



PNÖMATİK SİLİNDİRLERDE YASTIKLAMA DİNAMİĞİNİN İNCELENMESİ

Necip ÇAYAN

ÖZET

Pnömatik silindirler modern endüstriyel otomasyon uygulamalarında bir çok farklı amaca yönelik olarak kullanılmaktadır. Kontrol sistemlerindeki gelişime paralel olarak kullanılan tahrik elemanları da bu ilerlemeye ayak uydurmuş ve manyetik algılama, yataklama, yastıklama gibi bazı temel özellikleri içeren versiyonları geliştirilmiştir.

Pnömatik silindirler delme, zımbalama, perçin çakma, dış çekme, indirme/kaldırma itirme/çekme, sıkma, durdurma ve benzeri birçok işlevi yerine getirebilir. Temel olarak bir silindirin ölçüsü ihtiyaç duyulan kuvvet ve bu kuvvete ulaşmak için gereken basınç değeri göz önüne alınarak hesaplanır. Ancak bazı durumlarda sadece silindirin taşıyabildiği maksimum yük değil, aynı zamanda bu yükü ne kadar hızla hareket ettirdiği ve ne şekilde durduracağı da önem kazanmaktadır. Herhangi bir silindir, doğru projelendirilmiş valf ve tesisat elemanları ile birlikte kullanıldığında oldukça yüksek hızlarda hareket eden dinamik bir yapıya kavuşabilir.

Pnömatik yastıklama olarak bilinen frenleme veya durdurma dinamiği, özellikle kısa çevrim süreli veya bir başka ifadeyle yüksek hızlı sistemlerde özellikle hesaba katılmalıdır. Kapasitesinin çok üzerinde dinamik yüklere maruz kalan silindirlerin ömrü çok ciddi oranlarda azalmakta, gereğinden daha fazla yastıklama bulunması durumunda ise çevrim süresi uzayarak zaman ve iş kaybı yaşanabilmektedir. Bu çalışmada öncelikli olarak statik kuvvet hesaplarının ötesinde hareket ettirilen yük ve bu hareketin hız bileşenine bağlı olarak oluşan dinamik nicelikler ve temel ampirik formüller incelenecektir.

ABSTRACT

Pneumatic cylinders are being used in almost all industrial applications to handle many different tasks. Together with the improvements in the control technology, pneumatic drive elements are also modified to include contactless sensing, guiding, cushioning etc.

Pneumatic cylinders can be used for drilling, embossing, riveting, threading, lowering and raising loads, push/pull movements, pressing, handling etc. The most basic design criteria is to select a cylinder that is capable of providing a definite force under a certain pressure level. In certain cases, however, not only the effective load acting on the piston, but also the velocity of the motion and how the moving mass will be decelerated or cushioned must be taken into consideration. A well projected cylinder and correctly dimensioned control valves and piping would result in a highly dynamic drive element.

Cushioning can be defined as the braking action of a pneumatic cylinder just before it reaches the end position. As the system gets more dynamic, i.e. velocity is increased and cycle time is reduced, cushioning characteristics of a cylinders becomes more important. Underdesigned pneumatic cylinders that are subjected to loading conditions beyond their cushioning capacity will have shorter service lives. On the other hand, overdesigned cushioning is also not acceptable in certain cases as it would increase the cycle time and lower productivity. This study is aiming to show the dynamic behaviour of pneumatic cylinders and cushioning characteristics under different load and velocity

conditions and present some empirical formulas and basic design rules found from experimental studies.

1. PNÖMATİK SİLİNDİRLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

1.1 Temel Bilgiler ve Terimler

Pnömatik silindirlerde yastıklama konusunun detaylarına girilmeden önce silindirlerin yapıları, kontrol devreleri, tanımlamalar ve yastıklama tipleri gibi temel bilgiler çok temel seviyede incelenecektir.

1.1.1 Pnömatik Silindirler – Genel Bilgiler

Pnömatik silindirler endüstrinin bütün alanlarında çeşitli işlevleri yerine getirecek şekilde kullanılmakta ve kullanım yerleri ve alanları gün geçtikçe artmaktadır. Taşıma, paketleme, ilerletme, sürme v.b. birçok işlem, doğrusal hareket elemanları yardımıyla kolayca yapılabilmektedir.



Şekil 1. Endüstride Pnömatik Silindir Uygulaması

Bazı uygulamalarda sadece doğrusal hareket değil, belirli bir dönme eksenini etrafında dolaylı yoldan dairesel hareketler elde etmek mümkündür.



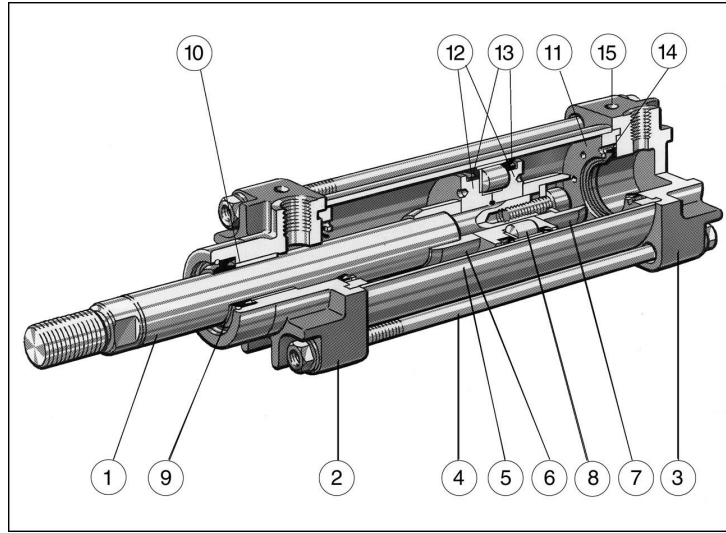
Şekil 2. Endüstride Pnömatik Silindir Uygulaması

Pnömatik silindirlerin genel yapıları ve işlevleri çok benzer olmakla beraber çok farklı uygulama alanlarında ve çevresel şartlar altında çalışabilecek şekilde birçok farklı çeşitleri mevcuttur. Uygulamanın ihtiyacına göre doğru silindirin seçilmesi ve projelendirilmesi sistemin genel yapısını ve dinamiğini doğrudan etkileyebilir. Proje sürecinde seçim yapılırken sistemin hızı, taşıdığı yükün niceliği ve yükleme durumu, çevrim süresi ve genel sistem dinamiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Temel olarak bütün piston milli silindirlerin iç yapısı ve konstrüksiyonu benzerlikler gösterir. Ön ve arka kapaklarla sınırlanan silindirik bir gövde içerisinde hareket eden piston ve bu pistonu bağı olan mil sayesinde hareket elde edilir.

Piston milli silindirlerin dışında körük silindir, diyafram silindir ve milsiz silindir gibi farklı tipler de mevcuttur. Ancak bu çalışmada sadece piston milli silindirler incelenecektir.

1.1.2 Silindirlerin İç Yapısı ve Parçaların İşlevi



Şekil. 3. Pnömatik silindirlerin iç yapısı

Piston Mili (1)	Piston mili pistonu entegre olarak bağı olup hava basıncı ile elde edilen kuvveti aktarma işlevini yerine getirir.
Ön ve Arka Kapaklar (2, 3)	Kapak grupları silindir gövdesi ile birlikte kapalı bir form oluşturarak silindirin boyunu belirler ve hava iletimi, yastıklama gibi bazı çok önemli işlevleri yerine getirir.
Çektirme Çubukları (4)	Kapaklar genelde 4 adet çektirme çubuğu ile gövdeyi arasına alacak şekilde monte edilir. Son yıllarda kapakların doğrudan profil gövde üzerindeki kanallara monte edildiği silindir tipleri çok daha fazla tercih edilir olmuştur.
Silindir Gövdesi / Kovanı (4)	Gövdenin uzunluğu silindirin stroğunu, çapı ise silindirin ölçüsünü belirler.
Piston Grubu (6, 7, 8, 12, 13)	Bu grup bütün olarak "Piston" grubunu teşkil eder.
Yastıklama Pimleri (6, 7)	Yastıklama pimleri yastıklama keçelerine girdiği zaman hava tahliyesi normal çıkış deliği yerine yastıklama bölmesine yönlendirilir. Bu bölgede oluşan ani basınç yükselmesi ve karşı kuvvet sayesinde yastıklama ve frenleme işlevi yerine getirilir.
Piston Halkası (8)	Piston halkası pistonları sağ ve sol pistonları birleştirir ve daha mukavim bir gövde yapısı oluşmasını sağlar. Manyetikli pistonlarda yer alan sabit mıknatıslar bu halka içerisinde yer alır.
Sıyırıcı ve Boğaz Keçesi (9)	Sıyırıcı mil üzerindeki toz ve yabancı parçacıkları tutarak piston içerisine girmesini engeller. Sızdırmazlık elemanı sayesinde silindir gövdesindeki havanın izolasyonu sağlanır ve tamamen kapalı bir bölge oluşturulur.
Yataklama (10)	Mil yataklaması pistonu düzgün bir şekilde hareket ettirirken aynı zamanda mil üzerine etki eden yanıl yüklerle karşı az da olsa mukavemet sağlar.



Darbe Yastıklama Halkası (11)

Sağ / Sol Piston (12)

Piston Keçeleri (13)

Yastıklama Keçesi (14)

Yastıklama Ayar Vidası (15)

Darbe yastıklama halkaları strok sonlarına ulaştığında *mekanik yastıklama* sağlar.

Sağ ve sol pistonlar piston keçelerini taşır ve piston halkası ile birlikte silindir kovanını ön ve arka olarak iki basınç bölümüne ayırırız

Keçeler silindir kovanının iç cidarında hareket eder ve gövde içindeki sızdırmazlığı sağlar.

Strok sonunda yastıklama pimlerinin etrafındaki sızdırmazlığı sağlayarak yastıklama bölmesinin oluşmasını sağlar.

Hız ayar vidası şeklinde çalışır ve yastıklama bölmesindeki havanın ayarlı bir şekilde tahliye edilerek yastıklama ayarının yapılabilmesini sağlar.

1.1.3 Tanımlar ve Terimler

Çift Etkili Silindir
Tek Etkili Silindir.

Kapalı (-) Pozisyon

Açık (+) Pozisyon

Pozitif (+) Hareket

Negatif (-) Hareket

Pozitif (+) Bölüm

Negatif (-) Bölüm

Yastıklama Bölmesi

Yastıklama Kanalı

Yastıklama

Her iki yönde de basınçlı hava yardımıyla hareket eden silindir tipi
Bir yönde basınçlı hava, diğer yönde ise karşı yay etkisiyle hareket eden silindir tipi.

Pistonun en geri konumu

Pistonun en ileri konumu

Pistonun dışarı doğru hareketi pozitif hareket olarak tanımlanır.

Piston milinin geri yöndeki hareketi negatif hareket olarak tanımlanır.

Basınç verildiği zaman pistonu pozitif yönde hareket ettiren taraf.

Basınç verildiği zaman pistonu negatif yönde hareket ettiren taraf.

Strok sonunda piston keçesi ve yastıklama keçesi arasında kalan hacim.

Yastıklama bölmesindeki havanın ayar vidası üzerinden kısılarak tahliye deliğine iletiildiği özel kanal

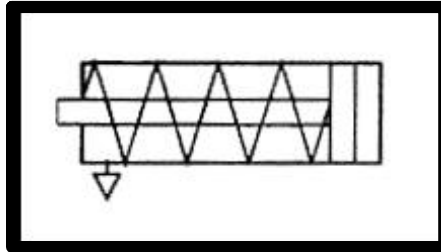
Akışkan gücü ile hareket eden silindirlerin strok sonunda yavaşlayarak etkili bir şekilde durdurulması. (Bu çalışma çerçevesinde yastıklama ve frenleme ifadeleri aynı işlevi tanımlamak için kullanılmaktadır.)

1.2 Temel Pnömatik Kontrol Devreleri

1.2.1 Pnömatik Silindirlerde Yön Kontrolü

Piston milli silindirler iki temel sınıfa ayrılır.

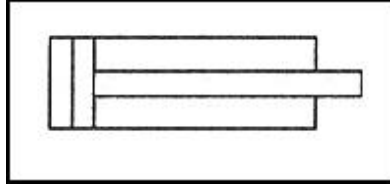
1. Pozitif veya negatif bölümünde yay bulunan tek etkili silindirler.



