

AĞIR HİZMET UYGULAMALARINDA KULLANILAN SIZDIRMAZLIK ELEMANLARINDA YENİLİKLER

Kubilay SAKARYA
Sercan KARAKOÇ

ÖZET

Ağır hizmet uygulamalarının başlıca örnekleri madencilik, gemi, iş makineleri ve inşaat, demir-çelik gibi endüstrilerde bulunmaktadır. Bu uygulamaların ortak noktası daha zorlu çalışma koşullarıdır. Bu çalışma koşullarına uygun sızdırmazlık elemanlarının tasarımı ve doğru sızdırmazlık sistemlerinin kurulması bu sistemlerin başarısı için kritik bir öneme sahiptir. Bu bildiri de ağır hizmet uygulamalarında başarısı kanıtlanmış ve yenilikçi sızdırmazlık sistem çözümleri derlenmiş ve bu çözümlerin çeşitli çalışma koşullarındaki avantajları test değerleriyle birlikte sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ağır hizmet sektörleri, Ağır hizmete özel boğaz - piston keçeleri, yataklamalar.

ABSTRACT

Major examples of heavy duty applications exist in mining, marine, construction as well as iron and steel industry. Common point in those applications is more challenging conditions. Designs of the seals for these challenging conditions also have critical importance for the success of heavy duty systems. In this paper, sealing system solutions of those have proved success and novelty at heavy duty applications is collected. The advantages of those solutions at different conditions are presented with test results.

Key Words: Heavy duty industry, Specific rod and piston seals for heavy duty, Guide elements.

1. GİRİŞ

Ağır hizmet sanayi; diğer sanayilere ara ürünler hazırlayan ve genel olarak zorlu çalışma koşullarına sahip çalışma alanlarını içerir. Yüksek kapasitelerde üretim gerçekleştirme zorunluluğu olan bu sektörde ağır çalışma şartlarına rağmen üretimin durması kabul edilemez bir durumdur. Bu sebeple ağır sanayiye hizmet ve ürün sağlayan firmaların yüksek kalite anlayışı ve sorumluluk sahibi olmaları önem arz etmektedir.

Bu bildiri de sızdırmazlık elemanları malzemelerindeki gelişmeler, sektöre ait özel tasarımlar, yüksek verimlilik sağlanan uygulama şekilleri ve test sonuçları içeriğinin ana başlıklarını oluşturacaktır.

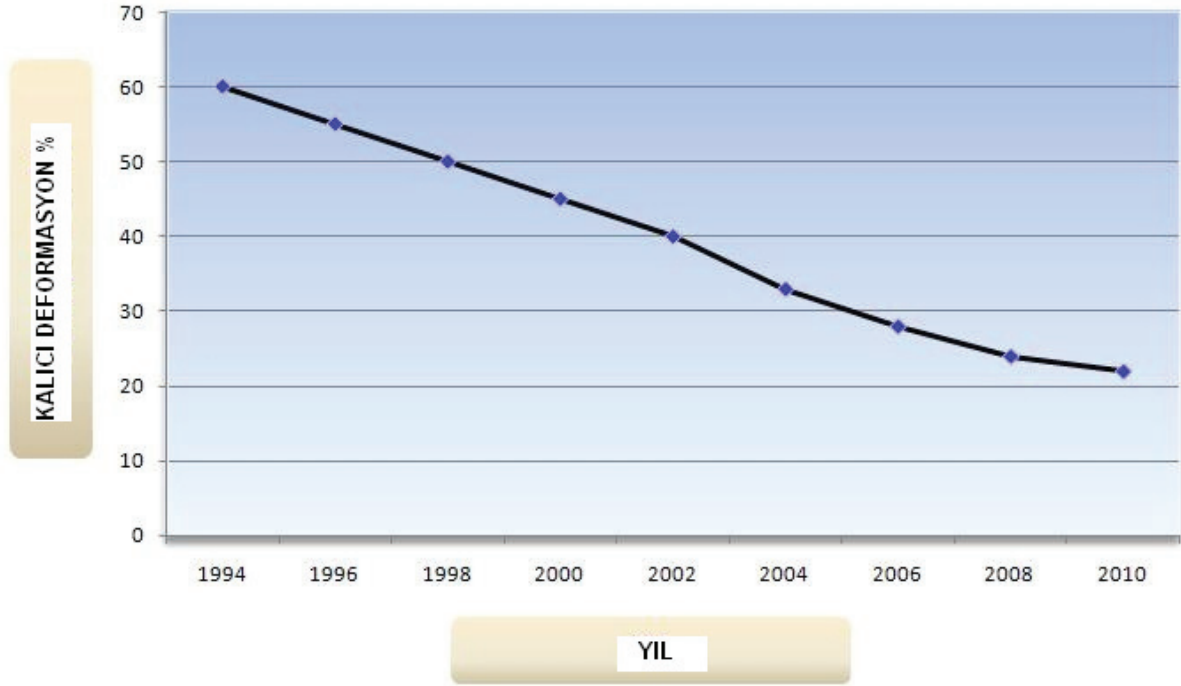
1.1. Ağır Hizmet Sektöründe Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Tabii kauçuğun kürlenmesiyle başlayan sızdırmazlık malzemeleri, günümüzde mühendislik plastiklerinin geliştirilmesiyle geniş bir alan oluşturmaktadır. Çok farklı alanlarda ve uygulamalarda talepleri karşılamak ve istenilen performansları sergilemek ancak bu malzemelerin detaylıca

bilinmesiyle mümkündür. Bunun için ağır hizmet sektöründe kullanılan sızdırmazlık malzemeleri aşağıda verilmiştir.

1.1.1. Poliüretan

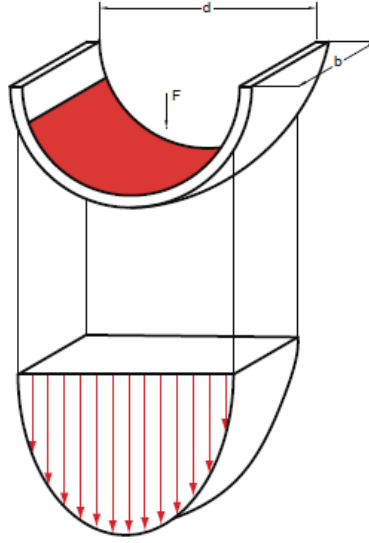
Son 20 yıl içinde poliüretan, geriye toplama özelliğinde sağlanan iyileştirmeler sonucu sızdırmazlık elemanı üretiminde yaygınlaşarak kullanılmaya başlanmıştır. Poliüretan genel olarak -30°C ile $+100^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığında kopma, yırtılma ve aşınmaya karşı mükemmel dayanıklılığa sahiptir. Son yıllarda yapılan çalışmalarla yeni ürünlerde elde edilen gelişmelerin sonucunda sıcaklık kesintili olarak $+120^{\circ}\text{C}$ ile -40°C 'ye ulaşmıştır. Aynı zamanda kalıcı şekil değiştirme değerinde de iyileştirmeler sağlanmıştır. Mineral yağlar, gresler, alifatik hidrokarbonlar, hava ve ozona direnci iyidir. Polar solventlere, aromatlere, fren sıvılarına, asit ve alkaline direnci zayıftır. Özellikle yüksek basınç sızdırmazlık elemanı ve mil sıyırıcı olarak kullanılır.



