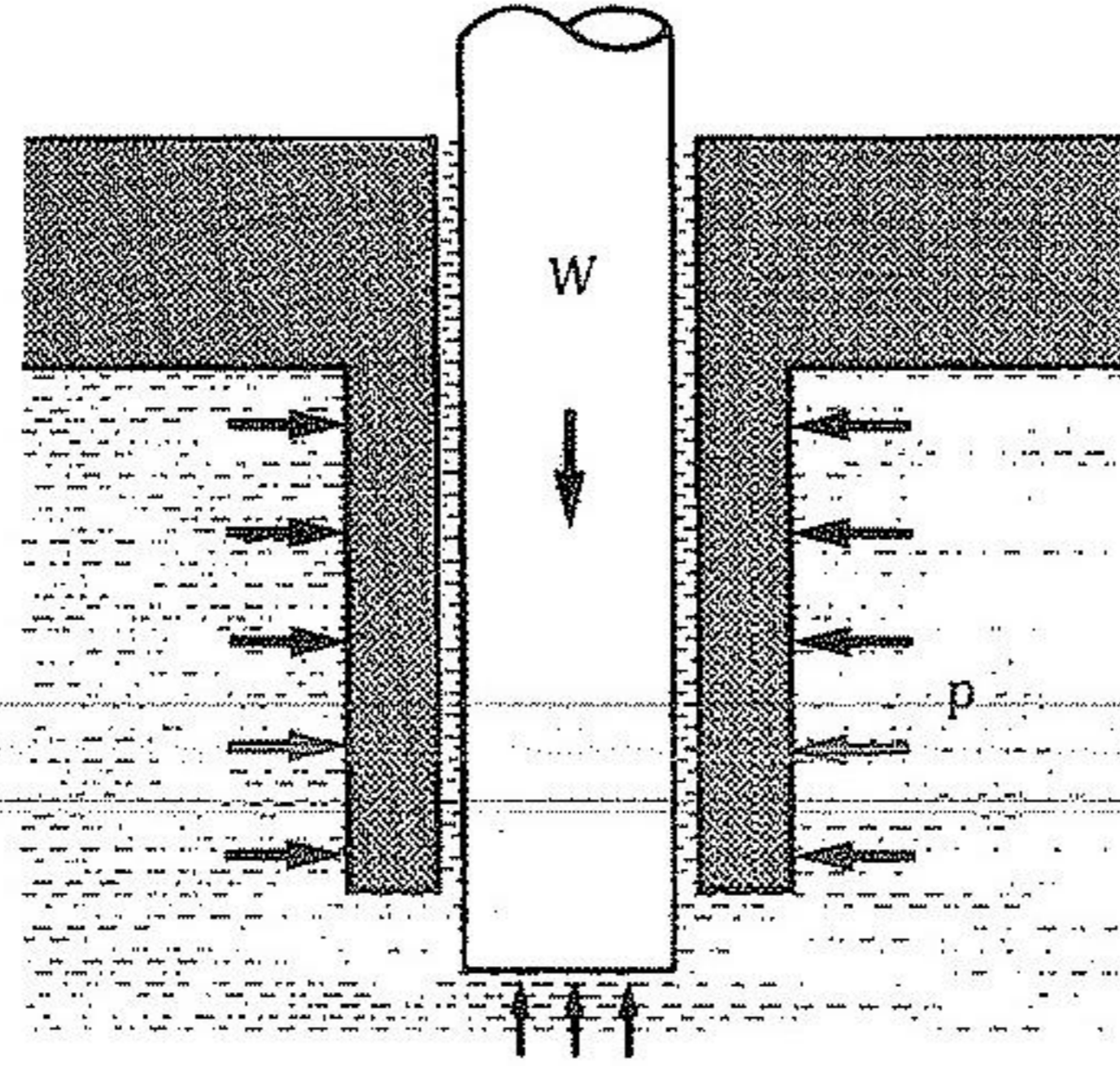


Şekil 2(a) Basit Piston - Silindir Düzenegi



Şekil 2(b) Coaxial Yardımcı Pistonlu Basit Piston-Silindir Düzenegi

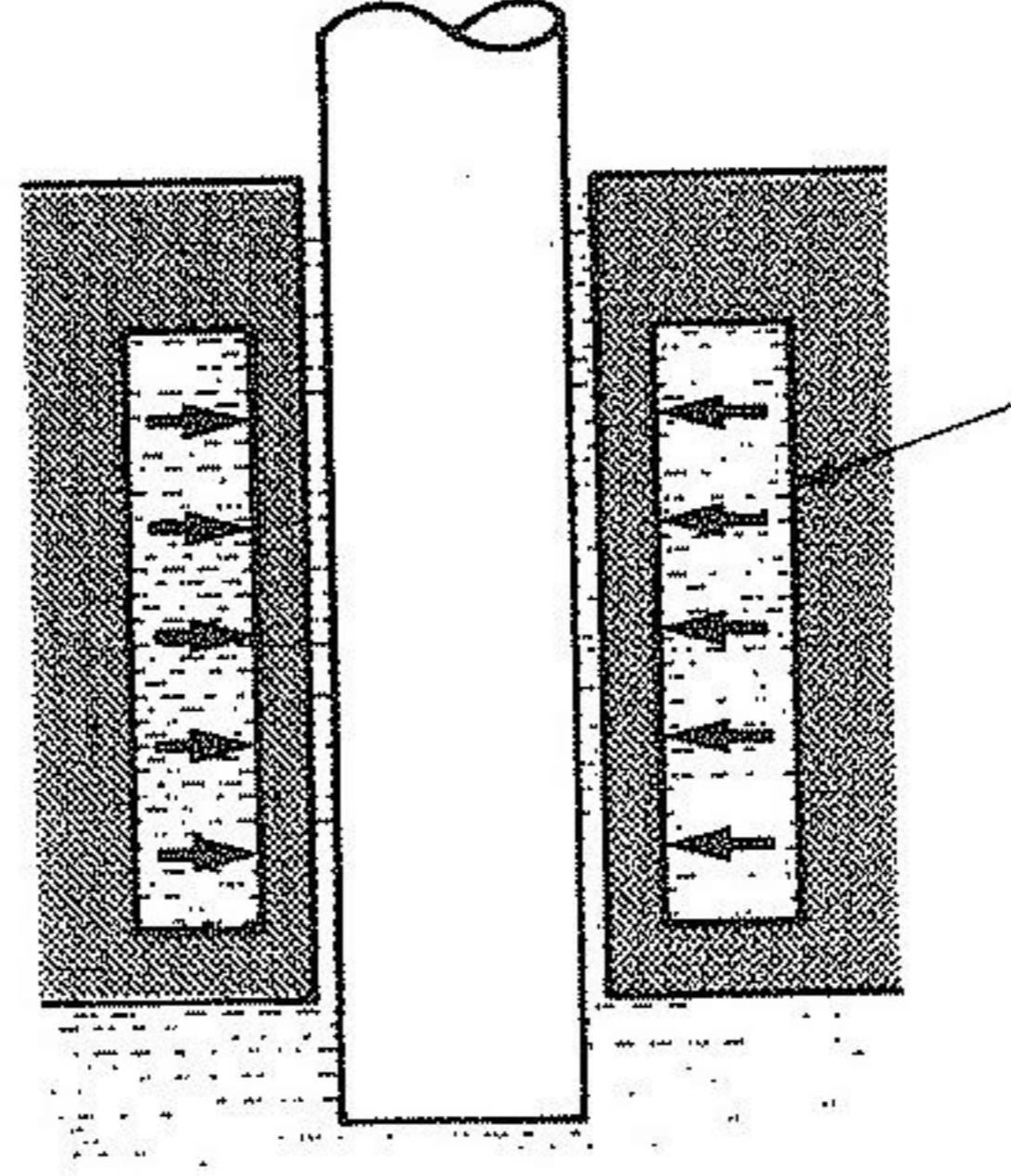
Yüksek basınçta aşırı akışkan kaçaklarının üstesinden gelmek için iki ayrı temel tasarım oluşturulmuştur. Bunların en basiti tekrar girişli (re-entrant) tip olarak adlandırılır. Basıncı ileten akışkan sadece piston tabanına ve piston-silindir arasındaki uzunluğa değil ayrıca silindirin dış yüzeyine de tesir eder. Bu dış basınç piston ve silindir arasındaki uzunluğu kısaltır. Böylece akışkan kaçağı azalır. Tipik bir tasarımı da Şekil-3'de görülmektedir.



