

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

106220

YUMUŞAK ve MEKANİK SIZDIRMAZLIK
ELEMANLARININ İNCELENMESİ,
KARŞILAŞTIRILMASI VE ÖNERİLER

Makine Müh. Bülent KELEŞOĞLU

F.B.E Makine Müh. Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Galip TEMİR

Doç. Dr. Mesut ÖZGÜRLER
Doç. Dr. Durriye Bilge

İSTANBUL, 2001

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. SIZDIRMAZLIK ELEMANLARININ SINIFLANDIRILMASI.....	3
2.1 Hareketsiz Sızdırmazlık Elemanları.....	3
2.2 Hareketli Sızdırmazlık Elemanları.....	4
2.2.1 Öteleme hareketli temassız sızdırmazlık elemanları.....	4
2.2.2 Döner temassız sızdırmazlar.....	5
2.2.3 Öteleme hareketli temaslı sızdırmazlık elemanları.....	5
2.2.4 Döner temaslı sızdırmazlar.....	5
2.2.5 Döner kombine keçeler.....	5
2.3 Sahte Statik Sızdırmazlık Elemanları.....	5
2.4 Dış Sızdırmazlık Elemanları.....	6
2.5 İki Taraflı Sızdırmazlık Elemanları.....	6
2.6 Mekanik Sızdırmazlık Elemanları.....	6
3. SIZDIRMAZLIK PERFORMANSI VE ÇALIŞMA ŞARTLARI.....	7
3.1 Sınır Yağlama Şartlarındaki Sızdırma.....	7
3.2 Karışık Yağlama Şartları Altında Sızdırma.....	7
3.3 Kabul Edilebilir Sızdırma Limitleri.....	8
3.4 Çalışma ve Durma Şartlarında Sızdırma.....	9
3.5 Aşınma.....	9
4. ÇALIŞMA ŞARTLARI.....	11
4.1 Basınç.....	11
4.2 Sıcaklık.....	12
4.3 Hız.....	14
4.4 Titreşimin Etkisi.....	16
5. SIZDIRMAZLIK ELEMANLARININ ÖMRÜ.....	18
6. MEKANİK SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI.....	20
6.1 Mekanik Sızdırmazlık Elemanlarının Çalışma Prensibi.....	20
7. MEKANİK SALMASTRA TİPLERİ.....	23
7.1 İçten Montaj Mekanik Salmastralar.....	23
7.2 Dıştan Montaj Mekanik Salmastralar.....	23
7.3 Dönme Yönüne Bağlı Mekanik Salmastralar ve Konik Yaylar.....	25

7.4	Dönme Yönünden Bağımsız Mekanik Salmastralar.....	26
7.5	Tekli Mekanik Salmastralar.....	27
7.6	Çiftli Mekanik Salmastralar.....	28
7.6.1	Çiftli sırt sırta (back to back) kullanım.....	28
7.6.2	Çiftli seri(tandem) kullanım.....	29
7.6.3	Yüz yüze kullanım.....	30
7.7	Kartuş Tipi Mekanik Salmastralar.....	31
8.	TAMPON SIVI İÇİN SİRKÜLASYON, TEMİZLEME VE SOĞUTMA SİSTEMLERİ 33	
8.1	Mekanik Salmastra Uygulamalarında Kullanılan Terimler.....	34
8.1.1	Flushing.....	34
8.1.2	Quench.....	34
9.	MEKANİK SALMASTRA DİZAYNINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	35
9.1	Mekanik Salmastrada Hidrolik Balans	35
9.1.1	Balanssız mekanik salmastralar	36
9.1.2	Balanslı mekanik salmastralar	37
9.2	Toplam Kapama Kuvveti.....	38
9.3	Yay Sıkıştırma Kuvveti	39
9.4	Hidrolik Kuvvet	40
9.5	Hidrostatik Yağlama	40
9.6	Hidrodinamik Yağlama.....	41
9.7	Sürtünme.....	41
9.7.1	Sürtünme katsayısı.....	42
9.8	Yüzey Pürüzlülüğü.....	42
10.	GÜÇ VE GÜÇ TÜKETİMİ	44
11.	MEKANİK SALMASTRALARIN ÇALIŞMA ORTAMINA GÖRE SEÇİMİ 45	
11.1	Malzeme Özellikleri	45
11.1.1	Sertlik.....	45
11.1.2	Esneklik	45
11.1.3	Mukavemet	46
11.1.4	Sıcaklık, genleşme ve ısı iletkenliği.....	46
11.1.5	Termal şok	46
11.2	Mekanik Salmastra Malzemeleri	48
11.2.1	Yay ve körük malzemeleri.....	48
11.2.2	İkincil sızdırmazlık elemanları malzemeleri.....	48
11.2.2.1	Elastomerler.....	49
11.2.2.2	Elastomer olmayan malzemeler.....	50
11.2.3	Sızdırmazlık elemanlarının yüzeylerinde kullanılan malzemeler.....	51
12.	MEKANİK SALMASTRALARDA KULLANILAN STANDARTLAR	56
13.	MEKANİK SALMASTRA MONTAJI	59
14.	SU ORTAMINDA MEKANİK SALMASTRA UYGULAMALARI	60