Şekil 1. Poliüretan Malzemelerde Kalıcı Şekil Değiştirme İyileştirmesi

1.1.2. Metal Olmayan Resin Katkılı Kompozit Malzemeler

Resin katkıli kompozit malzemeler genel olarak yataklama elemanlarında kullanılmaktadırlar ve elastik yapıları sayesinde çok daha iyi yataklama alanı oluşturmaktadırlar. Böylece sistemdeki radyal kuvvetlerin karşılanmasında daha başarılı olmaktadır. Yüksek elastik deformasyonlardan dolayı oluşabilecek eksen kaçıklıkları da dikkate alındığında, yük dağılımının yataklama bandında homojene yakın olması, kuru çalışmadan kaynaklanan problemlerin ortaya çıkmasını önlemektedir. Kompozit malzemelerin resin ile kaplanmış olması kullanım esnasında oluşabilecek parça kopmalarının önüne geçer. Kompozit malzemeler resin katkıları ile özel dokulara sahiptir. Bu nedenle sürtünme kuvvetlerini düşüktür. Diğer yataklama elemanı malzemelerine göre çalışma sıcaklığı değişkenliklerinde ölçü stabilitesini son derece iyi korumaktadırlar. Günümüzde orta ve ağır hizmet silindirlerin kullanıldığı sektörlerde yoğun olarak tercih edilmektedirler.



Şekil 2. Yataklama Genişlik Hesabı [1].

$$b = \frac{F * f}{d * Pt} \quad (\text{mm}) \quad (1)$$

(Emniyet Faktörü $f \approx 2$ olarak kabul edilir.)

Yataklama bandı genişliği (b), eksene gelen dik yük (F) ile yaklaşık iki olarak alınan emniyet faktörünün (f) çarpımının, milin veya pistonun nominal çapı (d) ile izin verilen yüzey temas basıncının (Pt) çarpımına bölünmesiyle hesaplanır.

Yataklama elemanının üzerine gelen radyal yükler hesaplanırken kaçıklıklar, eş merkezlilikten sapmalar, strok, açılmalarda, silindir parçalarının elastik deformasyonları (yataklama elemanının ezilmesi, milin bükülmesi, silindirin uzama ve kısılması) ve sistemin maksimum çalışma sıcaklıkları hesaba katılmalıdır. Bu nedenle hesaplamalar yapılırken mutlaka emniyet katsayısı (genelde 2 civarı kabul edilir) belirlenmelidir. Uzun stroklu silindirlere radyal yükler milin bükülme dayanımı ve diğer faktörlerin izin verdiği kadar olması gerekmektedir.

1.1.3. Termoplastik Polyester Elastomer

Termoplastik polyester elastomerler, DuPont firmasının ticari adını verdiği Hytrel, birçok parça ve komponent için üstün bir bileşim sağlar. Hytrel kauçuğun esnekliğini, plastiğin mukavemetini ve termoplastiklerin kolay işlenebilirliğini bünyesinde birleştirmiştir. Bilinen enjeksiyon, şişirme ve dönerek kalıplama teçhizatlarıyla kolaylıkla işlenebilen termoplastik elastomerleri ekstrüzyon ve döküm yapılabilir.

Hytrel, düşük esneme yorgunluğuna sahip olması istenen ve geniş kullanım sıcaklığı gerektiren parçalar için idealdir. Yırtılmalara, kesiklerin esnemeyle büyümesine, sünmeye ve aşınmaya karşı oldukça mukavemetlidir. Mekanik özellikleri, ihtiyacınız olan çekme ve eğilme mukavemetinin yanı sıra eşsiz tokluk da sağlamaktadır. Kimyasal açıdan hidrokarbonlara ve daha birçok akışkana karşı dayanıklıdır.

Hytrel serisi, Shore D sertliği 30 ile 82 arasındaki cinsleri kapsamaktadır. Isı stabilizatörlü, alev geciktirici katkı ve şişirme cinsleri gibi özel cinsler de bu seriye dâhildir. Hytrel serisinin, siyah pigment, UV koruyucu, hidrolize stabilizatörü, ısı stabilizatörü ve alev geciktirici gibi çeşitli katkı malzemeleri içeren cinsleri de bulunmaktadır [2].

1.1.4. PTFE

PTFE bilinen en düşük sürtünme katsayısına sahip olan malzemedir. Düşük sürtünme katsayısı ve yüksek aşınma dayanımı sayesinde kuru kuruya çalışabilir ve yüksek hız gerektiren uygulamalarda, -200°C ile +260°C sıcaklık aralığında kullanılabilir. Alkalın metaller, yüksek basınç ve sıcaklıktaki klorotriflorür ve temel florinler hariç tüm kimyasallara karşı dayanımı oldukça iyidir. Sertliği ve esnekliği hidrolik uygulamadaki kullanım için uygundur. Kullanılacağı uygulamaya göre cam elyafı, grafit, karbon, molibden di sülfid ve bronz katılarak üretilip fiziksel ve mekanik özellikleri değiştirilebilir.

1.1.5. NBR

Sızdırmazlık elemanları uygulamalarının büyük bir kısmı için önerilir ve çok yaygın bir kullanıma sahiptir. Nitril (NBR) bir Butadien - Acrylo Nitril (ACN) polimerdir. Nitril karışımında Acrylo Nitril (ACN) (C_3H_3N) oranı %30 ile %50 arasında değişmektedir. ACN oranındaki değişiklik, kullanılan karışımın mineral yağlar, gres ve yakıtlardaki hacimsel değişimini, gaz geçirgenliğini, elastisitesini ve geri toplama özelliğini değiştirir. Alifatik hidrokarbonlar (Propan, Bütan, Petrol) mineral yağları, yağlama yağları, Grup H, HL, HLP tip yağlar ve gresler, HFA, HFB, HFC, bitkisel ve hayvansal gres yağları ve diesel yakıtında oldukça iyi dayanım gösterir. Yakıtlar ve sanayi sıvıları için değişik karışımlar yapılmaktadır. Standart nitril karışımı -30°C, +105°C'ye kadar kullanılmak üzere önerilir. Kısa aralıklı çalışmalarda +120°C'ye kadar kullanılabilir. Düşük sıcaklık dayanımıyla ilgili özel birleşimlerle -40°C'de kullanılabilir duruma getirilebilmektedir. Geri toplama özelliğinin iyi olması sayesinde, sızdırmazlık elemanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır.

1.1.6. POM

-40°C ile +110°C sıcaklık aralığında yüksek ölçü stabilitesi olan, aralıklı olarak +140°C'ye kadar çalışma sıcaklığına sahip bu malzeme, hidrolik ve pnömatik sistemlerde yataklama elemanı malzemesi ve destek ringi malzemesi olarak kullanılır. Mineral yağlarda ve HFA, HFB tipi yağlarda emniyetle kullanılırlar. Cam elyaf katkılı tiplerinde yüksek temas basınç dayanımı elde edilir.

1.1.7. Polyamid (PA)

Polyamid, peptid bağları tarafından bağlanmış monomerler içeren bir polimerdir. PA6 ve PA66 gibi Alifatik Polyamidler ağır sanayide kullanılan sızdırmazlık elemanlarında gerek yataklama malzemesi gerekse sızdırmazlık elemanının bir parçası olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Kevlar, Nomex gibi aromatik polyamidler de sızdırmazlık elemanı çözümlerinde yer bulmaktadır, bunlardan daha detaylı olarak bahsedilecektir. Polyamid yüksek molekül ağırlığı ve çapraz yapıda bağları nedeniyle sert bir plastiktir. Bükülmeye ve aşınmaya dayanıklı bir plastik türüdür. Yük altında uzun süre çalışabilme özelliğine sahiptir. Su emme özelliği nedeniyle nemli ortamlarda tavsiye edilmez.

1.1.8. KEVLAR-FKM

Kevlar, aromatik polyamid grubundan para-aramid olarak adlandırılan bir sentetik fiberdir. Kevlar çok yüksek çekme gerilimine dayanabilen liflerden oluşan ipliksi bir yapıdır. Kevlar filamentleri yaklaşık olarak 3.620 MPa kopma mukavemetine sahiptir. Soğuk dayanımı -196 °C sıcaklıklara kadar düşmektedir. Yüksek sıcaklıklarda çalışma kabiliyeti olsa da 160 °C sıcaklıkta 500 saat sonra kopma dayanımında %10-15 kayıp gerçekleşir, 260 °C sıcaklıkta ise 70 saat sonra %50 kopma dayanımında azalma görülür [3]. Kevlar bezin FKM (Viton) ile kaplanmasıyla yüksek sıcaklık ve dayanıma sahip packingler üretilmektedir.