Şekil 3 - Tekrar Girişli Piston-Silindir Düzenegi

Üçüncü tasarımda, bağımsız basınç sisteminde, değişken akışkan basıncı, P_j , silindirin dış yüzeyine uygulanır. Böylelikle piston silindir arasındaki aralığın kontrolü sağlanır. Böyle bir durum Şekil-4'de verilmiştir. Prensipinde bu tasarım sadece bir piston-silindir düzenegi kullanılarak basıncın

çok geniş aralığını içine alır. Pratikte her bir basınç aralığı için en iyi hassasiyeti elde edebilmek için bir seri cihazın kullanılması daha uygun olur. Bu tip pistonlu basınç ölçerler genel olarak yüksek basınç uygulamalarında kullanılır. Genellikle uygulaması diğer iki tasarımdan daha zor olması sebebiyle ticari anlamda uygun değildir.



Şekil 4- Silindir Üstüne Uygulanan Değişken Dış Basıncı (P_j) Piston-Silindir Düzenegi

Pistonlu basınç ölçerler normal olarak iki ana katagori içinde bulunur. Bunlar basıncı ileten akışkan olarak yağ kullanılması ve bunlar hava ve diğer uygun aynı gazın kullanılmasıdır. (Örnek nitrojen) Son tiplerde bazen piston-silindir düzenegi etrafındaki ambient boşluğun boşaltılması kolaylığı getirir, kullanımlarında "mutlak" ve bununla birlikte "gauge" basınç ölçümlerine izin verir.

2- BASINCIN ÖLÇÜMÜ

2.1- GENEL

Tanımlanmış seviyedeki bir sistemde uygulanan basınç (gauge veya mutlak) aynı seviyede sistem içindeki basıncın dış basıncı aşmasıyla tanımlanmaktadır. Pistonlu basınç ölçerler kullanılarak uygulanan basıncın ölçülmesi için; piston-silindirin efektif alanının bilinmesi ve yüzer eleman üzerine uygulanan aşağı doğru toplam kuvvetin hesap edilmesi gereklidir.

Esasen;

$$P = \frac{W}{A_{p,t}}$$

Burada;

p : uygulan basınç

W : Aşağı doğru toplam kuvvet

$A_{p,t}$: Uygulanan basınç (p) ve sıcaklık t ($^{\circ}C$) deki piston-silindir düzeneginin efektif alanı.

Normal olarak, pistonlu basınç ölçerlerin kalibrasyonu referans sıcaklıkta (örneğin: 20 °C) efektif olan değerini verecektir. Uygulanan basıncın üstündeki efektif alanın bağımlılığı basit matematiksel bağıntı ile açıklanabilir. Uygulanan basıncın eğik aralıklarının ihtiva edildiği yerde, basınç bağımlılığı önemsenmeyebilir. En yaygın olarak alındığında basınç bağımlılığının lineer formda açıklanabildiği durumda;

$$A_{p,20} = A_{0,20} (1 + ap)$$

a: genel olarak düzeneğin basınç derformasyon katsayısı olarak açıklanır ve basınç birimine göre alanda fonksiyonel değişimi gösterir.

Böylece;

$$A_{p,t} = A_{0,20} (1 + ap) [1 + (\alpha_p + \alpha_c)(t - 20)]$$

α_p ve α_c ; piston ve silindirin materyallerinin °C'den ısı genleşme lineer katsayılarını gösterir.