14.1	Dalgıç Pompalarda Mekanik Salmastra Uygulaması	61
15.	YUMUŞAK SALMASTRALAR.....	63
15.4	Yumuşak Salmastra Montajı.....	69
15.5	Yumuşak Salmastra Yuvasının Dizaynı	69
15.6	Mekanik Salmastraların Yumuşak Salmastralarla Karşılaştırılması.....	69
15.6.1	Mekanik salmastraların avantajları.....	69
15.6.2	Mekanik salmastraların dezavantajları	70
15.6.3	Yumuşak salmastraların avantajları.....	70
15.6.4	Yumuşak salmastranın dezavantajları.....	70
15.7	Yumuşak ve Mekanik Salmastranın Maliyetlerinin Karşılaştırılması	70
16.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
KAYNAKLAR.....		77
ÖZGEÇMİŞ.....		78



ÖNSÖZ

Endüstrinin temel ihtiyaçlarından biri olan proseslerdeki sızdırmazlığın sağlanması, sanayi devriminden bu yana mühendis ve teknisyenlerin karşılaştıkları en büyük problemlerden biri olmuştur. Mekanik salmastraların geliştirilmesinden önce kullanımda olan yumuşak örgülü salmastralar, çeşitli lifler ve keçeler önemini zamanla kaybetse de halen kullanılmaya devam etmektedirler. Günümüzde sanayide kullanılan santrifüj pompalarda, kompresörlerde, karıştırıcılarda mekanik salmastraların kullanımı giderek artmaktadır.

Yumuşak salmastralara göre daha büyük bir özenle montajı gerektiren ve daha kompleks bir sistem olan mekanik salmastralar ülkemizde de sızdırmazlığın gerekli olduğu proseslerde yumuşak salmastralara göre daha çok tercih edilmeye başlanmıştır ve tabii ki bu seçimde işçilik ve bakım maliyetinin ve özellikle değerli ve tehlikeli akışkanlardaki mutlak sızdırmazlık gerekliliğinin payı da büyüktür. Ağır çalışma koşullarında bile doğru bir şekilde seçimi yapılmış mekanik salmastraların tamir ve bakıma ihtiyaç duymadan sorunsuz bir şekilde uzun süre çalışabilmesi tercih edilmelerinin temel sebebidir.

Endüstrinin her alanında kullanılmakta olan sızdırmazlık elemanlarını bana yüksek lisans tez çalışması olarak veren ve şu anda aramızdan ayrılmış olan değerli hocam Prof. Dr. Oğuz Soylu'ya, tezin her aşamasında bana yardımlarını esirgemeyen Burgmann Endüstriyel Sızdırmazlık Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ. Genel Müdür Yardımcısı Makine Yüksek Mühendisi Ziya Şeftalioğlu'na, Makine Mühendisi Sabriye Ütebay'a ve çalışmalarım sırasında beni yönlendiren değerli hocam Doç. Dr. Galip Temir'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