1.1.9. KEVLAR-PTFE

Kevlar daha önce de belirtilen özelliklerinden ötürü eşsiz bir fiber malzemedir. Kevlar kullanılarak üretilen bezlerin çok özel bir teknikte PTFE (Teflon) ile birleştirilmesi sonucu Kevlar-Teflon packingler ortaya çıkmaktadır. Kevlar ve PTFE hem yüksek ısı dayanımları hem de çok geniş kimyasal dayanımları nedeniyle rakipsiz çözümler sunmaktadır. Gıdaya uygunluğu ve reaktif olmaması nedeniyle gıda ve ilaç üretim sektörlerinde sıklıkla Kevlar-Teflon çözümler kullanılmaktadır. Bu

packing keçeleri, üniversal kimyasal dayanım, yüksek sıcaklık dayanımı, düşük sürtünme kuvvetleri ve yağsız çalışma kabiliyetine sahiptir.

1.2. Ağır Hizmet Sektöründe Kullanılan Hidrolik Silindirelerin Özellikleri

Kullanılan silindirelerin boru iç yüzeyleri honlanmış ve parlatılmış olmalıdır. Dikişsiz, soğuk ve sıcak çekme yöntemleri ile üretilebilirler. Tablo 1 ve Tablo 2’de belirtilen değerlerde üretimi gerçekleştirilmiş malzemeler, ağır hizmet uygulamalarında tavsiye edilmektedir.

Tablo 1. Ağır Hizmet Sektörü Boru Özellikleri.

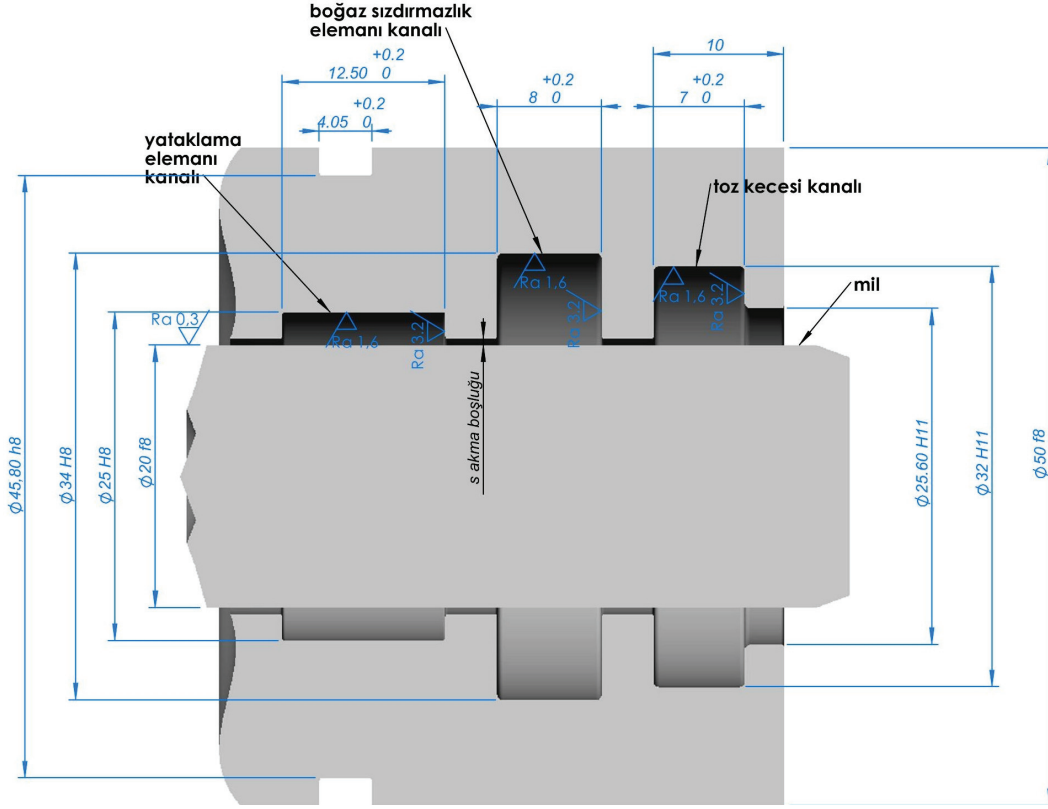
Boy	5 - 8 metre
Malzeme	St 52 + St52-2 + St 52-3
Tolerans	ISO 286 H8
Yüzey Pürüzlülük değeri	Ra <= 0,4µm
Düzgünlük	1/1000 mm
Kopma Direnci	Rm = 650N/mm ²

Tablo 2. Ağır Hizmet Sektörü Mil Özellikleri.

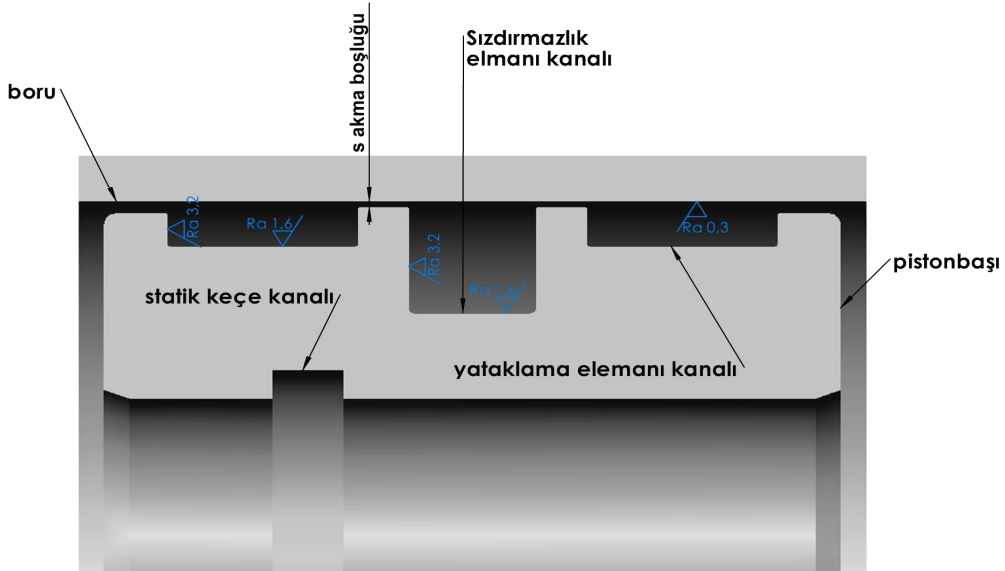
	Sert krom kaplı	İndüksiyon ile sertleştirilmiş krom kaplı
Boy	5 - 7 metre	5 - 7 metre
Malzeme	Ç 1040 - 1050	Ç 4140
Sertlik	850 - 1150 Vickers	60 - 63 HRC
Yüzey Pürüzlülük değeri	Ra = 0,1 - 0,25 µm	Ra = 0,1 - 0,25 µm
Tolerans	ISO 286 f7	ISO 286 f7

1.3. Boğaz Takozu ve Piston Başı Örnekleri

Şekil 3’de görülen boğaz takozu hidrolik silindirelerde sızdırmazlık elemanlarının kanallarına göre işlenmiş parçalardır. Genel olarak bir toz keçesi, bir sızdırmazlık elemanı, yataklama ve statik keçeden oluşan bir gruba sahiptir. Bu parçada dikkat edilmesi gereken husus seçilen keçelerin ölçülerine bağlı olarak açılmış kanalların verilen tolerans değerlerinde olması ve yüzey pürüzlülük değerlerinin kataloglarda üretici firmalar tarafından belirlenmiş değerlerde olması gerekliliğidir. "S" akma boşluğu değeri ise seçilen sızdırmazlık elemanına göre değişkenlik gösterip bu tasarımdaki en kritik ölçü olarak kabul edilir. Burada yapılacak olan bir hata önemli problemlerin doğmasına neden olur.