Şekil 4. Tek etkili silindir



2. Yastıklı veya yastıksız çift etkili silindirler.



Şekil. 5. Çift etkili silindir

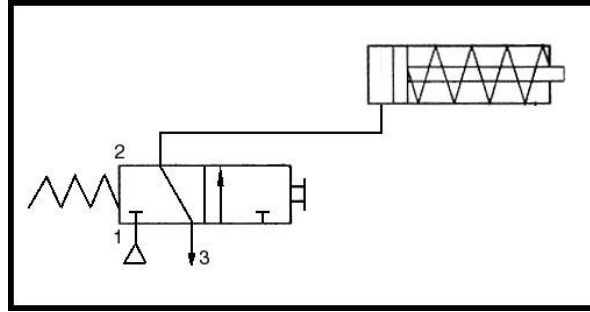
Tek etkili silindirler bir yönde basınçlı hava enerjisini tüketirken diğer yönde yay etkisiyle hareket eder.

Çift etkili silindirlerde her iki hareket yönünde de hava sarfıyatı olur.

Tek etkili silindirlerde yön kontrolü

Tek etkili silindirlerde yön denetimi 3/2 (3 Yol / 2 Konum) valfler ile yapılabilir. Valfin tipi normalde kapalı veya normalde açık olabilir.

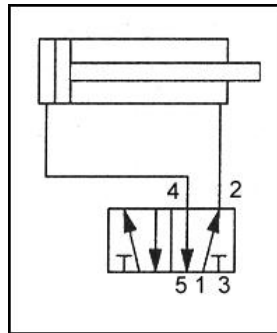
Şekil – 6'daki örnekte yer alan örnek devrede 3/2 valf tetiklendiği zaman 1 (giriş) ve 2 (kullanıcı) kanalları birbirine bağlanır ve silindirde pozitif ilerleme sağlanır. Geri dönüş hareketi için yön valfi ilk konumuna getirilmelidir. Gereken kuvvet yay vasıtası ile elde edilir ve pozitif bölümde kalan hava valfin tahliye kanalından atılır.



Şekil. 6. Tek etkili silindir kontrolü (3/2 Valf)

Çift etkili silindirlerde yön kontrolü

Çift etkili silindirlerin hareketi için her iki yönde de basınçlı havaya ihtiyaç duyulduğu için kullanılacak olan valf üzerinden bir bölümü basınçlandırırken diğer taraftaki havayı tahliye etmek gerekecektir. Bu sebeple çift etkili silindirler normal şartlarda 5/2 (5 Yol / 2 Konum) valfler ile kontrol edilir.



Şekil. 7. Çift etkili silindir kontrolü (5/2 Valf)



Başlangıç konumunda silindir negatif konumundadır ve negatif bölüm basınç altında iken pozitif taraf tahliye kanalı üzerinden atmosfere açıktır.

Valfin konumu değiştirildiğinde 1 numaralı kanaldaki basınçlı hava 4 numaralı kanal üzerinden pozitif bölüme aktarılır ve aynı zamanda 2 numaralı kanal 3 kanalına açılarak negatif bölümdeki havanın tahliye edilmesini sağlar. Bu durumda silindirde pozitif ilerleme sağlanır.

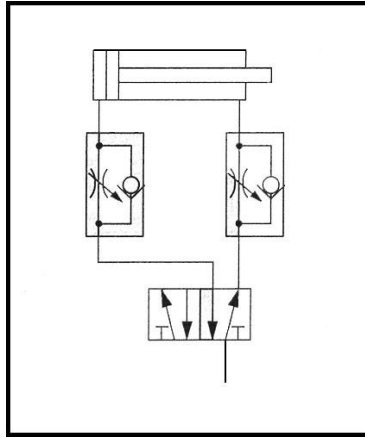
Valf tekrar ilk konumuna getirildiğinde hareket sırası tersine çevrilir ve silindir başlangıç konumuna geri döner.

Çift etkili silindirlerde her iki yöne doğru hareketlerde de karşı basınç ve dolayısıyla harekete karşı direnç oluşur. Bu sayede her iki yönde de silindirin hızını denetlemek mümkündür.

Yukarıda örnek olarak verilen devreler en temel seviye kontrol için gerekli olup uygulama ve kontrol tekniği olarak çok daha farklı ve karmaşık olarak yapılması mümkündür.

1.2.2 Pnömatik Silindirlerde Hız Kontrolü

Pnömatik silindirlerde hız kontrolü için en temel yöntem silindir üzerinden tahliye edilen havanın kısma valfi veya hız ayar valfi ile kısıtlanması esasına dayanır. Kısma valfleri bazı durumlarda doğrudan yön kontrol valfinin kanallarına entegre edilmiş olarak üretilir. Hız ayar valfleri ise doğrudan silindirin giriş ve çıkış kanallarına bağlanır. Normal şartlarda silindire gönderilen havanın kısılması istenmez veya uygulama tekniği açısından tavsiye edilmez.



Şekil. 8. Pnömatik silindirlerde hız kontrolü

Silindir çıkışlarına bağlanan hız ayar valfleri tahliye havasını denetleyen kısma valflerine göre daha düzgün sonuçlar elde edilmesini sağlar. Valfin tahliye kanalı üzerinden yapılan kısma işleminde ara borulamada bulunan hava sebebiyle bazı düzensizlikler oluşabilir.

Kısma valfleri hız ayar valflerine göre daha basit bir yapıya sahiptir ve ucuzdur. Ancak kısma valfleri her iki yönde de aynı miktarda kısıtlama sağlarken hız ayar valfleri bir yönde serbest hava geçişine olanak sağlar.

Tek etkili silindirlerde hız denetimi de benzer şekilde sağlanabilir ancak giriş havasının kısılması durumunda bazı ayar sorunları ortaya çıkabilir.



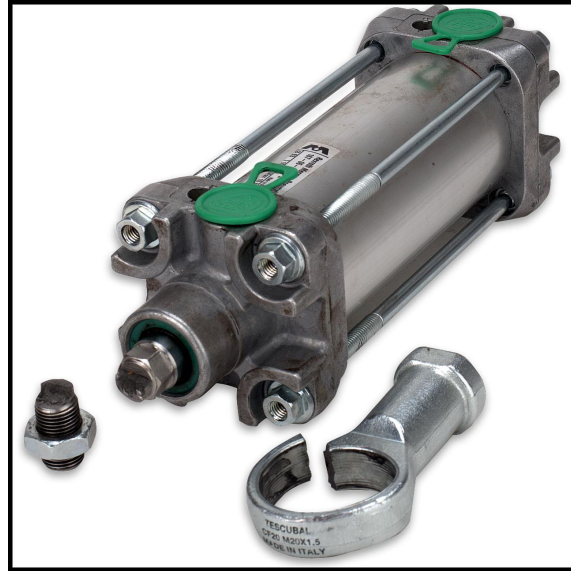
1.3 Pnömatik silindirlerde Yastıklama

1.3.1 Yastıklama İhtiyacı ve Sebepleri

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan pnömatik silindirler çok değişik işlevleri yerine getirecek şekilde projelendirilir ve uygulanır. Bazı uygulamalarda sadece belirli bir hareket ve konumlandırma gerekirken birçok yerde de silindir üzerine etki eden bir miktar yük bulunmaktadır. Yatakları veya tekerlekleri üzerinde yatay ekseninde hareket eden bir arabayı kontrol eden pnömatik silindir, ilk harekete başlarken önce sürtünme veya yuvarlanma kuvvetlerini yenmeye çalışır. Ancak sürtünme kuvveti yükün kendi ağırlığına oranla çok daha düşük olabilir. Dolayısıyla pnömatik bir silindir, düşey ekseninde kaldırabileceği yüklerin çok daha fazlasını yatay ekseninde hareket ettirmek ve kontrol etmek durumunda olabilir.

Yükü hareket ettirmek aslında işin nispeten kolay tarafıdır. Hareket ettikten sonra sabit bir hız kazanarak ilerleyen ve atalet kazanan yükü strok sonunda durdurabilmek genelde daha zor ve karmaşık bir hesaplama gerektirir. Strok sonunda ortaya çıkan dinamik kuvvetler, taşınan yük ve ilerleme hızı ile doğru orantılıdır.

Duruş esnasında oluşan darbeler öncelikle silindirin kendisine ve bağlantı elemanlarına zarar verir. Bağlantı parçaları mekanik olarak makina veya sistemin gövdesine takılı olduğu için oluşan darbeler bir miktar sönmülenerak aktarılır. Aktarılan darbe ile birlikte oluşabilecek olan mekanik titreşimler de doğrudan gövdeye iletilerek diğer bağlı ekipmanların arızalanmasına sebep olabilir. Bu tür sıkıntıların yaşanmaması için tasarım esnasında gerekli hesaplamalar yapılmalı, pnömatik silindirler yük ve hız değişkenlerinin yanı sıra frenleme ve yastıklama kabiliyetleri göz önüne alınarak projelendirilmeli ve bu verilere uygun olarak seçilmelidir.



Şekil. 9 Uygun şekilde projelendirilmeyen bir silindir ve oluşan hasarlar

1.3.2 Pnömatik Silindirlerde Yastıklama Uygulamaları

Pnömatik silindirlerdeki yastıklama, silindir üzerinde bulunan frenleyici sistemler yardımıyla ayarlanır ve son konuma yaklaştıkça piston hızının azaltılması amaçlanır. Darbe yastıklaması ve pnömatik yastıklama, doğrudan silindir üzerinde yer alan ve silindir imal edilirken entegre edilen standart yastıklama çözümleridir. Darbe yastıklaması, pnömatik yastıklamaya nazaran çok daha az enerji

absorbe etme kapasitesine sahiptir, ancak ses seviyesinin düşük olması bir avantaj sayılabilir. En uygun ve optimum çözüm, her iki tip yastıklamanın beraberce kullanılmasıyla elde edilir.

Ayarlanabilir pnömatik yastıklama bulunan silindirlerde yük, piston hızı ve basınç büyüklükleri arasında doğru kombinasyonlar ve oranlar elde edilebilirse *“ideal yastıklama”* olarak ifade edilen optimum frenleme noktasına ulaşılabilir. İdeal yastıklama durumunda, hareket eden yüksek kinetik enerji seviyesine karşın etkin frenleme oluşur ortaya çıkan kuvvetler düşük bir ses seviyesiyle oldukça kısa sürede absorbe edilir. İdeal yastıklama ayarına ulaşılması durumunda yastıklama ve toplam çevrim süresinde %30 - %50 seviyesinde iyileştirmeler elde etmek mümkündür. Ancak yastıklama süresinin kısılmasına karşın daha etkin frenleme sağlanır. İdeal yastıklama ayarının yapılamaması durumunda tahrik edilen sistemin hızı azaltılmalıdır. Hızın sabit kalması durumunda piston durma noktasına gelmeden önce birkaç kez yaylanarak vakit kaybedecek, makina gövdesine mekanik titreşimler ve darbeler iletecektir.

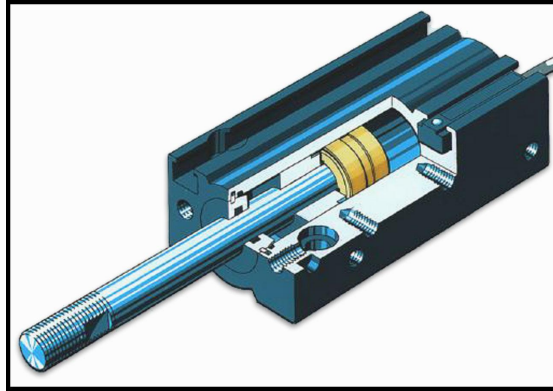
Makina veya sistem üzerindeki tüm silindirlerin ideal yastıklama bölgesinde çalışması ve zaman içerisinde aynı etkin frenleme kabiliyetini sürdürebilmesi için yastıklamayı etkileyen temel değişkenlerin sabit kalması gereklidir. Hareket ettirilen yük, piston hızı veya basınç değişkenlerinden birinin değişmesi durumunda ideal noktadan uzaklaşılır ve tekrar ayar yapılması gerekebilir.

Pnömatik silindirlerde uygulama ihtiyacına göre 4 farklı tipte yastıklama seçeneği mevcuttur.

1. Yastıksız silindir
2. Darbe yastıklamalı silindir
3. Pnömatik yastıklamalı silindir
4. Pnömatik ve darbe yastıklamalı silindir

1. En basit silindir modelinde gövde üzerinde frenleme amaçlı hiçbir özel eleman yoktur ve silindir hiçbir durdurucu etki olmadan çalışır. Strok sonunda darbeli bir çarpma ile birlikte yüksek ses seviyesi kaçınılmazdır. Bu tür silindirler genellikle küçük çaplı silindirler olup taşınacak olan yükün ve hareket hızlarının düşük olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

2. Daha zor şartlarda çalışan silindirler için özellikle ses seviyesini azaltabilmek amacıyla piston üzerine darbe yastıklaması sağlayacak olan yastıklama halkaları takılır. Frenleme mesafesi 0.2 – 2 mm aralığında değişmektedir.