Yukarıdaki eşiklikte, $A_{p,t}$ 'yi hesaplarken daha çok uygulanan basıncın nominal değerini kullanmak yardımcı olabilir.

Aşağı doğru toplam kuvvetlerin hesaplanması, başta görüldüğü gibi açık değildir. Eğer yüksek doğrulukta basınç ölçümleri yapılacaksa, birçok düzeltme yapılması gerekir. Farklı düzeltme terimlerinin önemi basınç ölçümü için gereken doğruluk seviyesini dayanır.

3-Pistonlu basınç ölçerlerde doğru ölçüm ve optimum performans elde etmek için bazı ayrıntılara dikkat edilmelidir. Diğer bütün geniş kullanımlı cihazlar gibi, pistonlu basınç ölçerlerde sürekli gelişmekte olup bütün değişkenlerine değinmek mümkün değildir. Mamafih bu bildiride daha çok genel noktalar verilecektir.

3.1-ÇEVRE

Genel çevresel gereksinimler temizlik ve titreşimsiz bir ortam iyi bir ölçümün normal de ihtiyacı olan doneleridir. Ortam mümkün olduğunca hava akımından arınmış olmalıdır. Bazı gazla çalışan pistonlu basınç ölçerlerde ağırlığın üzeri geniş bir fanus ile çevrilirlerki hava akımından etkinlenmeyen bir ölçüm sonucu oluşsun. Diğer bütün çeşitlerde hava akımından kaynaklanan etkileri azaltmak için filtre kullanılmalıdır. Air condition bulunan birimlerde bu etkinin önemini anlamak için air condition kapatılır ve ölçümde meydana gelen değişiklikler gözlemlenerek air conditionun önemi anlaşılabilir.

Piston-silindir düzeneğindeki sıcaklığın her yerde aynı olması gerektiği için ortam doğrudan güneş ışığına maruz kalmamalıdır. Ortamdaki sıcaklık sürekli ölçülmelidir ki referans sıcaklığına göre olan değişiklikler hesaba katılabilir.

Pistonlu basınç ölçerlerde etkili alan piston ve silindirin genişlemesinden dolayı sıcaklıktan büyük ölçüde etkilenmektedir. (Takım çelikleri için sıcaklık doğrulaması °C başına 1/1.000.000'dır.) Termometrenin bulunduğu yerle sıcaklık kaynağının bulunduğu yerin uzaklığı önemlidir. Termometre piston-silindir düzeneğine yakın bir yerde monte edilmeli tercihen de silindir ünitesinin üstüne monte edilebilir.

Pistonlu basınç ölçerin çalıştığı sıcaklık aralığında tatmin edici çalışmanın elde edilmesi bazı kısıtlamalara tabidir, özellikle piston silindirin ısı genleşme katsayıları farklı malzemelerden yapılmışsa ki böyle bir kısıtlama üretici firma tarafından belirtilir.

Pistonlu basınç ölçerlerin sağlam ve mekanik bakımdan kararlı bir dayanağı bulunmalıdır. Bu pistonu, dayanak eğilmeden yükleme yapabilmeyi sağlar. Bu cihazlar manyetik ve elektrostatik alanlardan uzak tutulmalıdır.

3.2-BASINÇ TESİSATI VE SİSTEM DÜZENEGİ

Basınç tesisatı ve sistem düzeneği ile basınç ölçeri bağlamaya yarayan tüpün seçimi çeşitli faktörlere bağlıdır. En önemlisi maksimum basınçta güvenli ölçümdür. Üreticinin bu konuda sağladığı bilgiler parçaların çalışma alanlarından çok kötü koşullarda nasıl bir performans gösterdiği üzerine ise çok yararlıdır. (Mesala: yüksek sıcaklık)

Tüpün montajında şu konular göz önünde bulundurulmalıdır.