Şekil 3. Boğaz Takozu Dizaynı.



Şekil 4. Piston Başı Dizaynı.

Şekil 4'te görülen Piston başı parçalarında da boğaz takozunda olduğu gibi kanal ölçü tolerans değerlerine ve yüzey pürüzlülük değerlerine dikkat edilmelidir. S akma boşluğu aynı şekilde en önemli değerdir. Radyal yükler göz önünde bulundurularak yataklama cinsi ve adedi değiştirilebilir.

2. AĞIR HİZMET UYGULAMALARI VE SIZDIRMAZLIK ÇÖZÜMLERİ

2.1. Madencilik Sektörü

İnsan ve toplum hayatında vazgeçilmez bir yer tutan madencilik sektörü, tarih boyunca gelişmiş ülkelerin sahip oldukları teknoloji ve refah düzeyine ulaşmalarında en etkin rol oynayan faktörlerden biri olmuştur. Madencilik, özellikle tarım ile birlikte toplumların hammadde ihtiyaçlarını sağlayan iki temel üretim alanından birisi konumundadır. Yeraltı maden sistemlerinde büyük oranda ağır hizmet hidrolik silindirleri kullanılmaktadır.

Şekil 5'teki çatı destek sistemi madencilik sektöründe sıklıkla kullanılır.

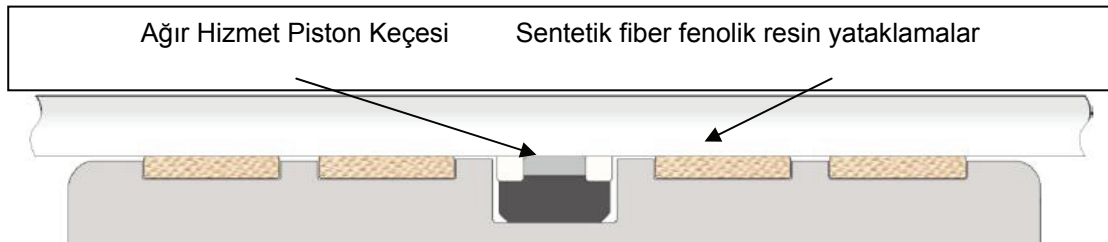


Şekil 5. Longwall Çatı Desteği.

Şekil 5'te görülen kaide silindirlerinin boğazında ve pistonunda kullanılan konfigürasyonlar aşağıda verilmiştir.

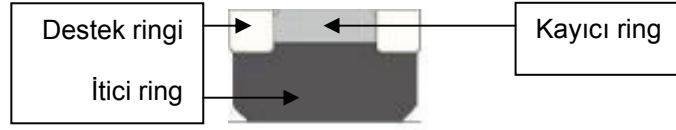
2.1.1. Madencilik Sektöründe Kullanılan Örnek Piston Dizaynı

Madencilik sektöründe yağlayıcılar ve su karışımı gibi özel akışkanlar kullanılmaktadır. Bir sızdırmazlık elemanının bu medyada çalışabilmesi için özel malzeme yapısına (compoundına) sahip olması gerekmektedir. Buna ek olarak silindirlerin boru yüzeylerinde oluşmuş deformasyonları absorbe edebilmesi gerekmektedir. Bu da ancak malzemenin yapısıyla ve spesifik ürün tasarımıyla sağlanabilir.



Şekil 6. Kaide Silindirinde Kullanılan Piston Konfigürasyonu.

Şekil 6'daki konfigürasyonda piston keçesi olarak ağır hizmet piston keçesi seçilmiştir. Şekil 7'de detaylı bir şekilde görülen ağır hizmet piston keçesinin seçilmesinin nedeni NBR 80 Shore A olan itici ringi ile POM destek ringleri olmasıdır. Ağır hizmet piston keçesine ait POM destek ringleri ile akma boşluklarından doğabilecek problemler minimuma indirgenerek güvenli çalışma sağlanır. Sızdırmazlık görevini üstlenen ve Hytrel malzemedeki kayıcı ring ile yüksek aşınma mukavemeti gösterilir. Tüm bu ürünlerin ortak özelliği su ve yağlayıcılara karşı mükemmel dayanıma sahip olmalıdır.



Şekil 7. Piston Keçesi.

Yataklama elemanı olarak PTFE katkılı sentetik fiber fenolik resin yataklamalar kullanılmıştır. Sahip olduğu yüksek temas basıncı (dinamik 120 N/mm² / statik 320 N/mm²) ile radyal yük taşıma kapasitelerinin üst seviyelerdedir. Ayrıca içerisindeki teflon katkısı sayesinde düşük sürtünme kuvvetleri ile çalışarak 0,8 m/sn hızlarında dahi güvenle kullanılır. İyi yastıklama özelliği, geniş çalışma sıcaklığı, yüksek ölçü stabilitesi ve bünyesine son derece su alma özelliği ile avantaj sağlar.

2.1.2. Madencilik Sektöründe Kullanılan Örnek Boğaz Dizaynı

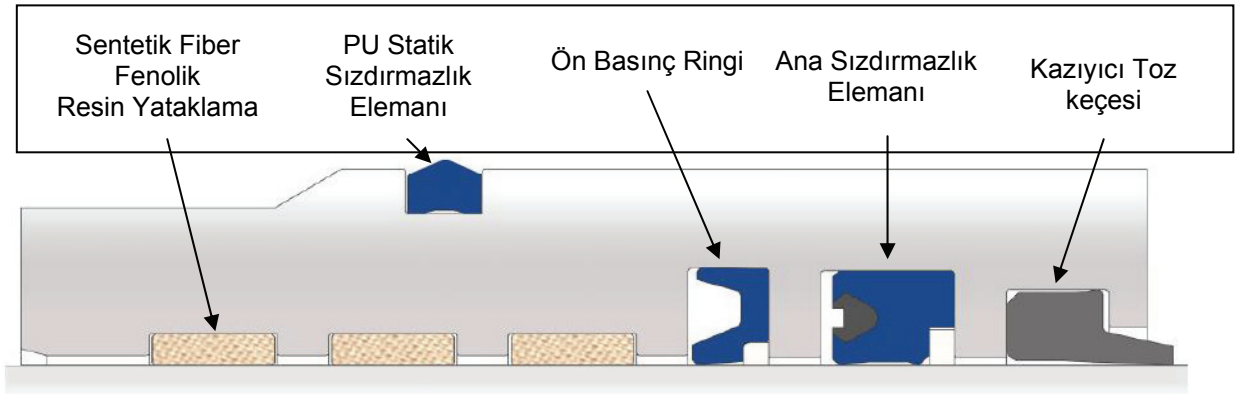
Şekil 8'de görülen boğaz tasarımında sentetik fiber fenolik resin yataklamalar sisteme gelen radyal yükleri mükemmel şekilde karşılayıp sistemin eş eksenli çalışmasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

Sistemdeki ön basınç ringi oluşabilecek çok basınçları üzerine alarak ana sızdırmazlık elemanına sabit basınç verebilme görevini görmekte böylece ana sızdırmazlık elemanının ani çok basınçlarından etkilenmesini yok etmektedir.

Ana sızdırmazlık elemanı olan boğaz keçesi, yapısı gereği hem yüksek basınçlarda hem de düşük basınçlarda mükemmel sızdırmazlık hattı yaratması nedeniyle bu ağır hizmet konfigürasyonunda tercih edilmiştir. Kompakt dizaynı gereği yüksek akma boşluğu değerlerinde dahi problemsiz kullanım sağlar.

Kazıyıcı tip toz keçesi hem malzemesi hem de dizaynı gereği ağır olan dış koşullara (nem, toz, pislik vb.) mükemmel uyum sağlayıp sistemin bu negatif etkileri içine almasını önlemektedir.