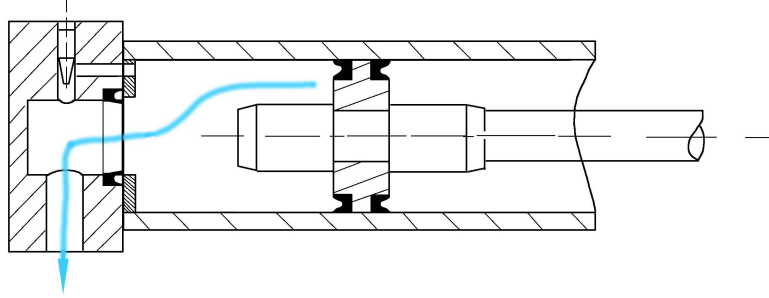
Şekil. 10. Darbe yastıklamalı silindir

3. Daha büyük yükler ve yüksek kinetik enerji seviyelerinde kullanılan silindirlerin gövdesinde kapaklara entegre edilmiş ayarlanabilir pnömatik yastıklama elemanları bulunur. Bu tip silindirlerde etkin yastıklama mesafesi 10 – 30 mm civarındadır.

4. Günümüzde çeşitli firmalar tarafından imal edilen birçok modern silindir pnömatik ve darbe yastıklaması kombinasyonu ile üretilir. Ayarlanabilir yastıklama ile yavaşlatılan ve etkin frenleme

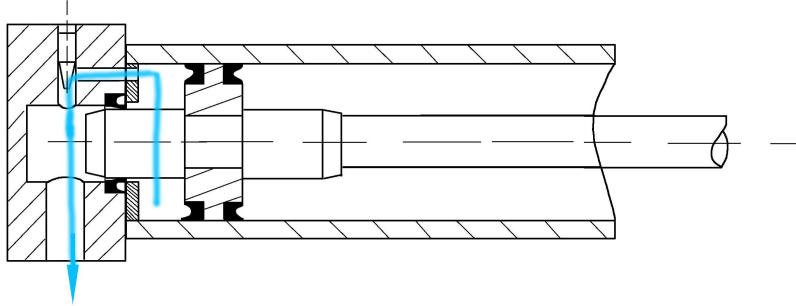
sağlanan yük, strok sonuna geldiğinde kapaklara değil darbe yastıklama halkalarına vurarak tamamen duruş pozisyonuna geçer. Uygun ölçüde bir silindirin kullanılması ve yastıklama ayarının düzgün yapılması durumunda hiçbir metalik darbe sesi duyulmaz.

Şekil – 11. 'de negatif yönde hareket eden bir çift etkili silindirin yastıklama bölgesine gelmeden önceki durumu görülmektedir. Tahliye havası normal kanal üzerinden atılmaktadır.



Şekil. 11. Silindir içerisindeki havanın normal kanal üzerinden tahliyesi

Şekil – 12.'de havanın kendi kendine sıkışma ve frenleme etkisinden faydalanılarak gerçekleştirilen ayarlanabilir pnömatik yastıklama durumu görülmektedir.



Şekil. 12. Silindir içerisindeki havanın yastıklama kanalı üzerinden tahliyesi

Bu noktada piston yastıklama bölgesine girmiş durumdadır. Yastıklama keçesi pimin etrafına geçerek kapak ile olan sızdırmazlığı sağlar. Tahliye havası ancak yastıklama kanalından kısıldıktan sonra geçerek atmosfere atılabilir. Bu esnada yapılan kısıtlamadan ötürü yastıklama bölgesinde basınç yükselmesi söz konusu olur. Yükselen basınç pistonun hareketine ters yönde etki ederek frenleme etkisi oluşturur.

1.4 Yastıklama İhtiyacına Alternatif Yaklaşımlar

Her silindir için ne kadar yükü hangi hızda hareket ederken frenleyebileceğine dair belirli limitler vardır ve bu limitler imalatçı firmaların kataloglarında belirtilmektedir. Genelde pnömatik silindirlerle harekete başlamak değil hareketli yükleri durdurmak ciddi sorunlar çıkartır. Herhangi bir silindir yükü rahatlıkla hareket ettirebildiği halde yastıklama kapasitesi yetmediği için etkin frenleme sağlayamayabilir. Bu durumda aşağıda yer alan alternatiflerden bir veya birkaçını uygulamak gerekecektir.

1. Daha büyük çaplı silindirler seçilebilir.
2. Besleme havasının basıncı yükseltilebilir.



3. Yükün hareket ekseninde strok sonuna denk gelecek şekilde harici mekanik yaylar veya elastik sönümleyiciler kullanılabilir. Bu yöntemle yüksek kinetik enerjisi bulunan basit sistemlerdeki yastıklama ihtiyacı giderilebilir.

4. İkinci bir pnömatik silindir yastıklama elemanı veya amortisör olarak kullanılabilir.

5. Sistem üzerinde gerekli noktalara hidrolik darbe emiciler yerleştirilebilir.

6. Hareketin başında ve sonunda devreden çıkan iki kademeli valf tesisatı ile silindir son konumuna geldiğinde ikinci valf kapatılıp debi azaltılarak rampalı duruşlar sağlanabilir.

7. Oransal yön denetim valfleri ile tam rampalı duruş ve kalkışlar elde edilebilir. Sınırsız debi ayarı bulunan oransal valf ile piston son konumuna ulaşmadan önce hızı istenildiği şekilde düşürülebilir. Ancak bu çözümün oldukça yüksek maliyetli olduğu unutulmamalıdır.

Pnömatik silindirlerde frenleme ve yastıklama ile ilgili olarak bir çok farklı alternatif mevcuttur. Bir sonraki bölümde bu alternatiflerin bazıları detaylı olarak incelenecektir.

2. PNÖMATİK SİLİNDİRLERDE STROK SONU YASTIKLAMASI

2.1 Giriş

Pnömatik silindirler çok çeşitli çevre şartlarında ve birçok farklı uygulamada kullanılmakla beraber temel anlamda herhangi bir yükü bir noktadan diğerine taşıdığı kabul edilebilir. Hareket eden her kütlenin belirli bir kinetik enerjisi bulunur. Bu enerji, uygun bir biçimde denetlenmelidir. En etkin yol olmakla beraber pek fazla bilinmeyen bir yöntem silindiri maksimum kapasitesine yakın bir şekilde "ideal yastıklama" şartlarında çalıştırmaktır. Çalışmanın bu bölümünde yastıklama dinamiği, yastıklamaya etki eden faktörler, deneysel formüller yardımıyla incelenecek ve ideal yastıklamanın elde edilmesi ile ilgili ipuçları sunulmaya çalışılacaktır. Aşağıda yer alan grafikler ve deneysel sonuçlar test edilen silindir için geçerli olup örnek teşkil etmesi amacıyla verilmektedir. Farklı imalatçıların ürettiği silindirlerle elde edilecek sonuçlar genel hatlarıyla benzerlikler göstermekle birlikte yastıklama kapasitesi ve hesaplama için kullanılacak değerler açısından farklılıklar gösterebilir. Tasarım aşamasında mutlaka imalatçı firma kataloglarında yer alan değerlere göre hesaplama ve seçim yapılmalıdır.

2.1.1 Önemli Parametreler, Formüller ve Bağlantılar

Doğrusal Hareket ve Kinetik Enerji
Dairesel Hareket ve Kinetik Enerji
İvme ve Frenleme Kuvvetleri
Besleme Basıncı
Yaylanma Etkisiyle Pnömatik Yastıklama
İdeal Pnömatik Yastıklama

Doğrusal Hareket ve Kinetik Enerji

Sabit v (m/s) hızıyla hareket halinde bulunan m (kg) kütlesinin sahip olduğu kinetik enerji (Nm) aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$E_{kin} = \frac{m \times v^2}{2} \quad (1)$$



Örnek:

Pnömatik bir silindire bağlı olarak hareket eden kütle kinetik enerjisini hesaplayınız.

Kütle = 60 kg

Piston hızı= 0.5 m/s

Doğrusal kinetik enerji:

$$E_{kin} = \frac{60 \times 0,5^2}{2} = 7,5 \text{ Nm}$$

Dairesel Hareket ve Kinetik Enerji

Bazı durumlarda silindirin doğrusal hareketi dairesel harekete çevrilebilir.

Bu durumda kinetik enerji (Nm) aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$E_{kin} = \frac{I \times \omega^2}{2} \quad (2)$$

I= Eylemsizlik Momenti (kgm²)

ω = Açısal Hız (rad/s)

Her iki türden hareket durumunda da yumuşak ve etkin frenleme yapılabilirdir. Bunun için sistemin boyutlandırmasının doğru ve ihtiyaca uygun yapılması gerekir.

Yukarıdaki temel fizik formülüne göre kinetik enerji, kütle ile doğru orantılı olarak değişirken hızın karesi ile doğru orantılıdır. Bu noktadan yola çıkarak ideal yastıklamanın elde edilebilmesi için hızı denetlemenin etkin bir yöntem olacağını çıkartmak mümkündür. Kinetik enerjinin azaltılması için kütle azaltılması genellikle başvurulan bir yöntem değildir. Daha sonraki bölümlerde bu değişkenler daha detaylı olarak incelenecektir.

Makina imalatı yapan firmaların doğru projelendirme yapması ve uygun silindirleri seçebilmesi için tasarım sürecinde silindir hızlarını doğru tayin etmesi gerekmektedir. Bazı temel formüller yardımıyla silindir hızlarını belirlemek mümkün olsa bile seri imalatı yapılacak olan makinaların prototip çalışmalarında gerçek uygulama üzerinden ölçüm yaparak hızları tayin etmek ve buna göre projelendirme yapmak daha uygun olacaktır.

İvme ve Frenleme Kuvvetleri

Silindirler harekete başladıkları anda değişken bir ivmeyle hareket ederler. İvmelenme sürecinde belirli bir süre içinde hız artar. Temel kural olarak hızlanma esnasında ivme sebebiyle oluşan kuvvetler, durma esnasında oluşan frenleme kuvvetlerine nazaran çok düşüktür. Frenleme esnasında belirli bir süre zarfında hız azalır ve sıfırlanır. Frenleme süreci negatif ivmelenme olarak tanımlanabilir. Pozitif veya negatif ivme sebebiyle oluşan kuvvetler aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$F = m \times a \quad (3)$$

Bu formülde kuvvet F (N), kütle m (kg), ivme a (m/s²) olarak belirtilmiştir. Pnömatik silindirlerdeki hızlanma ve yavaşlama esnasında ivme sabit olmadığı için yukarıdaki formül sadece anlık kuvvetlerin tayin edilmesinde kullanılabilir.

Besleme (Tesisat) Basıncı

Besleme basıncı tesisat ve borularda mevcut olan ve valfler aracılığıyla silindirlere iletilen havanın basıncıdır. Basınç, bar veya MPa birimleriyle ifade edilir.

Yaylanma Etkisiyle Pnömatik Yastıklama

Yastıklama esnasında oluşan yaylanma, frenleme sürecinde pistonun bir veya birkaç kez yön değiştirmesi anlamına gelir. Bu tarz bir yastıklama ayarıyla strok sonunda darbe ve ses oluşmaz ancak yastıklama süresi uzadığı için çevrim süresi artar.

İdeal Pnömatik Yastıklama

"İdeal Yastıklama" silindirin strok sonuna kadar herhangi bir yön değişimi ve yaylanma olmadan hareket etmesi ve strok sonuna tam olarak ulaştığı anda hızının "0" olması durumudur.

2.1.2 Silindirlerde Basınç Çevrimi

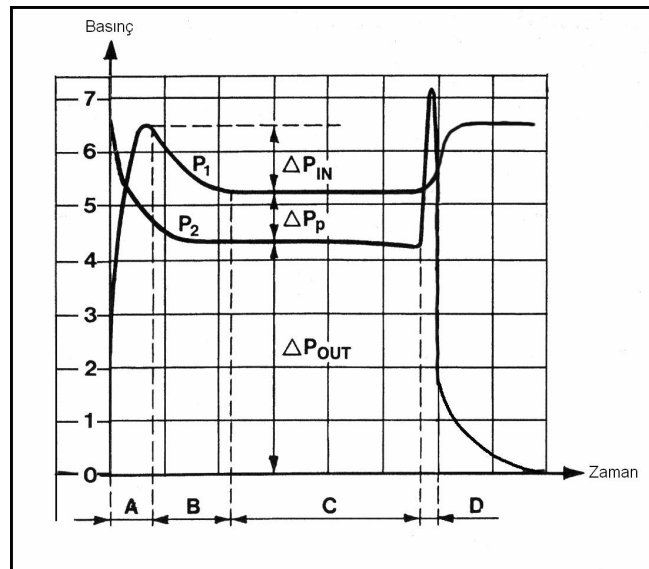
Silindirlerdeki basınç çevrimi dinamik olarak hareket esnasında oluşan basınç – zaman ilişkisini kapsar.