En önemli özelliği yüksek sıcaklıkta güvenli olabilmesi ve olabildiğince küçük hacimli olmasıdır.

Bunun iki sebebi vardır;

Birincisi, özellikle gazlarda ani basınç açığa çıkmasında önemli olan sistemde depo edilen enerjinin minimize edilmesi ile ilgilidir. İkincisi; basınçtaki küçük değişikliklerin hesaba katılabilmesi için gazı açığa çıkarma zamanının azaltılması ile ilgilidir.

Pistonlu basınç ölçerlerdeki gazın boşaltılması önemli olduğu yerlerde titreşimin pompalama sisteminden basınç ölçere aktarılabilmesi için esnek hortum kullanılmalıdır. Boşaltılma sırasında hortumun büzülmesinden dolayı eğilmelerin olmamasına dikkat edilmelidir. Pistonlu basınç ölçer monte edildiğinde kaçaklar kontrol edilmelidir. Yağ sisteminde kaçaklar, basınç sistemindeki bağlantılar gözle incelenmesi ile yapılabilir. Bu çalışacak maksimum basınçta uygun zaman aralığında yapılmalıdır. ½ saat gibi. Bağlantılardaki yağlar bu kaçağın delilleridir. Gaz kaçakları sabunlu solüsyon ile test edilebilir. Eğer piston-silindir montesi izole edilebilirse sistemin geri kalan bölümü termal kararlılık elde edildiğinde sisteme basınç ölçer eklenerek gözlemlenebilir.

Yağ sisteminin kontrolünde hapsedilmiş havada gözlemlenebilir. Sistemin sıkıştırılabilmesindeki artış için hapsedilmiş hava aşağıdaki şekilde gözlenebilir, sistem ilk basınçlamaya yavaş cevap verir ve pistonlu basınç ölçerin kapalı olduğu yerlerde piston daha fazla şişme gösterir, hapsedilmiş hava akım başı doğrulamalarında hataya sebep olur, özellikle düşük basınçlarda küçük basınç aralıklarının ölçülmesinde büyük hataya sebep olur.

3.3-BASINÇ SIVISININ SEÇİMİ

Yağla çalışan sistemlerde, sistemin ihtiyacına göre yağ seçimi değişir. Örneğin, çabuk tepki ve yükün rotasyonunun yavaş azalması isteniyorsa düşük viskozite, pistondaki kaçağı azaltmak için de büyük viskozite istenir. Bazı parçalar için her yağ uygun olmayabilir. Örneğin bağlantı

yerleri için ikinci önemli faktör elektrik iletkenliğidir ki piezoelektrik ölçerlerin kullanıldığı yerlerde önemlidir.

Bu konuda üreticinin tavsiyeleri dikkate alınmalıdır. Gazla çalışan basınç ölçerlerde genellikle hava filtresi ve oksijensiz nitrojen kullanılır. Genelde oksijensiz nitrojen daha az problemli olduğu için tercih edilir.

3.4- SEVİLENDİRME

Sevilendirme amacını piston-silindir montajının dikey tutulabilmesidir ki yerçekimi dikey eksen boyunca etkir. Sevilendirme genellikle ayarlanabilir ayaklarla yapılır. Bazı basınç ölçerlerdeki seviyelendirme, tabana yerleştirilen sıvı seviyesi ile ayarlanır, doğrudan yüklemeli çeşitlerde (pistonun tepesinden destekli) sıvı seviyesinin, piston tepesine yerleştirilmesi ile yapılır. Seviyelendirme ayarlaması pistonun tam bir rotasyonu sırasında yapılır. Rotasyon sırasında piston eksenini dikey iken, sıvı seviyesinde herhangi bir değişiklik olmamalıdır. Sağlam desteği olmayan çeşitlerde seviyelendirme, silindirin tepesi referans alınarak yapılır.

Bu bize; piston silindir düzeneğinin ekseninin dik olmasını ve yerçekimi kuvvetinin pistonun eksenini boyunca olmasını sağlar.