Statik keçe ise O-ringden kaynaklanabilecek tüm problemleri (dönme, burkulma, ısırma vb.) ortadan kaldıran dizaynı ve malzemesiyle bu konfigürasyonu olabilecek en güvenli hale sokmaktadır.



Şekil 8. Kaide Silindirinde Kullanılan Boğaz Konfigürasyonu.

2.2. İş Makineleri

İş makineleri sektörü ülkelerin gelişmişliğini ve ekonomisinin seviyesini ortaya koyan en önemli göstergelerden birisidir. Ülkelerin ekonomik ve sosyal alanda kalkınmasını sağlamak için yapılması zorunlu olan her alt ve üst yapıda alternatifsiz olarak iş makineleri kullanılır. Bundan dolayı bir ülkedeki

ekonomik ve sosyal seviye, o ülkenin sahip olduğu iş makinelerinin sayısı ve niteliğiyle doğru orantılıdır.



Şekil 9. Ekskavatör.

Şekil 9'da görülen ekskavatördeki kaldırma silindirlerinin boğazında ve pistonunda kullanılan konfigürasyonlar aşağıda verilmiştir.

2.2.1. İş Makineleri Sektöründe Kullanılan Örnek Boğaz Dizaynı

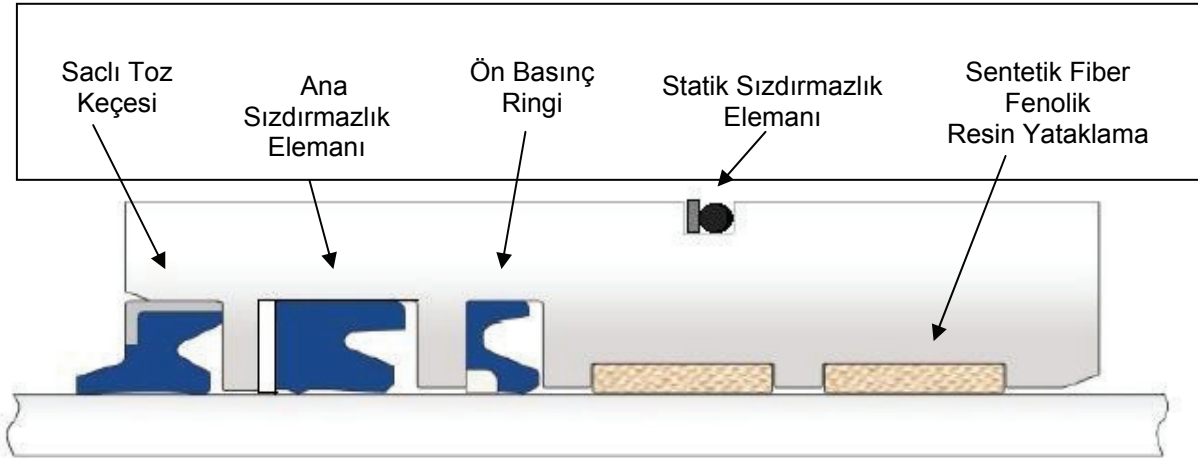
Bu boğaz konfigürasyonunda kullanılan saclı toz keçesi dizaynında bulunan sac parça açık kanallara kolay montaj, toz dudağı ile nutring dudakları sayesinde yüksek sıyırma sağlar. İş makinelerinin çalıştığı ortamlarda toz ve partiküller yoğun bulunur. Saclı toz keçesi, çift dudaklı yapısıyla bu durum karşısında çok iyi performans sergiler. Poliüretandan olması nedeniyle de yüksek aşınma mukavemetine sahiptir.

Poliüretanın sahip olduğu yüksek aşınma dayanımı ile uzun çalışma ömrüne sahip olan ana sızdırmazlık elemanı, özel tasarımı sayesinde toz keçesinin deforme olduğu durumlarda yabancı partiküllerin ana sızdırmazlık dudağına ulaşmasının engeller. Ayrıca tasarımındaki ikinci dudak yağ filmi kalınlığının optimum seviyede kalmasında etkilidir. Destek ringi ile de akma boşluklarından doğabilecek problemler minimuma indirgenir.

İş makinelerinin çalışma koşulları gereği sık sık şok basınçlarla karşılaşmaktadır. Ön basınç ringi kullanılarak ana sızdırmazlık elemanının görevini yapmasında problem oluşmaması ve sistemin stabil çalışması sağlanır.

Yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olduğu için sentetik fiber fenolik yataklamalar kullanılmıştır.

NBR O-ring'in arkasında termoplastik elastomer malzemelerden oluşan statik sızdırmazlık elemanı kullanılarak akma problemi ortadan kaldırılır. Böylece sorunsuz ve optimum statik sızdırmazlık gerçekleştirilir.

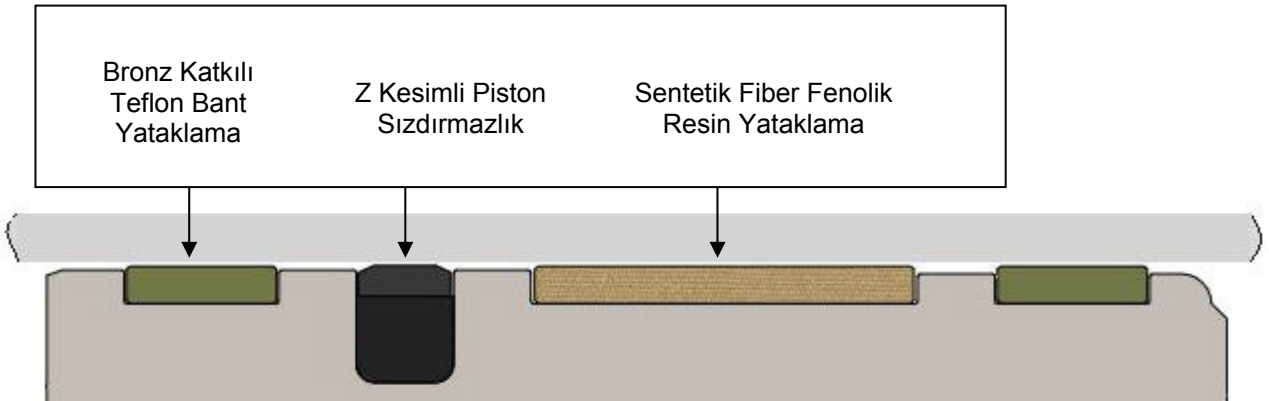


Şekil 10. Kaldırma Silindirinde Kullanılan Boğaz Konfigürasyonu.

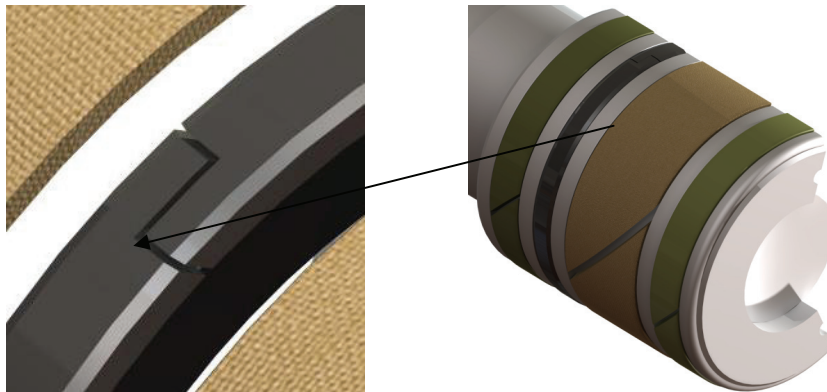
2.2.2. İş Makineleri Sektöründe Kullanılan Örnek Piston Dizaynı

Şekil 11'de görülen piston konfigürasyonunda bronz katkı teflon bant yataklamalar sağ ve sol yanda kullanılarak sistemin yataklanması sağlanmıştır. Aynı zamanda kullanım yeri gereği akışkan içinde oluşabilecek partiküllerin yataklama elemanına batarak sisteme zarar vermesi önlenmiştir.