Silindirlerin basınç çevrimi birkaç bölüme ayrılabilir. İlk olarak valf konum değiştirdiğinde (yön denetimi için 5/2 valf kullanıldığı kabul edilmiştir.) atmosfere açık olan tarafa basınçlı hava gönderilirken diğer taraf atmosfere tahliye edilir. Başlangıç süreci "A" olarak tanımlanır.

Pistonun pozitif ve negatif bölümleri arasındaki basınç farkı yeterli düzeye ulaştığında piston ivmelenerek hareket etmeye başlar. Pozitif ivmelenme süresi "B" olarak tanımlanmıştır.

Belirli bir süre sonra sürtünme kuvvetlerinin etkisiyle hareket devam ederken hız sabit kalır. Durağan hızda hareket süreci "C" olarak adlandırılır.

Son olarak piston "D" bölgesi olarak tanımlanan yastıklama veya frenleme bölgesine girer. Çevrim tamamlandığında pistonu harekete geçiren taraftaki hava basıncı tesisat basıncına ulaşır ve diğer bölümdeki basınç atmosferik ortam basıncına eşit olur.



Şekil. 13 Pnömatik silindirlerde dinamik basınç çevrimi



2.1.3 Enerji Bağlantıları

Yastıklama sürecinde ortaya çıkan enerjiler ve aralarındaki enerji korunumu bağlantısı aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$E_{kin} + E_{df} = E_c + E_{fr} + E_l + E_{imp} \quad (4)$$

E_{kin} = Kinetik enerji

E_{df} = Tahrik kuvveti X Yastıklama mesafesi

E_c = Pnömatik yastıklama enerjisi

E_{fr} = Sürtünme enerjisi / kayıpları

E_l = Hareket ettirilen yük X Yastıklama mesafesi

E_{imp} = Darbe enerjisi / kayıpları

İdeal yastıklama şartlarında darbe enerjisi $E_{imp}=0$ olacaktır.

2.2 Pnömatik Silindirlerde Darbe Yastıklaması

2.2.1 Tasarım

Günümüzde tamamen yastıksız silindirler neredeyse hiç üretilmemektedir. Yastıklama ihtiyacının çok az olduğu durumlarda bile mekanik sesleri yok etmek amacıyla darbe yastıklamaları kullanılır. Darbe yastıklamasında piston ve kapak arasında darbeyi emebilen nitelikte bir malzeme kullanılır. Bu amaçla genellikle çabuk deforme olmayan mühendislik plastikleri tercih edilir. Yastıklama halkası, piston üzerinde bulunabileceği gibi kapak tarafına yer alacak şekilde tasarlanması da mümkündür.

2.2.2 Özellikler

Darbe yastıklaması mekanik darbe kuvvetini sönmülemeyi hedefler. Bunun yanı sıra metalik çarpma sesi de ortadan kaldırılmış olur. Değişik sertlikteki mühendislik plastikleri kullanılarak çok farklı kapasite ve özelliklerde yastıklama halkaları imal etmek mümkündür.

Darbe yastıklaması özellikle tek etkili silindirlerde etkin bir yastıklama sağlar. Darbe yastıklamalı silindirlerde etkin yastıklama mesafesi 0.2 - 2 mm aralığında değişir. Normal şartlarda yastıklama mesafesi 0.5 mm olarak kabul edilir.

Darbe testlerinde elde edilen gürültü sonuçları, yastıklama halkası kullanılan silindirlerin ses seviyesini 20 - 30 dBa mertebesinde azalttığı görülmektedir. Ses seviyesi birimi logaritmik olduğu için bu azalış 10 - 30 kat daha az gürültüye karşılık gelmektedir.

Benzer test düzeneklerinde yapılan deneylerde yastıklama halkası bulunan silindirlerin darbe büyüklüğünü ve mekanik titreşimleri 3 – 10 kat mertebesinde azalttığı tespit edilmiştir.

Bu durum makina veya sistem açısından daha az gerilim, daha uzun ömür ve daha düşük işletme maliyeti demektir. Operatör veya çalışanlar için daha düşük ses seviyesi, daha konforlu bir ortam ve daha az servis anlamına gelir.

Dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta darbe yastıklamasının çok basit bir frenleme çeşidi olduğu ve ağır yükler için uygun olmadığıdır. Bu tarz silindirler genelde basit işlevler ve küçük yüklerde kullanılır.

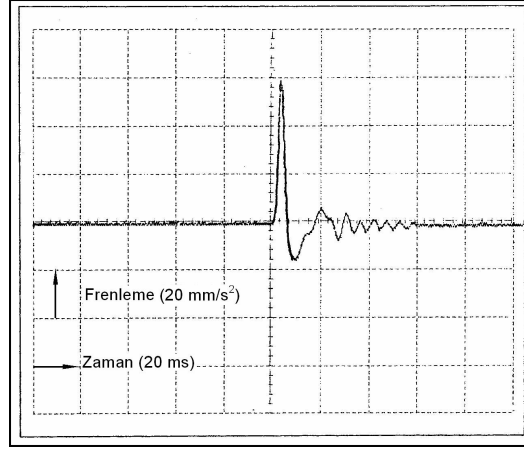


Sadece darbe yastıklaması bulunan bir silindir, aynı çaptaki pnömatik yastıklamalı silindirin yastıklama kapasitesine göre %1 - %5 kapasitede yastıklama sağlar.

Sadece darbe yastıklaması bulunan silindirlerin hava giriş çıkış delikleri bilinçli olarak küçük tutulur ve yaklaşık olarak 0.5 m/s hız seviyesinin üzerine çıkmaması sağlanır.

Silindirin yastıklama kapasitesinin yetersiz olduğu durumlarda yükün harici frenleme yöntemleriyle durdurulabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil – 14'te yer alan ivme – zaman grafiğinde darbe yastıklamalı silindirlerde frenleme esnasında oluşan negatif ivmenin fiziksel büyüklüğü görülmektedir. Grafik verileri dikkatle incelenirse ilk darbe anında -6g mertebesinde ivmelerin oluştuğu görülecektir.



Şekil. 14 Darbe yastıklamalı silindirde oluşan ivmeler

2.2.3 Frenleme Kuvvetinin Hesaplanması

Frenleme sürecinde ortaya çıkan ivme ve kuvvetin hesaplanması için aşağıda yer alan basit ivme – hız – yol formülü kullanılabilir.

$$2 \times a \times s = v^2 \quad (5)$$

a = İvme (m/s^2)

s = Yastıklama mesafesi (m)

v = Hız (m/s)

Bu formül ile elde edilen ivme "ortalama" değerdir. Maksimum ivme ve kuvvet değeri burada hesaplanan değerden genelde 2-3 kat daha fazla olacaktır.

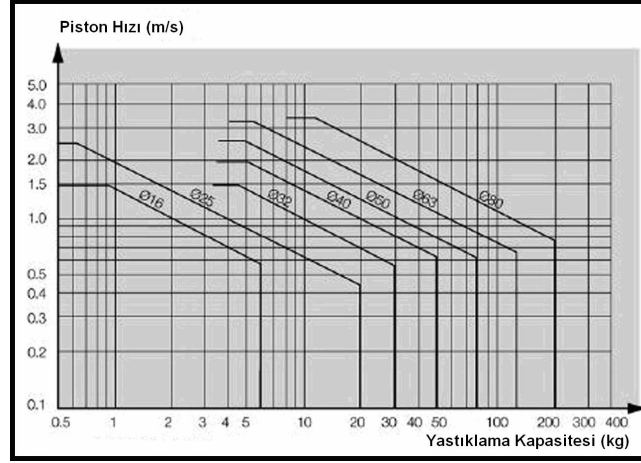
En yüksek kuvvet değeri (3)'de belirtildiği şekilde maksimum ivme ile kütlenin çarpılmasıyla bulunabilir.

2.3 Silindirlerde Pnömatik Yastıklama

Kullanıcılar arasında yastıklama terimi genellikle pnömatik yastıklama olarak kabul edilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde pnömatik yastıklama ve yastıklamanın dinamiği ile ilgili kavramlar ele alınacaktır.

2.3.1 İdeal Yastıklama Kavramı

“İdeal Yastıklama” durumunun oluşabilmesi için belirli fiziksel ön şartların yerine getirilmesi gerekmektedir. Daha önce de ifade edildiği gibi her silindirin ölçüsüne göre hız ve kütle değişkenlerine göre sönümleyebileceği maksimum kinetik enerji seviyesi mevcuttur. Bu enerji seviyesi için analitik olarak hesaplama yapabileceğimiz bir formül olmayıp silindir imalatçısı firmaların kataloglarında sunduğu yastıklama kapasitesi tablolarına başvurulması zorunludur. Aynı imalatçı firmanın ürettiği benzer ölçüdeki silindirlerin bile aralarında yastıklama kapasitesi açısından farklılıklar olması mümkündür. Silindirin yastıklama kabiliyeti silindirin tipi veya çapı ile değil iç geometrisi ve tasarımı ile ilgilidir.



Şekil. 15 Örnek silindirlerde hız/kütle değişimine göre yastıklama kapasiteleri

Yukarıda yer alan tablo 6,3 bar (0,63 MPa) besleme basıncına göre verilmektedir. Yatay eksendeki çizgiler çaplara göre izin verilen maksimum piston hızını belirler. Düşey eksendeki limit çizgileri fiziksel limitler olmayıp yastıklama açısından tavsiye edilen maksimum yük seviyesini belirtir. Aralarda yer alan eğimli bölgelerde ideal yastıklama noktasına ulaşılabilmesi için uyulması gereken hız / kütle kombinasyonları görülmektedir. Burada yer alan veriler örnek teşkil etmesi açısından verilmiş olup seçim yapılırken imalatçı firma değerlerine göre hesaplama yapmak gerekecektir.

İdeal yastıklama noktasının elde edilebilmesi için silindirin maksimum kinetik enerji limitlerinde kullanılması gerekmektedir. Çok genel bir ifadeyle ideal yastıklamanın oluşabilmesi için belirli bir besleme basıncı seviyesinde uygun bir hız/kütle oranı olması gereklidir. Bununla birlikte yastıklama vidası ile doğru ayarlama yapılmalıdır. Devreye alma sürecinde yapılan bu ayarların sürekliliğinin sağlanabilmesi için basınç, hız ve kütle bileşenlerinin sabit kalması gereklidir.

2.3.2 Tasarım

Silindirlerde oluşan yastıklama işlemi belirli bir sıralamaya göre gerçekleşir. Yastıklama, pistonun hareket yönünden bağımsız olarak silindirin tahliye tarafındaki yastıklama bölgesinden oluşur. Yastıklama esnasında tahliye tarafındaki basınç besleme tarafından daha yüksek mertebelere ulaşır. Basınç kontrolü ile birlikte pistonun strok sonuna kadar düzenli şekilde frenlenerek hareket etmesi ve strok sonunda tamamen durması için yastıklama bölgesindeki hava yastıklama ayar vidası ile ayarlanan kısma değerine göre tahliye edilir.

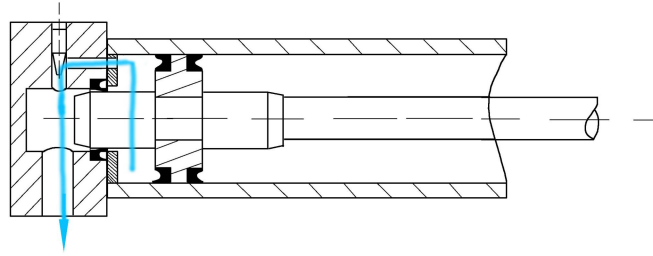
Silindirin maksimum yastıklama enerjisi seviyesinde çalışıyor olması durumunda yastıklama bölgesinde oluşan basınç, besleme tarafına göre 2-3 kat daha fazla olabilir. Bu durum, doğru hız/kütle oranında çalışan ve doğru yastıklama ayarı yapılmış silindirler için geçerlidir. Yastıklama ayarının düzgün yapılmadığı durumlarda kinetik enerji kapasitesi ve hız/kütle oranı açısından doğru bir seçim yapılmış olmakla birlikte aşırı yüksek anlık basınçlar oluşabilir. Sıkışma sonucunda yastıklama



bölmesinde oluşan basınç, besleme basıncının 4-5 katına çıkabilir. Bu durum sızdırmazlık elemanlarının çalışma ömrü açısından pek uygun değildir.