Eğer piston dikey eksene göre θ açısı kadar eğilirse, piston ekseninin etkin çekim gücü W ;

$$W' = W \cos \theta \\ \cong W(1 - \theta^2 / 2)$$

W ; Yüke etki eden toplam çekim gücüdür ve θ radyan cinsindedir.

Hatanın 1 ppm'den küçük olabilmesi için θ 'nın 5 arcmin'den küçük olması lazımdır.

Hatanın 10 ppm'de küçük olabilmesi için θ 'nın 15 arcmin'den küçük olması lazımdır.

3.5-TEMİZLİK

3.5.1- Piston-silindir düzeneği

Piston-silindir düzeneğinin temizliği çok önemlidir. Çeşitli temizleme tekniği uygulanmasına rağmen üreticinin tavsiyesi göz önünde bulundurulmalıdır. Genel olarak gazla çalışan sistemlerde çözücü ile temizlik yapılmalıdır. Yüzey parlatılmalıdır ve kuru hava yüzeye püskürtülmelidir. Filtre edilmiş gaz kullanılmalıdır. Kalıntı bırakmayan çözücü kullanılmalıdır. Yağla çalışan sistemlerde, çözücü gerekli değildir, sistemin montajından önce az bir yağ tabakası yüzeye uygulanmalıdır. Yüksek basınçlı gazla çalışan sistemlerde sabunlu su temizliği uygulanmalıdır, daha sonra sıcak su temizliği uygulanmalıdır. Piston ve silindir yüzeyine elle dokunulmamalıdır. Gazla çalışan sistemler kirli ise tam olarak çalışmaz ve açılmalazmaları yüksektir ve düşük basınçlara olan tepkisi yavaştır. Bunların herhangi birisi görüldüğünde hemen temizlik yapılmalıdır.

3.5.2- Ağırlıklar

Ağırlıktaki herhangi bir pislik varlığı, ağırlıkta değişiklik yapar, bu yüzden ağırlıkların yağ ile kirlenmesi önlenmelidir. Toz önleyici örtü önerilir.

3.5.3- Akışkan Sistemi

Akışkan sistemindeki yabancı maddeler piston-silindir düzeneğine zarar verebilir. Küçük delikli yüksek basınçlı sistemlerde yabancı maddeler tıkanıklığa sebep olabilir. Filtre kullanılması şarttır. Fakat filtrelerin pozisyonu çok önemlidir; piston silindir düzeneği ile kalibre edilen cihazın arasında olmamalıdır. Bu filtreye paralel bir by-pass vana ile sağlanabilir.

3.6-TAŞIMA

Piston silindir düzeneğinin montajı sırasında bazı önlemler alınmalıdır. Basınç ayar parçalarının temizlenmesinden sonra, parçaların sıcaklığının montajdan önce eşitlenmesi sağlanmalıdır. Montaj, piston-silindir arasında herhangi bir açılmal boşluğu sebep olmamak için dikkatli yapılmalıdır. Gazla çalışan sistemlerde temizliğin kontrol edilebilmesi için ağırlık olmadan pistonun çevrilmesi ve ağırlık oranının azalması iyi bir pratiktir. Azalma oranının çok yavaş olması parçaların temiz olduğunun kanıtıdır. Ancak bu ortamda çalışılır.

Ağırlıklar taşınırken kirlenmeyi engellemek için temiz eldiven kullanılmalıdır. Bu aynı zamanda sıcaklık değişimini de engeller. Ağırlıklar ağırlık taşıyıcıya dikkatle yerleştirilmelidir. Bu özellikle taşıyıcıdan ağırlığa herhangi bir şok iletilmesi varsa çok önemlidir.

Pistonun kenar sınırlara aniden yükselmesine veya düşmesine sebep olacak basınç değişiklikleri engellenmelidir. Piston kenar sınırlarda iken herhangi bir yükleme yapılmamalıdır.

KAYNAKÇA

The Pressure Balance-A practical guide to its use -Sylvia Levis ve Graham Peggs