Yük taşıma kapasitesi göz önünde bulundurulduğu için sentetik fiber fenolik resin yataklamalar kullanılmıştır. Bu sayede sisteme gelen radyal yüklerin karşılanması sağlanmıştır.



Şekil 11. Kaldırma Silindirinde Kullanılan Piston Konfigürasyonu.



Şekil 12. Z-Kesim Detay Görünümü.

Ana sızdırmazlık elemanı olarak kullanılan ve Şekil 12'de görülen Z kesimli piston sızdırmazlık elemanı yüksek aşınma, şok basınçlara mükemmel dayanım, kolay montaj, yüksek akma boşluklarında sorunsuz çalışma, ISO 7425-1 kanal standardına uygun tasarım ve uzun çalışma ömrü gibi avantajlara sahiptir.

2.3. İnşaat Sektörü

Gelişmekte olan ülkelerin ana eksenini inşaat sektörü oluşturmaktadır. Barajlar, enerji üretim tesisleri, yollar, havaalanları, kentsel mekânlar, fabrikalar, hastaneler ve diğer tüm yaşamsal mekânlar ile o mekânları yaşanılır kılabilecek tüm altyapının ilk adımı inşaatla atılmaktadır. Kendisine bağlı onlarca alt sektörün ürettiği mal ve hizmete talep yaratarak ekonominin lokomotifini oluşturur.

Böyle önemli bir sektörde Şekil 13'te görülen beton pompaları büyük önem teşkil eder.



Şekil 13. Kamyona Monte Beton Pompası [4].

İnşaat sektöründe kullanılan boğaz konfigürasyon örneği aşağıda verilmiştir.

2.3.1. İnşaat Sektöründe Kullanılan Örnek Boğaz Dizaynı

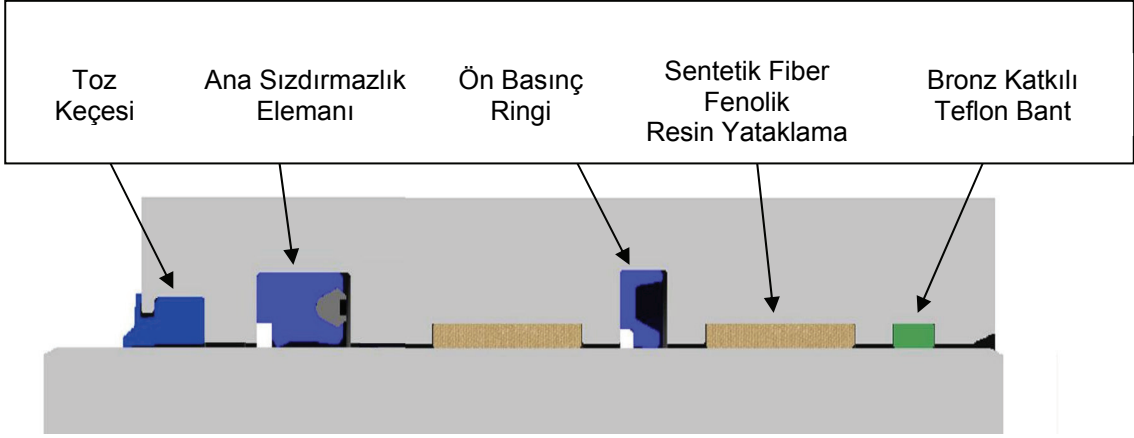
Şekil 14'de beton pompasında kullanılan boğaz konfigürasyonu görülmektedir. Bu konfigürasyonda kullanılan toz keçesine ait özel profil sayesinde üstün sızdırmazlık sağlanır. Ayrıca kanal içinde dönmemesi ve keçe sırt yüzeyinden gelebilecek zararlı partiküllerin engellenmesi de yine özel profili sayesinde. Poliüretan malzemeden olmasından dolayı yüksek aşınma dayanımına ve uzun kullanım ömrüne sahiptir.

Sentetik fiber fenolik resin yataklama elemanı ile yüksek radyal yüklere dayanım sağlanır.

Bronz katkılı teflon yataklama ile sistem yağına karışmış yabancı partiküllerin sızdırmazlık elemanına ulaşması engellenir.

Ana sızdırmazlık elemanı basınç dalgalanmalarından etkilenmeyecek tasarım yapısına sahiptir. Dizayndaki NBR elemanı ile düşük ve yüksek basınçlarda mükemmel sızdırmazlık sağlanmaktadır. POM destek ringiyle akma boşluklarına karşı önlem alınarak yüksek basınçlarda oluşabilecek akma problemleri ortadan kaldırılmıştır.

İnşaat sektöründe sıklıkla karşılaşılan şok basınçların da ana sızdırmazlık elemanının etkilenmemesini sağlamak için ayrıca ön basınç ringi kullanılmıştır.



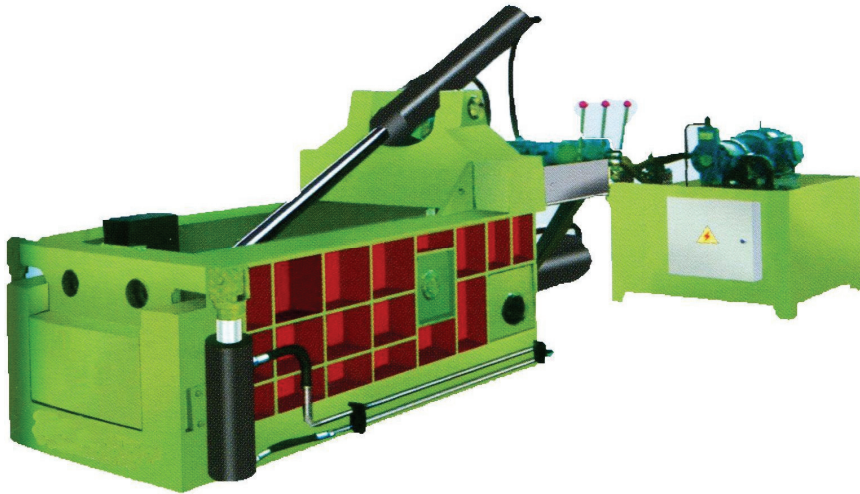
Şekil 14. Beton Pompasında Kullanılan Boğaz Konfigürasyonu.

2.4. Metal İşleme ve Gemicilik Sektörü

Metalin faydalı ve kullanılabilir olmasını sağlayan metal işleme sektörü günümüzde yenilenen teknolojiler ve faaliyetlerle artan bir ivme göstermektedir. Metal işleme sektörü; otomotiv, gemi inşa, tarım, tıbbi ekipmanlar, elektronik, uzay-havacılık, savunma sanayi gibi tüm önemli sektörlerle temelden bağlı olmasından dolayı bu sektörlerin üretkenliğini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenlerden ötürü sanayinin temel direklerinden biri olarak nitelendirilir.

Birçok sektörün sinerjisini barındıran gemicilik sektörü; makine imalat sanayi, elektrik-elektronik sanayi, boya sanayi, lastik-plastik sanayi, demir-çelik sanayi gibi onlarca sanayi kolunun ürünlerini bilimsel ve teknolojik temellere dayalı olarak, belirli bir sistematik ve disiplin içerisinde tersanelerde birleştirilmesiyle ürün elde edilen bir sanayi dalıdır.

Her iki sektörde sızdırmazlık teknolojisi açısından istenilen değerler yaklaşıktır. Uygulamalarda istenilen değerler ve özellikler benzerlik gösterdiği için iki sektör bir arada değerlendirilmiştir. Aşağıda her iki sektörde de kullanılabilen ve Şekil 15'de görülen, hidrolik hurda preslerinde kullanılmış boğaz ve piston konfigürasyonları verilmiştir.



Şekil 15. Hidrolik Hurda Presi [5].