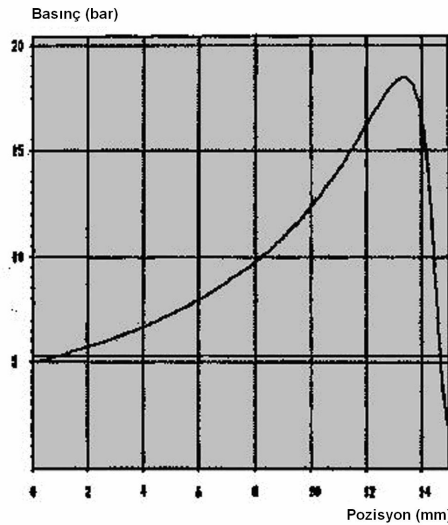
Olası ayarsızlık durumlarında mekanik darbelerin önüne geçebilmek veya etkilerini azaltabilmek amacıyla modern silindirlerde ayrıca darbe yastıklama halkaları da yer alır. İkincil seviye koruma amacıyla tasarlanan darbe yastıklama halkaları özellikle silindirlerin devreye alma ayarlamaları sürecinde oldukça faydalı olup silindirlerin ilk çalışma esnasında gereksiz yere deforme olmasını engeller.

Daha önce de ifade edildiği üzere doğru projelendirilen ve düzgün ayarlanan bir pnömatik silindirin yastıklaması mekanik darbelerin azaltılması ve çevrim sürelerinin kısaltılması için son derece etkili bir yöntemdir. Bu yöntemi doğru uygulayabilmek için yastıklama dinamiğinin ve çalışma prensibinin anlaşılması gereklidir.



Şekil. 16 Yastıklama bölgesindeki havanın tahliyesi

Silindirin normal hareket koşullarında giriş ve çıkış basınçları sabit bir değere ulaşır. Piston strok sonuna yaklaştığında yastıklama pimi ve keçeleri sayesinde kapalı bir yastıklama bölgesi oluşur. Bu esnada hız azalır ve besleme basıncı maksimum seviyesine yükselirken normal tahliye kanalındaki basınç anlık olarak atmosfer seviyesine düşer. Yastıklama bölgesindeki hava ancak yastıklama kanalı üzerinden yastıklama vidası ile ayarlanan değerde tahliye edilir. Bu aşamada kısılan havanın basıncı yükselir ve hareket frenlenir. Maksimum yastıklama basıncı piston strok sonuna ulaşmadan 2-3 mm kadar önce oluşur. (Şekil – 17)



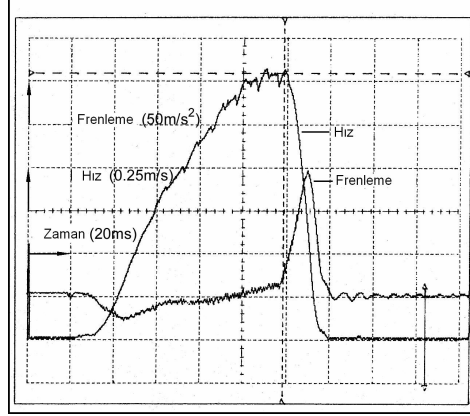
Şekil. 17 Yastıklama sürecinde basınç – pozisyon ilişkisi

Yastıklama ayarının doğru yapılması ve ideal yastıklamanın elde edilmesi durumunda piston tam strok sonuna ulaştığı anda hız sıfırlanır ve hiçbir mekanik çarpma, darbe veya ses oluşmaz.

Silindir imalatçısı olan firma silindirin anma ölçüleri aynı kalmak kaydıyla yastıklama pim uzunluğu, yastıklama bölgesinin toplam hacmi ve kısma derecesi gibi iç tasarım değişkenlerini farklılaştırarak yastıklama kabiliyetini değiştirebilir.

2.3.3 Özellikler

İdeal yastıklama sürecinde hız/ivme – zaman değişkenlerinin durumu ile ilgili grafik verileri Şekil – 18'de yer almaktadır.



Şekil. 18 Yastıklama sürecinde hız ve ivmenin zamana göre değişimi

2.3.4 Frenleme Kuvvetlerinin Hesaplanması

Yastıklama sürecinde oluşan kuvvetlerin tayin edilmesinde harici kuvvetlerin etkilerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yastıklama esnasındaki harici kuvvetler besleme ve tahliye basınç değerlerinde değişikliklere sebep olur ve etkin yastıklama mesafesi gerçek değerine göre kısalmır. Bu durumda yastıklama bölgesine girildiği halde karşı basınç oluşmadığı için kısa bir süre herhangi bir frenleme etkisi hissedilmez. Frenleme kuvvetleri için darbe yastıklamasında olduğu gibi (3) ve (5) formülleri kullanılır.

Formülden hesaplanan kuvvetler ortalama değerler olup maksimum değerlerin hesaplanması için elde edilen sonuçların belirli bir faktörle çarpılması gerekir. Standart yastıklama mesafesi üzerinden hesaplanan ivme ve dolaylı olarak hesaplanan kuvvetleri 2-3 kat artırmak uygun olacaktır.

İdeal pnömatik yastıklamanın elde edilememesi durumunda piston darbe yastıklaması halkalarına çarparak durur. Oluşan darbenin büyüklüğü pnömatik yastıklamanın sönümlediği kinetik enerjiden geriye kalan miktarla orantılıdır. Yanlış ayarlama yapılmış bir silindirde oluşan anlık darbe kuvvetleri, silindirin normal şartlarda üretebileceği kuvvetten 10 kat daha fazla olabilir.

Değişik imalatçıların ürettiği silindirler arasında farklılıklar olmakla beraber belirli tasarım kriterlerine uyan kaliteli silindirler, etkin olarak elde edilebilen silindir kuvvetinin 5-10 katı mertebesindeki mekanik darbe kuvvetlerine bir süre veya belirli bir darbe sayısı kadar karşı koyabilecek şekilde tasarlanırlar.

Yastıklama, ne yazık ki silindir imalatçısı firmanın fabrika çıkışında yapabileceği standart bir ayar değildir. Kullanıcı, tasarım sürecinde yük, hız, hareket mesafesi değerlerine göre silindirin çapını ve stroğunu belirlerken aynı zamanda yastıklama kapasitesi yönünden de hesaplama yapmak zorundadır. Daha sonra silindirlerin ayarları doğrudan makina üzerindeki gerçek uygulama değerlerine göre yapılmalıdır. Bakım dönemlerinde silindirlerin değiştirilmesi durumunda benzer ayarlamaların tekrar yapılması zorunluluğu vardır.

2.4 Çeşitli Parametrelerin Pnömatik Yastıklama Üzerindeki Etkileri

Bu bölümde çeşitli parametrelerin yastıklama dinamiğini nasıl etkilediği incelenecek ve deneysel veriler ışığında çeşitli uygulama ipuçları verilecektir.

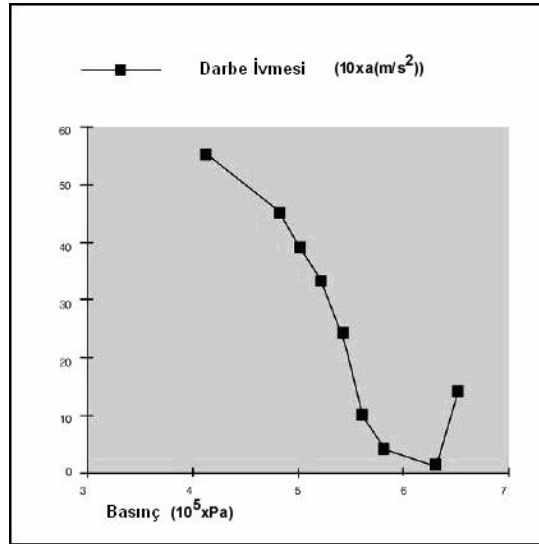
2.4.1 Basınç

İdeal yastıklama için hız ve kütle değişkenlerinin en önemli parametreler olduğu daha önce ifade edilmiştir. Doğru ve sürekli aynı değerleri koruyan bir yastıklama için besleme basıncının da sabit kalması gereklidir. Bu maksatla kritik ayarların ve yüklerin bulunduğu devrelerde ihtiyaca cevap verebilecek debi ve basınç kapasitesinde regülatörler kullanılması uygun olacaktır.

Şekil – 19'da besleme (tesisat) basıncına göre ivme ve dolayısıyla oluşan frenleme kuvvetlerin değişimini gösteren örnek grafik yer almaktadır. Bu deneysel verilere göre sistem basıncının çok geniş bir bant içinde dalgalanması durumunda ideal yastıklamanın sadece tesadüfi olarak elde edileceği ortadadır. 6,3 bar (0,63 MPa) besleme basıncı seviyesinde strok sonu darbesi oluşmamaktadır. Ancak basıncın bu değer çok altına düşmesi durumunda silindirin üzerinde yerçekimi veya baskı kuvvetinden çok daha fazla duruş ivmeleri ve frenleme kuvveti oluşacaktır.

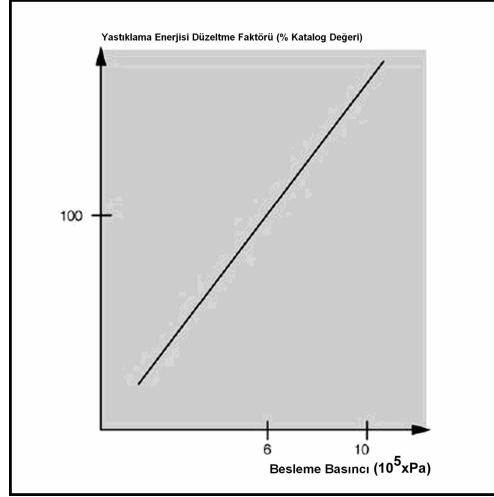
Basıncın yükselmesi durumunda da benzer bir etki görülmektedir. Daha yüksek besleme basıncında da duruş ivmelerinde ve mekanik darbelerde artış olmakta ve sistem olumsuz etkilenmektedir.

Basıncın yastıklama dinamiği üzerinde bu denli etkili olduğu genellikle bilinen bir durum değildir. Özellikle kritik yük/hız durumlarında çevrim süresinin optimum seviyeye ayarlandıktan sonra sabit kalması ve yastıklama dinamiğinin olumsuz etkilenmemesi için basınç regülatörü kullanılması uygun olacaktır. Bu regülatörler tercihen tahliyeli tip olmalı ve tasarlanan çalışma basıncı değeri besleme basıncına çok yakın değerlerde değil, bir miktar altında olacak şekilde ayarlanmalıdır.



Şekil. 19 Besleme basıncı ve ivme ilişkisi

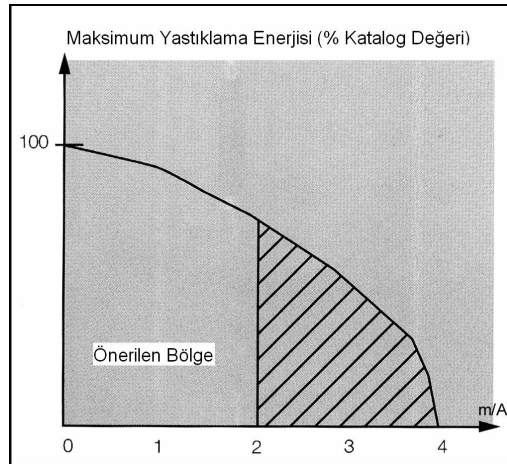
Silindir imalatçılarının kataloglarındaki yastıklama kapasite diyagramları genelde 6 bar (0,60 MPa) seviyesi için verilmektedir. Daha farklı basınç seviyeleri için katalog verilerinin belirli bir düzeltme faktörüyle çarpılarak hesaplanması gerekir. Şekil – 20'de 6 bar = %100 baz değeri üzerinden farklı basınçlara göre endeks verilmektedir. Bu grafiğe göre yastıklama kapasitesinin besleme basıncıyla doğru orantılı olarak değiştiği görülmektedir.



Şekil. 20 Farklı basınç değerlerindeki yastıklama düzeltme faktörü

2.4.2 Silindir Konumu ve Yerleşimi

Pnömatik silindirlere yatay, düşey veya farklı hareket eksenlerinde ve çeşitli yükleme koşullarında çalışabilmektedir. Temel bir kural yatay ekseninde hareket eden silindirlere kütle ve piston alanı arasında maksimum 4:1 civarında bir oran bulunması gerekir. Düşey ekseninde aşağıya doğru hareket eden silindirlere de benzer bir oranın korunması gerekir. Bu ampirik formülde kütle "m" (kg), piston alanı "A" (cm^2) cinsinden hesaplanmalıdır. ($m/A \geq 4$) Düşey ekseninde yukarı doğru çalışan silindirlere bu oranın 2:1 olması tavsiye edilir. ($m/A \leq 2$) Bu oranlar bazı deneysel verilerden elde edilen çok temel sonuçlar olup imalatçı katalog verilerinin yer almadığı durumlarda genel bir hesaplama yapılabilmesi amacıyla kullanılabilir. İpucu oranı olarak değerlendirilecek olan bu veriler mutlak tasarım limiti değildir. Ancak bu oranların altında kalınması durumunda ayarlamaların yapılması daha kolay olacak ve basınç dalgalanmalarının yastıklamaya etkisi daha az hissedilecektir.