2.4.1. Metal İşleme Ve Gemi Sektöründe Kullanılan Örnek Boğaz Dizaynı

Şekil 16'da boğaz konfigürasyonu görülmektedir. Kullanılan toz keçesi termoplastik elastomer malzemeden imal edilmiştir. Üstün sıyırma özelliği, yüksek aşınma dayanımı, yüksek kayma hızı özellikleri sistem için büyük avantaj sağlar. Ayrıca oluşabilecek küçük çentiklerde yırtılma mukavemeti oldukça yüksektir.

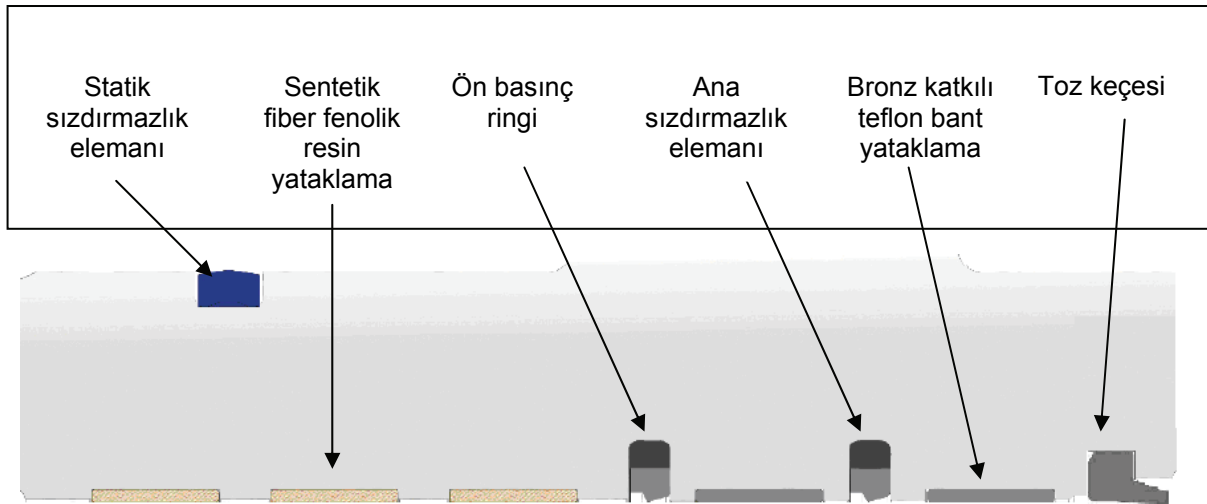
Yataklama elemanı olarak seçilen bronz katkı teflon, yağsız (kuru) ortamda keçe arkasında kullanılabilir. 200°C sıcaklık ve 15 m/sn gibi zorlayıcı şartlarda mükemmel performans sergiler. Ayrıca toz keçesini aşan yabancı partikülleri bünyesinde toplayarak silindirin içine girmesini engeller.

Ana sızdırmazlık elemanı bronzlu teflonun getirdiği tüm avantajlara sahip olarak hızlı sistemlerde düşük sürtünme kuvvetleri ile -30°C'den +200°C'ye kadar geniş sıcaklık aralığında ve 400 bar gibi yüksek basınç değerlerinde çalışabilir. Uzun statik duruşlarda yapışmaz. Basit kanal tasarımı ile düşük maliyetli kanal üretimine olanak sağlar. Aynı ürün ön basınç ringi olarak kullanılmıştır.

Bu sızdırmazlık elemanında bulunan arka basıncı boşaltma özelliği bu tip bir tandem kullanıma olanak sağlar.

Sentetik fiber fenolik resin yataklama elemanlarının teflon katkısı ile yüksek hızlarda çalışabildiği ve diğer yataklamaların çok üzerinde radyal yük taşıyabildiği için bu uygulamada tercih edilmiştir.

Poliüretan malzemeden olan statik keçe, ekstra destek ringine ihtiyaç duymadan 600 bar basınca kadar sızdırmazlık sağlamasından dolayı bu uygulamada idealdir.

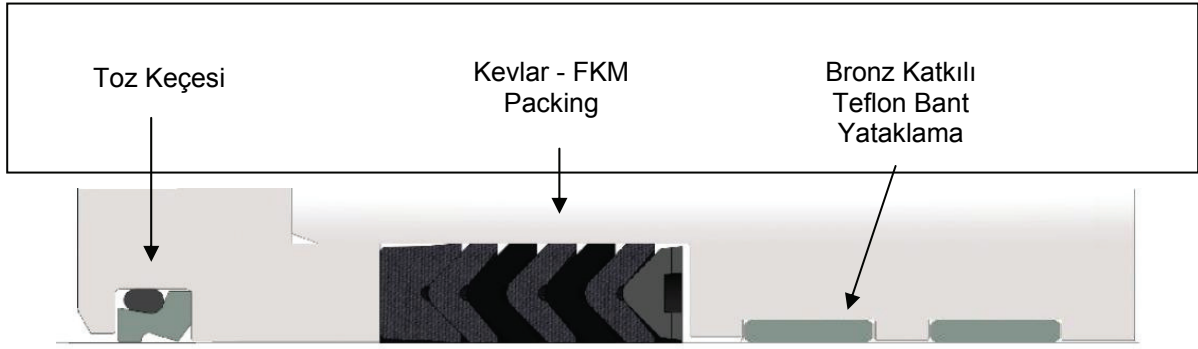


Şekil 16. Hidrolik Hurda Presinde Kullanılan Boğaz Konfigürasyonu.

Şekil 17'de Kevlar viton malzemeden üretilmiş packing sızdırmazlık elemanına sahip konfigürasyon görülmektedir. Kevlar malzemenin yüksek sıcaklık dayanımının yanı sıra yüksek kopma mukavemeti sayesinde özellikle demir çelik sektöründe kullanımı için avantaj yaratmaktadır.

Teflon ve FKM O-ringden oluşan toz keçesinin çift dudaklı yapısı sayesinde üstün sıyırma özelliği göstermektedir. Aynı zamanda statik duruşlarda yapışmama özelliği sergilemektedir.

Bronz katkı teflon yataklama ile yataklamanın yanı sıra herhangi bir sebeple hidrolik akışkana karışmış partikülleri bünyesine alarak sızdırmazlık elemanına ulaşması engellenmektedir.



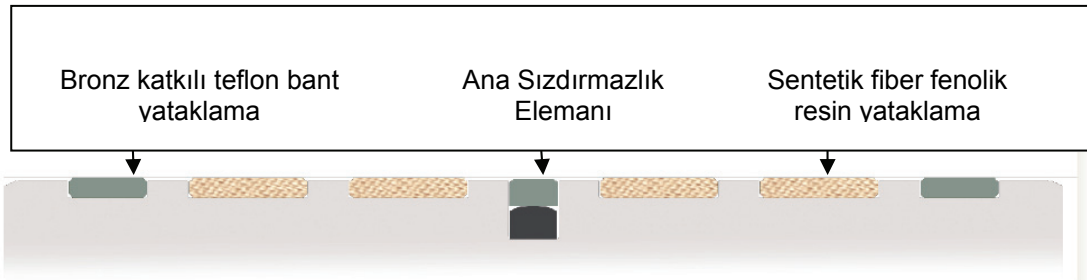
Şekil 17. Yüksek Sıcaklığa Sahip Ortamlarda Kullanılan Boğaz Konfigürasyonu.

2.4.2. Metal İşleme Ve Gemi Sektöründe Kullanılan Örnek Piston Dizaynı

Şekil 18'de metal işleme ve gemi sektörlerinde kullanılan piston konfigürasyonu görülmektedir. Bronzlu teflon ve NBR itici ringden oluşan ana sızdırmazlık elemanı 400 bar gibi yüksek basınçlarda çalışabilme imkânı, yüksek aşınma ve ekstrüzyon dayanımı, özel profilli NBR itici ringi ile yüksek kontak basıncı sağladığı için bu uygulamada tercih edilmiştir.