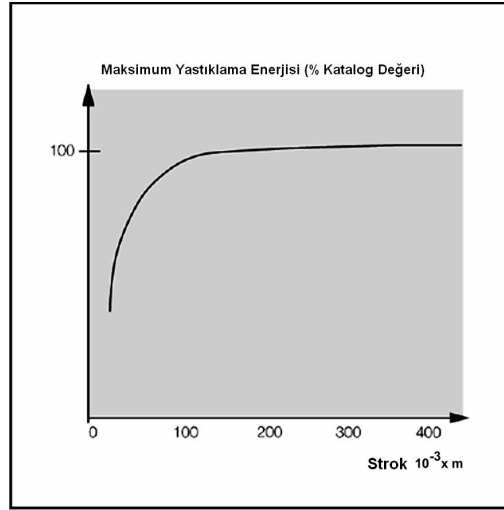


Şekil. 21 Tavsiye edilen Kütle / Piston Alanı grafiği

2.4.3 Strok

Yön kontrol valfinin konum değiştirmesi durumunda 2.1.2'de anlatıldığı şekilde basınç değişimi yaşanır. Silindir stroğunun çok kısa olması durumunda sabit hız ve durağan hareket "C" bölgesine girilmeden frenleme başlayabilir. Bu durumda yastıklama kapasitesini tayin etmek son derece zordur.

Temel kural olarak $Strok < 100\text{mm}$ olan durumlarda yastıklama kapasitesi ve karakteristiğini tayin etmenin zor olduğu ifade edilebilir. Şekil – 22'de yastıklama ve strok ilişkisini gösteren bir grafik yer almaktadır. Ancak bu grafik değişik iç yapıya sahip silindirlerde şekil olarak benzer ancak değer aralıkları olarak farklı bir yapı kazanabilir. Kısa strokların kullanılması gereken çok kritik uygulamalarda uygulamaya yönelik testler yapmak çok daha uygun olacaktır.

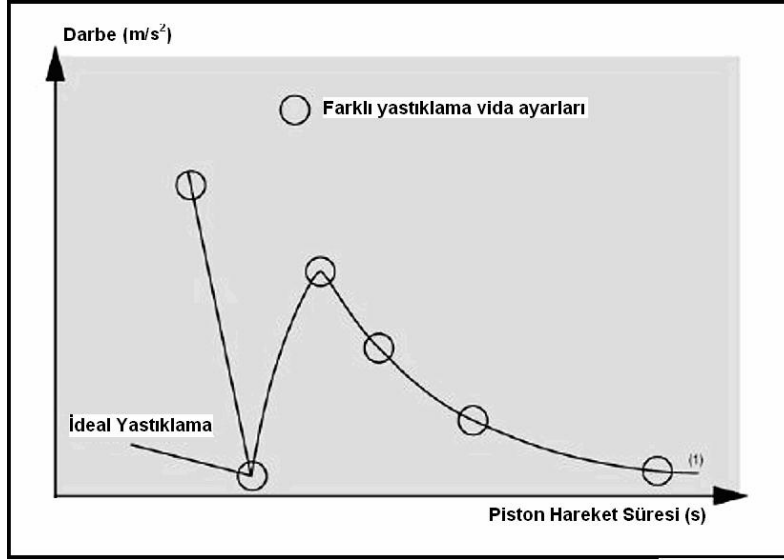


Şekil. 22 Yastıklama ve strok ilişkisi

2.4.4 Yastıklama Ayarı

Yastıklama ayar vidasının görevi yastıklama bölgesindeki havanın kısılarak tahliye edilmesini sağlamaktır. Normal şartlarda pnömatik silindirlerin yastıklama ayar vidası fabrika çıkışında 0.5 – 1 tur kadar açılmış olarak sevk edilmelidir. Böylece ilk çalıştırma anında beklenmedik darbeler ve düzensizliklerin önüne geçilebilir.

Kinetik enerji seviyesinin ve besleme basıncının ideal yastıklama ayarını mümkün kılacak seviyelerde olması durumunda doğru bir kısma ayarıyla ideal yastıklama noktası elde edilebilir. Tüm şartların uygun olması durumunda bile "İdeal Yastıklama" kavramını çok iyi bilmeyen deneyimsiz kişilerin uygun ayarı bulması pek kolay değildir. Şekil – 23'te yer alan grafiğe göre yastıklama vidası açıldığında yastıklama azalır ve darbe artar. Normal şartlarda genel reaksiyon olarak ayar vidası darbe sesi kesilinceye kadar tekrar kısılır. Ancak tam bu noktada vida bir miktar daha açılırsa en kısa sürede darbeyi sönmüleyen ideal yastıklama noktası elde edilir.



Şekil. 23 Yastıklama ayarına göre çevrim süresi ve mekanik darbe ilişkisi

2.4.5 Makina Konstrüksiyonu

Silindir üzerindeki kuvvetler silindir montaj bağlantısı ve makina gövdesinin daha esnek bir yapıda tasarlanması ile azaltılabilir. Gövde malzemesi olarak darbe sönümlenme kabiliyeti olan esnek lastik malzemeler kullanılabilir. Bu tür alternatifler çok özel durumlarda tercih edilen yöntemler olup bu çalışmanın kapsamının ötesinde makina tasarımı alanını ilgilendirmektedir.

2.5 Tasarımcı, Makina İmalatçısı ve Bakım Personeli İçin Öneriler ve İpuçları

2.5.1 Yastıklama Kapasitesi Açısından Doğru Silindirin Seçilmesi

Herhangi bir uygulama için silindir seçimi yapılırken silindirin tipi ve ölçüsü ile birlikte birçok farklı değer göz önünde bulundurulmalıdır. Kuvvet, çevresel faktörler, kullanılacak olan standart bağlantı aksesuarları, teslim süresi ve fiyat en belirleyici olan kriterlerdir. Teknik açıdan bakıldığında ilk kriter kuvvet olmaktadır. Silindirin hareket ettirecek olan yükü kontrollü bir biçimde hareket ettirmesi ve dinamik hareket sebebiyle oluşan kinetik enerjiyle başa çıkabilmesi gereklidir. Diğer yandan gıda sektöründeki hijyen standartları veya demir çelik uygulamalarındaki sıcaklık ve ağır hizmet şartlarına uyum gibi uygulama alanına yönelik kriterler bulunabilir.

Silindirlere statik şartlarda maksimum %85-%90 civarında yükleme yapılması genel kabul görmüş bir kuraldır. Ancak dinamik şartlarda 2.4.2'de açıklanan yükleme şartları geçerli olmalıdır. Eğer kütle, hız, basınç ve silindirin montaj ve yükleme koşulları biliniyorsa imalatçı kataloglarında yer alan teknik verilerden faydalanmak mümkün olacaktır. Eğer yük/hız kombinasyonu Şekil – 15'deki örnek silindir yastıklama eğrisindeki eğimli bölgede yer alıyorsa ideal yastıklama ayarına ulaşmanın mümkün olacağı kabul edilebilir.



2.5.2 İdeal Yastıklamanın Elde Edilemediği Durumlarda Alınacak Önlemler

Daha önce ifade edildiği üzere ideal yastıklama şartlarına ulaşmak için farklı koşullar vardır. Ancak bu şartları yakalamak her zaman çok kolay olmayabilir.

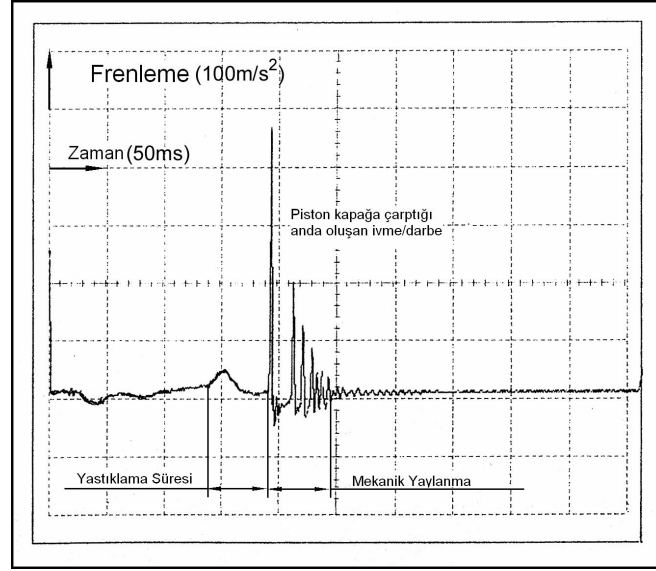
İdeal yastıklamaya ulaşabilmenin altın kuralı, yük, hız ve basınç değişkenlerinin doğru kombinasyonlarda olmasıdır. Bu parametrelerin değiştirilebiliyor olması durumunda ideal yastıklama için uygun şartları elde etmek mümkün olabilir.

Öncelikle bu parametrelerin ne olduğu hesaplanmalı veya ölçülmelidir. Kütle, genellikle tasarım esnasında tahmin edilebilir veya hesaplanabilir durumdadır. Basınç değerini tesis basıncı olarak kabul etmek veya gerekli noktalarda manometre ile ölçüm yapmak mümkündür. Ancak en etkin parametre olan hız değişkenini önceden tayin etmek ve özellikle 1 m/s üzerindeki değerleri ölçmek pek mümkün değildir. Pnömatik uygulamalarında hız bileşenini analitik yöntemlerle tayin etmek mümkün olmakla birlikte çeşitli kabullenmeler sonrasında oldukça karışık formülleri kullanmak pek doğru sonuçlar vermeyebilir. Hız bileşeni genellikle uygulama üzerinden doğrudan ölçme ile bulunur. Bu amaçla 2.5.6'da anlatılan araç ve yöntemler kullanılabilir.

Kinetik enerjiyi değiştirerek ideal yastıklamaya uygun şartları sağlamak en çok kullanılan yöntemdir. Bunun için en sık kullanılan yöntemi piston hızını denetlemektir. Normal debi ihtiyacından daha fazla kapasiteye sahip bir yön kontrol valfinin debisi kısılarak değiştirilen hız ve kinetik enerji ayarı sonrasında ideal yastıklama ayarının yapılması mümkün olacaktır.

Ancak her zaman bu tarz değişiklikleri uygulamak mümkün olmayabilir. Değişik şartlarda uygulanabilecek olan yaklaşımlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

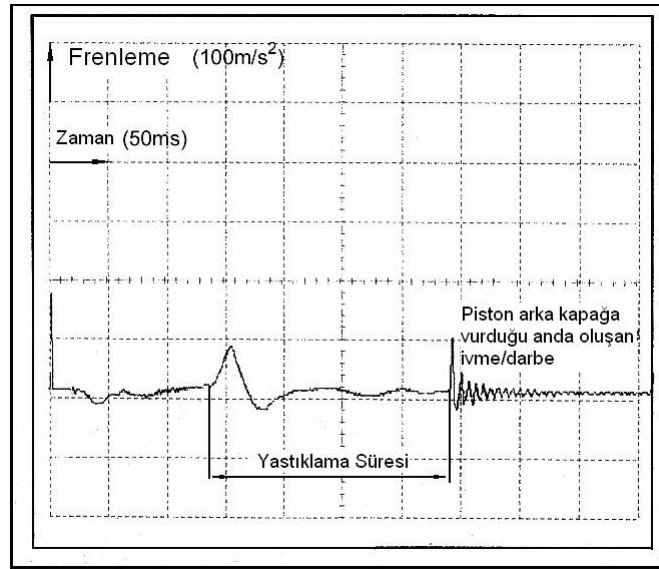
1. Sistemde sönmülmesi gereken yastıklama enerjisinin silindirin verebildiği maksimum değer %5'i veya altında olduğu durumlarda yastıklama ayar vidası çokça açılır ve pnömatik yastıklamadan büyük ölçüde vazgeçilerek çevrim süresinin kısaltılması amaçlanır.
2. Sistemin ihtiyaç duyduğu yastıklama enerjisi silindirin verebildiği maksimum değer %5'inden fazla, ancak ideal şartlardan uzak ise iki olasılık vardır. Pistonun ve yükün hızı artırılarak kinetik enerjisi artırılır veya "1" nolu alternatifte açıklanan yöntem uygulanır.
3. Çevrim süresinin çok kritik olduğu bazı özel durumlarda yastıklama ayarı iyice açılarak çok az bir miktar pnömatik yastıklama sonrasında pistonun kapağa çarparak darbe oluşması kabul edilebilir. Ne kadar mekanik darbe ve gürültüye müsaade edileceği makinayı veya sistemi tasarlayan ve üreten imalatçının vereceği bir karardır.