Silindir içine girebilecek zararlı partiküllerin sızdırmazlık elemanına ulaşmasını bronz katkı teflon yataklamalar engeller aynı zamanda yataklamaya da destek olur.

Sentetik fiber fenolik resin yataklamaların sistemin gereksinimi doğrultusunda uygun sayıda kullanılması ile yüksek radyal yüklerde aksel kaçıklık oluşması önlenir.



Şekil 18. Hidrolik Hurda Presinde Kullanılan Piston Konfigürasyonu.

2.5. Yüksek Basınç Altında Boğaz Keçesinin Davranışı

Yüksek basınç altında davranışı incelenmek üzere Şekil 19'da görülen boğaz keçesi seçilmiştir. K33 boğaz keçesi, daha düşük tasarlanmış iç sızdırmazlık dudağı ve ikinci dinamik dudağı ile tek etkili boğaz sızdırmazlık elemanlarıdır. PU9401 malzemeden olması nedeniyle sürtünme dayanımı yüksektir. Tasarımından kaynaklanan ikinci dudak sayesinde yüksek sızdırmazlık özelliği, toz keçesinin zarar gördüğü durumlarda yabancı partiküllerin ana sızdırmazlık dudağına ulaşmasını önlenmesini sağlar. Ayrıca yine tasarımından dolayı montaj kolaylığı sağlar.



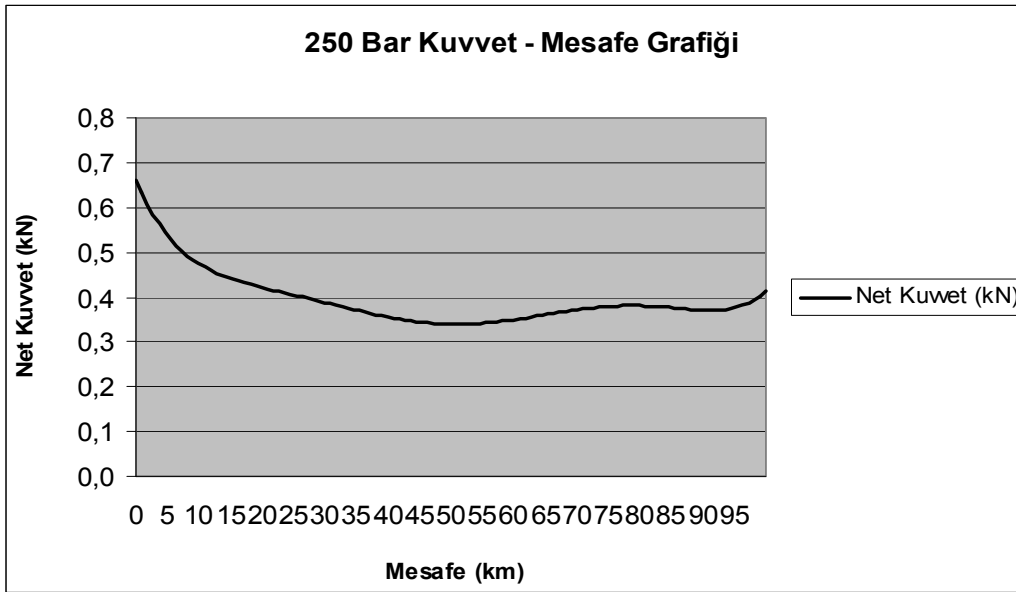
Şekil 19. Boğaz Keçesi.

Bu tip avantajlarıyla iş makinelerinde, fork-liftlerde, enjeksiyon tezgahlarında, tarım makinelerinde, standart silindirlerde ve hidrolik preslerde sıklıkla kullanılırlar.

Test $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, 0,4 m/sn hız ve 250 bar ± 2 bar basınç altında 311 km boyunca gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yağın yoğunluğu 0.879 g/cc'dir.

İki adet KBT (2,5 x 9,7) yataklamalarla ve toz keçeleriyle gerçekleştirilen testin sonucunda sızıntı değerlendirmesi yapabilmek için 300 km testin bitiminden 11 km sonra ölçülmüştür.

İlk 100 km boyunca elde edilen veriler değerlendirildiğinde Şekil 20'de görülen mesafeye göre kuvvetin değişimi grafiği elde edilmiştir.



Şekil 20. 250 bar Basınç Altında Boğaz Keçesinin Kuvvet Mesafe – Grafiği.

Aynı zamanda test sonucuna göre Tablo 3 elde edilmiştir.

Tablo 3. Kalıcı Deformasyon Değerleri.

Test Sonuçları		
A	Ön Yükleme	18,53%
B	Ön Yükleme	18,13%
A	Ön Yükleme Kaybı	9,08%
B	Ön Yükleme Kaybı	8,31%
A	Kalıcı Deformasyon	53,24%
B	Kalıcı Deformasyon	50,00%

Kalıcı deformasyon testi ISO 815 “Compression Set” testindeki yaklaşım kullanılarak ürünlerin gerçek çalışma ortamlarında test edilmesi amacıyla uygulanmıştır.

Testin sonucunda ortalama sızıntı 0,023 cc/100m olarak ölçülmüştür. 300 km boyunca yapılan testin üzerine yapılan 11 km’lik test de A tarafında 0,026 cc/100m, B tarafında da 0,027 cc/100m sızıntı tespit edilmiştir. Her iki keçe de aşırı aşınmaya maruz bırakılmış ve ileriki uygulamalar için hiçbir sorun gözlemlenmemiştir.

SONUÇ

Ağır hizmet sektörü için gerçekleştirilecek bir hidrolik silindir tasarımında, çalışma şartlarını göz önünde bulundurarak ve iyice inceleyerek seçimlerin yapılması önemlidir. Basınç, sıcaklık, sisteme gelen eksenel yükler, ortamdaki kir (toz, çamur su vb.), sızdırmazlık elemanlarının seçimini belirleyen ana etkenlerdir. Seçimlerde yapılacak yanlışların, sistemlerde kritik problemlere neden olacağı kesindir.

Bu bildiriye geliştirilmiş malzemelerden imal edilen, sistemlerin ihtiyaçlarına daha iyi cevap verebilecek tasarımlardaki ürünlerden oluşturulan örnekler verilmiştir. Böylelikle bu tarz sistemlerde sızdırmazlık elemanlarının seçimi ve hangi tip uygulamalarda nasıl bir keçe konfigürasyonu oluşturulacağı konusunda bakış açısı kazandırılmaya çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] KASTAŞ, “Kastaş Hidrolik Pnömatik Sızdırmazlık Elemanları Teknik Katalog”, 2007.
- [2] “http://www2.dupont.com/Products/tr_TR/Hytrel_TPE.html”, 17/06/2011.
- [3] DuPont, “Kevlar Technical Guide”, http://www2.dupont.com/Kevlar/en_US/index.html, 15/06/2011.
- [4] “<http://www.truck-expo.com>”, 18/06/2011.
- [5] “<http://tengzechina.en.made-in-china.com>”, 18/06/2011.

ÖZGEÇMİŞ

Kubilay SAKARYA

1985 yılı İstanbul doğumludur. Orta öğrenimini İzmir Çiğli Milli Piyango Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2007 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Halen Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimi devam etmektedir. Çeşitli firmalarda Ar-Ge mühendisi olarak mekanik tasarım ve yapısal analiz üzerine çalıştıktan sonra Kastaş Kauçuk A.Ş.’de Ar-Ge Mühendisi olarak görev almaktadır.

Sercan KARAKOÇ

1984 İzmir doğumlu olan Sercan Karakoç, İzmir Atatürk Lisesinden mezun olduktan sonra Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü 2006 yılında bitirmiştir. Piyasada edindiği satış ve teknik destek mühendisliği deneyiminden sonra Kastaş Kauçuk A.Ş. de göreve başlamıştır. 2008 yılından bu yana Kastaş Kauçuk A.Ş. de Proje Mühendisi olarak görevini sürdürmektedir.