Şekil. 24. Pnömatik yastıklamanın devre dışı bırakılması oluşan yük durumu

4. Yastıklama ayar vidası kısılarak yaylanmalı yastıklama seçeneği ön plana çıkabilir. Bu durumda enerji sönmüleme kapasitesi yine yüksek seviyelerde olacak ve mekanik darbeler oluşmayacaktır. Ancak kaybedilen zaman ve bunun çevrim süresine etkisinin değerlendirilmesi ve ona göre karar verilmesi gerekir

5. Yastıklama ayar vidası iyice kısılarak yastıklama bölgesine girildiği anda silindirin çok daha düşük ancak sabit bir hızda ilerleyerek stroğunu tamamlaması tercih edilebilir.



Şekil. 25 Çok fazla kısılmış yastıklama ayarı ve oluşan yük durumu

Yukarıda yer alan çözüm yöntemlerinin hiçbirisinin uygulanabilir olmadığı durumlarda özel çözümler ve harici yastıklama / frenleme seçenekleri düşünülmelidir. Bu alternatifler ile ilgili temel bilgiler 2.6'da incelenecektir.

2.5.3 İdeal Yastıklama Durumunda Kinetik Enerji Değişimi

Bazı durumlarda kinetik enerji seviyesinin sabit tutulması mümkün olmayabilir. İdeal yastıklama noktasını yakaladıktan sonra hissedilebilir bir darbe oluşmadan önce ne kadar bir sapma olabilir sorusu akla gelebilir. Çok genel bir ifadeyle %10-%20 mertebesindeki kinetik enerji değişiminin sistemin genel yastıklama dinamiğini etkilemeyeceği söylenebilir.

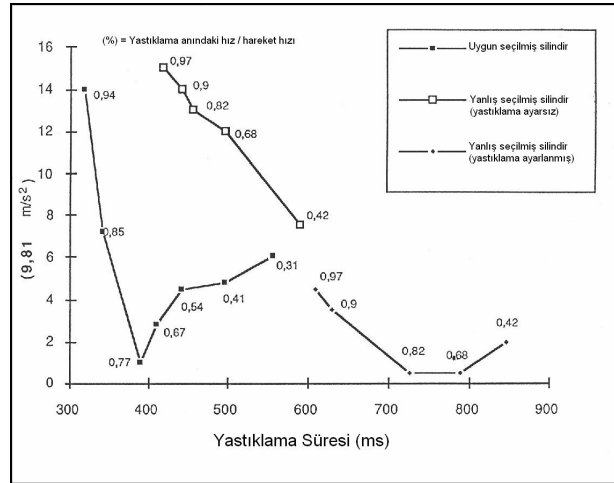
Bu sorunun gerçek cevabı silindirin bağlantı aksesuarları, yükleme şartları ve kullanıcının kabul edebileceği darbe ve gürültü seviyesiyle de ilişkilidir.

2.5.4 Etkin Yastıklama İçin Hava Tesisatının Önemi

Basıncın silindir hareketi ve yastıklama üzerindeki etkileri daha önce incelenmiştir. Genelde sistemi yüksek debi ve az basınç düşümü ile tasarlamak uygundur denilebilir. Özellikle hava giriş ve çıkış kanallarını uygun boyutlandırmak sağlıklı ve kontrollü bir çalışma için son derece önemlidir. Basınç dalgalanmalarını önleyebilmek için kritik yerlerde uygun ölçülerde regülatör kullanmak ve tasarlanan çalışma basıncını besleme basıncına çok yakın değerlerde değil, bir miktar altında olacak şekilde ayarlamak uygun olacaktır.

2.5.5 Silindir Seçiminin Yastıklama Karakteristiğine Etkisi

Uygulamada kullanılan silindirin karakteristiği ve ayar aralığı, sistemin genel dinamiği ve etkinliğini doğrudan belirleyen bir faktördür. Şekil – 26’da aynı yük ve hız şartlarında çalıştırılan ve ayarlamaları yapılan üç farklı silindirin ayar – ivme – zaman grafikleri yer almaktadır. Bu verilerden de anlaşılacağı üzere farklı silindirlerle yapılan ayarlamalarda farklı yastıklama süresi, darbe seviyesi sonuçları ortaya çıkmaktadır. Daha önce de ifade edildiği üzere yastıklama, yastıklama mesafesi, sıkıştırma (basınç) oranı ve yastıklama ayarına bağlı olarak değişebilmektedir.



Şekil. 26 Silindir seçiminin yastıklama dinamiğine etkisi

“Daha yüksek yastıklama kabiliyeti olan bir silindir aynı ölçüdeki daha düşük yastıklama kapasiteli silindire göre daha iyi ve kalitelidir!”

Bu yaklaşıma paralel olarak pnömatik silindir imalatçıları daha uzun yastıklama pimleri ve etkin yastıklama mesafesi tasarlayarak çözüm sunarlar. Ancak uygulamalarda en sık rastlanan hata durumu kinetik enerji yetersizliğidir. Uzun yastıklama pimlerinin en büyük dezavantajı, itme kuvveti ihtiyacının yastıklama ihtiyacının önüne geçtiği durumlarda ortaya çıkmaktadır.



Uzun yastıklama mesafesi durumunda pistonun strok sonuna makul bir sürede ulaşabilmesi için yastıklama ayarı biraz açılmakta ve darbeli duruş görülebilmektedir.

2.5.6 Hız ve İvme Ölçümleri

Pnömatik yastıklamanın doğru yapılmasını sağlamak için öncelikle yastıklama dinamiğinin iyi bilinmesi ve silindir hızının ve yastıklamasının uygun şekilde ayarlanması gerekir. Strok sonunda herhangi bir baskı kuvveti istenmeyen durumlarda ayarlama yapmak son derece basittir. Ancak yük altında çalışan silindirlere darbe oluşmasına izin vermeden ayarlama yapmak ve silindir hızını düşürmeden çevrim süresini sabit tutmak nispeten zordur.

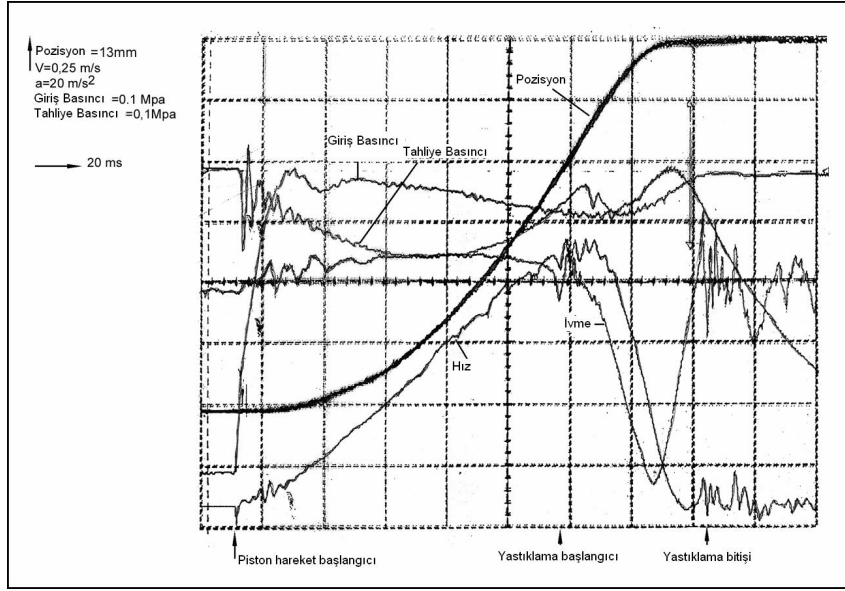
Kütle ve basınç değişkenlerini önceden hesaplamak veya ölçmek oldukça basittir. Piston hareketini ve hızını önceden analitik yöntemlerle tayin etmek veya ölçüm yapmak ise ancak özel düzenek ve cihazlar yardımıyla mümkün olur. Genelde pnömatik silindirlere manyetiklik özelliğini sağlayan sabit mıknatıslar bulunur. Hareket eden bu mıknatısın sebep olduğu manyetik alan değişimine göre hız ölçen cihazlar mevcuttur. Ölçüm cihazı, piston yastıklama bölgesine girmeden az önceki hız değerini verebilecek şekilde ayarlanmalıdır.



Şekil. 27 Piston hızı ölçüm ve kayıt cihazı

Alternatif olarak doğrusal pozisyon cetvelleri ve ivme algılayıcıları yardımıyla tüm strok boyunca anlık hız ve ivme değerlerini ölçmek mümkün olabilir. Doğrusal cetvellerin uygulaması ve montajı oldukça zordur. Ancak ivme algılayıcıları rahatça monte edilip istenilen değerleri ölçülebilir. İvme algılayıcıları kullanılarak hız değişimlerini görmek ve ölçülen ivme ile dolaylı yoldan kuvvet hesabı yapılabilir. mümkündür.

Basınç algılayıcıları ve manometreler de piston hareketi ve dinamiğini incelemek için yararlı ölçümler yapabileceğimiz ürünlerdir. Besleme ve tahliye basınçları ölçülürken silindir gövdesindeki basınç çevrimi ve hareket hakkında bilgi sahibi olunur.



Şekil. 28 Düşey ekseninde çalışan silindirden alınan ölçüm sonuçları

2.5.7 Çabuk Boşaltma Valflerinin Kullanımı ve Yastıklamaya Etkisi

Kullanıcılar arasında yastıklama ayarı gereken uygulamalarda çabuk boşaltma valflerinin asla kullanılmaması gerektiği görüşü hakimdir. Ancak bu bilgi kesinlikle doğru değildir. Çabuk boşaltma valfi sebebiyle yastıklama kapasitesi bir miktar azalacaktır. Ancak özellikle hızın artırılması gereken durumlarda uygulanabilecek olan en iyi çözüm çabuk boşaltma elemanları kullanmaktır.

Yastıklama ayarları ile ilgili en temel kural yastıklama ayar vidasının ulaşılabilir olmasıdır. İmalatçı firmalar makina veya sistemleri tasarlarken bu basit ancak gözden kaçması durumunda problem yaratabilecek durumu göz önüne almalıdır.

2.6 Alternatif Yastıklama Seçenekleri

Silindirlerde dahili olarak bulunan pnömatik yastıklamanın kullanılması elbette ki en kolay ve ekonomik çözümlerden birisidir. Ancak çok büyük yüklerin taşınması veya yüksek hızlara çıkılması durumunda pnömatik silindirin sağlayabildiği dahili yastıklama yetersiz olabilir. Yatay ekseninde tekerlekli bir arabayı hareket ettiren silindir, yükün tamamını kaldırmadan sadece yuvarlanma sürtünmesini yenerek hareket sağlayabilmektedir. Hareketi başlatma ve devam ettirme konusunda sorun yaşamayan silindir aynı yükü düzgün biçimde frenleyerek durduramayabilir.

Bu gibi durumlarda bir veya birkaç üst çaptaki silindire geçerek yastıklama kapasitesi problemini aşmak mümkündür ama silindir ile birlikte tesisat, valf, şartlandırıcı ve varsa diğer devre elemanlarının da beraberce büyütülmesi maliyetleri gereksiz yere yükseltebilir. Ayrıca yerleşim problemleri sebebiyle daha büyük tahrik elemanların kullanılmıyor olması da olasıdır.

Bu tür durumlar için geliştirilmiş olan ve endüstriyel uygulamaların bir çoğunda kullanılmakta olan alternatif yastıklama seçenekleri mevcuttur. Bu bölümde alternatif yastıklama çözümleri incelenecektir.

2.6.1 Yaylar, Lastik veya Plastik Tamponlar

Yay ve lastik tamponlar yastıklama maksadıyla dar bir kapsamda da olsa kullanılabilir. Bu tür ürünlerin kullanımındaki en büyük sıkıntı, aşırı yaylanma etkisi yapmalarıdır. Lastik tamponlarda oluşan yaylanma etkisi yaylara göre çok daha az seviyededir. Ancak tamponların etkin yastıklama mesafesi daha kısa olduğu için mekanik darbeler ortaya çıkabilir.



2.6.2 Debi ve Hız Farkı Oluşturarak Yastıklama

Bazı durumlarda silindire gönderilen ve silindirden tahliye edilen debinin değiştirilmesi gerekebilir. Debinin yetersiz olması durumunda kalkış problemleri ve hareket süresinin uzunluğu sorunu ortaya çıkabilir. Debinin fazla olması durumunda da yüksek hız sebebiyle yastıklama kapasitesinin aşılması riski vardır.

Mekanik kam tahrikli hız ayar valfleri ile strok boyunca hız kontrolü yapılabilir. Bu amaçla piston mili ucuna veya tahrik edilen kam profilli parça / aparat takılır. İkinci bir alternatif yöntemle pnömatik silindiri iki valf ile paralel besleyip manyetik algılayıcıdan gelen sinyal ile valflerden birisini kapatarak kontrol yapılabilir. Pek sık olmasa da oransal yön kontrol valfleri ile sürekli kısma ve denetleme yapılarak frenleme yapmak mümkündür. Fakat bu yöntemin hem biraz karmaşık, hem de yüksek maliyetli olması sebebiyle çok sık uygulandığı söylenemez.

2.6.3 Pnömatik Amortisör

Pnömatik silindirler çeşitli yükleri hareket ettiren tahrik elemanları olduğu gibi hareket eden veya yuvarlanan bir kütlenin durdurulmasında yastıklama elemanı olarak kullanılabilir.

Frenleme yapılacak olan ana silindirin ve yastıklama silindirinin basınçları ayarlanarak ana silindirin etkin baskı kuvvetinden daha alt bir değere ulaşması sağlanır ve frenleme işlevi sorunsuz olarak yerine getirilir.

Yastıklama yapan silindirin sönmülediği enerji miktarı aşağıdaki ampirik formül ile hesaplanabilir.

$$E_c = 11 \times P_{in} \times A_{piston} \times L \quad (6)$$

E_c = Sönümlene enerji (joule)

P_{in} = Yastıklama silindirinin besleme basıncı (bar)

A_p = Yastıklama silindirinin piston alanı (cm²)

L = Yastıklama mesafesi (cm)

Eğer ana tahrik silindiri strok sonunda tam baskıya geçecekse yastıklama silindirinin tahliye edilmesi uygun olacaktır. Yastıklama silindirinin pozitif bölmesindeki havanın basıncı regülatör ile ayarlanabilir ve bu ayarlamalar yastıklama kapasitesini değiştirir. Basınç ayarına paralel olarak amortisör silindirin tahliye havasını kısarak yastıklama kapasitesini değiştirmek mümkündür. Yastık silindirinin tahliyesini tamamen kapatmak uygun değildir. Tam kapalı pozitif bölüm durumunda aşırı basınç yükselmeleri ve içerideki havada aşırı ısınma gibi sorunlar ortaya çıkacaktır.

Biraz daha karmaşık ve otomasyona dayalı frenleme mekanizmaları oluşturmak mümkündür. Yastık silindirinin baskı kuvveti ana tahrik silindirinden daha fazla olacak şekilde ayarlama yapılırsa (basınç veya alan farkı ile) kesin garantili frenleme yapılır. Ancak ana tahrik silindiri yastık silindirine basmaya başladıktan kısa bir süre sonra yastık silindirinin tahliyesi açılmalıdır. Aksi takdirde daha güçsüz olan ana tahrik silindiri amortisör silindirine takılır ve son konumuna ulaşamaz. Bu tarz tahliye ayarları ve zamanlaması için manyetik algılayıcı ve PLC gibi kontrol sistemlerine ihtiyaç vardır.

2.6.5. Darbe Emiciler Yardımıyla Yastıklama

Pnömatik yastıklamanın yetersiz olduğu durumlarda en iyi yastıklama ve frenleme alternatifi hidrolik şok emiciler kullanmaktır. Bu harici yastıklama elemanları silindirlere benzemekle beraber özgün bir amaca yönelik olarak geliştirilmişlerdir. Kapalı ve sızdırmaz yağ haznesindeki hidrolik yağın belirli bir kesitten akarak yer değiştirmesi esasıyla çalışan şok emici silindirlerinin frenleme kapasitesi bir ayar vidası ile değiştirilebilir.



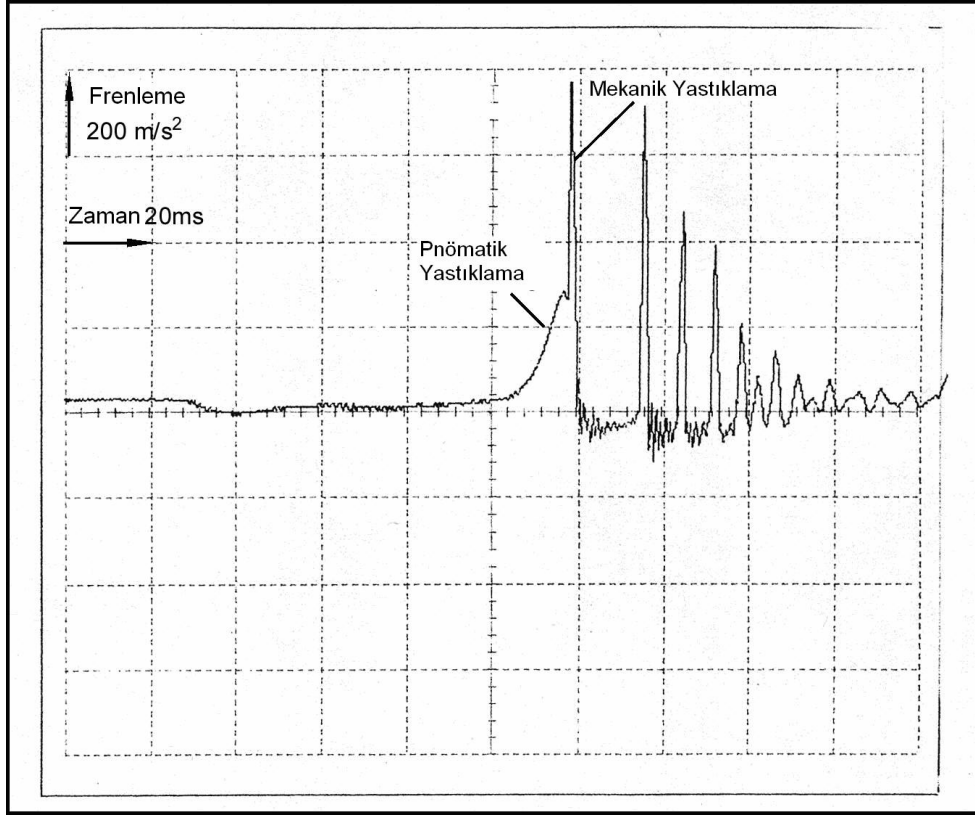
Şekil. 29 Çeşitli tip ve ölçüdeki hidrolik şok emiciler

Çok küçük çaptaki elemanlarda kısma oranı sabittir. Bu tip elemanların kullanılması durumunda tavsiye edilen maksimum hız değerine dikkat etmek gerekir.

Şok emicilerin iki farklı fiziksel limiti vardır. Öncelikle strok başına belirli bir yastıklama enerjisi değeri mevcuttur. İkinci limit ise belirli bir süre zarfında şok emicinin sönmüleyebileceği toplam enerji seviyesi ile ilgilidir. Darbe emilimi esnasında bir kesitten geçen yağın oluşturduğu ısı miktarı, şok emicinin kapasitesini belirlemektedir.

2.7 Makina İmalatçısı ve Bakım Personeli İçin Öneriler ve İpuçları

Pnömatik silindirin çalışması esnasında çok yüksek darbe seviyesi ve ses oluşuyorsa, silindirin frenleme kabiliyetinin çok üzerinde çalışıldığı veya yastıklama ayarının hiç yapılmadığı anlaşılmalıdır. Ayar vidasının bir miktar kısılması sonucunda daha yumuşak ve darbesiz bir duruş elde edilebiliyorsa, yastıklama kapasitesi problemi değil ayarsızlık ihtimali üzerinde durmak gerekir. Bu durumda yastık ayar vidası biraz daha sıkılmalı veya ideal yastıklama noktasına ulaşana kadar hız ve kinetik enerji artırılmalıdır. Eğer strok sonu darbelerinin önüne geçilemiyorsa ayar sorunu ötesinde kapasite sorunu üzerinde durmak gerekir.



Şekil. 31 Yastıklama sürecinde silindirde oluşan ivmeler

Seri olarak makina imalatı yapılan veya aynı silindir ve yükleme kombinasyonunun çok fazla kullanıldığı durumlarda yastıklama ayarı için kolay bir yöntem mevcuttur. Öncelikle ilk denemelerin yapıldığı silindirde ideal yastıklama noktasına ulaşana kadar ayar yapılır ve piston hızı ölçülür. Diğer silindirlerde de önce piston hızı ayarlanır, daha sonra yastıklama ayarı yapılır. Bu yöntemle saatte 10-15 silindiri ayarlamak ve optimize etmek mümkün olacaktır.

Makina imalatçıları ileride oluşabilecek servis ve bakım sürecinde kolaylık sağlaması için silindiri imal eden firmanın etiketini ve kod numaralarını yok etmemeli, mümkünse silindir hızlarını ekipman üzerine yazmalı veya sistem bakım kılavuzlarında belirtmelidir.

Özellikle ön ayarlama yapılarak sevk edilen makinalarda istenilen minimum besleme basıncı değeri müşteriye bildirilmeli ve yeni makina için yapılacak olan tesisatsın bu esaslara göre çekilmesi istenmelidir.

Çevrim süresinin kısaltılması istendiğinde hız ayar valfi açılarak piston hızı artırılabilir. Genel olarak kullanıcıların pek farkına varmadığı durum, yastıklama sürecinin toplam çevrim süresinin ciddi bir kısmını kapsadığı gerçeğidir. Bu süreci optimize etmek, toplam süreci optimize etmek anlamına gelir. Amaç en hızlı ve darbesiz şekilde bir hareketi yerine getirmektir.

Sistem üzerinde yastıklama ayarlarını yaptıktan kısa bir süre sonra çalışma esnasında nihai ayarların yapılması gerekebilir. Sürtünme ve çalışma esnasındaki makinanın bütün olarak dinamiği ilk yapılan ayarlamlarda sapmalara yol açabilir veya optimum noktadan uzaklaştırabilir.

Bakım personeli yastıklama ayar vidasından korkmamalı ve gerektiğinde açılması gerektiğini bilmelidir.



Eğer yastıklama ayarında anlık değişimler ve dalgalanmalar oluyorsa öncelikle besleme basıncı kontrol edilmelidir.

Bakım esnasında valfin değiştirilmesi durumunda ilk çalışmayı elle yapıp gerekirse ayarları değiştirmek ve herhangi bir problem olmadığından emin olduktan sonra otomatik çalışmaya izin vermek doğru olacaktır.

3. SONUÇ

Ayarlanabilir pnömatik yastıklama özelliği, neredeyse tüm silindirlerde standart olarak bulunan ve herkesin farkında olduğu bir özellik olmakla birlikte doğru ve etkin ayarlamaların nasıl yapıldığı pek fazla bilinmemektedir.

Yastıklama en temel anlatımla darbesiz ve kısa mesafeli frenleme olarak değerlendirilebilir.

Yastıklamanın dinamiğini ve temel ayarlamaların nasıl yapıldığını kavrayan kullanıcı, silindirlerin çalışmalarını optimize ederek kapasite artışı sağlarken strok sonunda oluşan mekanik darbeleri ve gürültüyü ortadan kaldırıp silindirin kullanım ömrünü artırabilir ve servis maliyetlerini düşürür.

Uygulaması son derece basit, ancak ayarlaması bir miktar tecrübe gerektiren bu süreç için daha fazla özen gösterilmesi durumunda kullanıcılara önemli faydalar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Basic Pneumatics Trainer Volume-1
Bosch Rexroth AG, 2004
2. Pnömatik Devre Elemanları ve Uygulama Teknikleri
Makina Mühendisleri Odası Yayın No: 293/2
3. ABC of Cylinder Cushioning
Bosch Rexroth Teknik AB Stockholm / Sweden 2002-3 000-140-040-1

ÖZGEÇMİŞ

Necip ÇAYAN

1976 yılında Eskişehir'de doğdu. 1998 yılında O.D.T.Ü. Makine Mühendisliği bölümünden lisans derecesi aldı. 1998-2000 yılları arasında Sayısal Grafik Ltd.Şti. mekanik tasarım yazılımlarından sorumlu ürün sorumlusu olarak görev yaptı. Halen Bosch Rexroth A.Ş. firmasında özel projelerden sorumlu proje koordinatörü olarak çalışmaktadır.