ÖZET

Sızdırmazlık, sanayide sürekli çalışan pompa, kompresör, karıştırıcı gibi sistemlerde karşılaşılan en büyük problemlerden biridir ve zor şartlar altında çalışan bu makinelere proses sırasında duyulan ihtiyaç nedeniyle kesintisiz çalışmalarını sağlamak amacıyla basit sızdırmazlık elemanları yerine yüksek sızdırmazlık performansına sahip mekanik sızdırmazlık elemanları kullanılmaya başlanmıştır. Makine sanayindeki gelişme de daha güvenilir mekanik salmastraların kullanılmasını mümkün kılmıştır. Özellikle pompa ve kompresör gibi sanayide çok kullanılan makinelere olan talebin artması ve kullanımlarının zamanla yaygınlaşmasıyla salmastraların önemi daha da anlaşılmış, bu makinelerin üretim sırasında arıza yapmadan sürekli çalışma gerekliliği üretim kaybının olmaması ve işletmenin durmaması için hayati bir önem kazanmıştır. Yumuşak salmastralar sürekli bakıma ihtiyaç göstermeleri ve sık sık değiştirilmeye ihtiyaç duymaları sebebiyle bu ihtiyacı karşılayamamışlardır.

Bu çalışmada proseslerde yaygın olarak kullanılmaya başlanan mekanik salmastraların sınıflandırmaları, çalışma prensibi, kullanım yerleri, parçalarının malzeme özellikleri ve görevleri detaylı olarak anlatılmış ve çeşitli mekanik salmastra uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir. Halen yaygın olarak kullanılmakta olan yumuşak salmastraların yapısı, kullanılan malzemeler, özellikleri hakkında bilgi verilmiş ve mekanik salmastralara göre kullanım açısından karşılaştırmaları yapılmıştır. Ayrıca ekonomik yönden de yumuşak ve mekanik salmastralar karşılaştırılarak mekanik salmastraların daha uygun bir seçim olduğu sonucuna varılmıştır.

Mekanik salmastraların performansına etki eden faktörler; çalışma şartları başlığı altında anlatılmış ve salmastraların güvenilirliğinin artırılması gerektiği üzerinde durulmuş bunun için de ilk olarak salmastralar için özel bir standardın gerekliliği anlatılmıştır. Ayrıca mekanik salmastralarda ömrü artırmak ve sızdırmayı azaltmak doğrudan yüzey malzemesi seçimiyle ilgili olduğundan salmastra seçimi yapılırken bu işin uzmanlarına danışılması gerekliliği belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mekanik salmastralar, yumuşak salmastralar, sızdırmazlık elemanları.

ABSTRACT

Sealing is one of the major problems that is being faced in factories by engineers and technicians. The machines such as compressors, pumps and mixers use mechanical seals in order to guarantee sealing because mechanical seals are more reliable than stuffing box packing. Development in the machine industry enabled us to use reliable mechanical seals. Especially demands for pumps and compressors have increased progressively and need for reliable machines was crucial in order to enable working continuously. Stuffing box packing couldn't meet the demands due to the fact that their needs for continuous maintenance and frequent replacement prevented technicians using them. In addition, mechanical seals can be used at wide range of pressure and velocity.

Mechanical seals are used in order to meet different demands of service for different fluids. Their design and technology are improving. Usage of mechanical seals were explained in different applications and also their elements' duties and their materials were explained too. Selection criteria for mechanical seals and stuffing box packing depends on the fluid's characteristics, such as, viscosity, density, temperature and so on. Stuffing box packing and mechanical seals were compared and their advantages and disadvantages were found. According to the comparison we have to prefer mechanical seals to stuffing box in terms of money and reliability. Classification of the seals, operating conditions and factors that affect the design and material selections of mechanical seals were clarified.

The necessity of special standards for mechanical seals is essential in order to produce reliable and durable in long term products. To increase reliability and life depends on the selection of materials that are used for surfaces of mechanical seals. Hence, the selection of the materials has crucial importance in order to guarantee sealing. If we want to guarantee sealing we have to apply to the engineers who are competent on this area before choosing and using them.

Keywords: Sealing, mechanical seals, stuffing box packing.

1. GİRİŞ

18. yy'da James WATT'ın buhar makinesini icadıyla başlayan sanayi devriminden sonra teknisyenlerin ve tasarımcıların karşılaştığı en önemli problemlerden biri de sızdırmazlık konusu olmuştur. Sızdırmazlık için değişik ince lifler şeklinde keten gibi malzemeler kullanılmıştır. Benzinli ve dizel motorların ortaya çıkmasıyla da sızdırmazlık sorunu önemli bir sorun haline almıştır. Genellikle bu sızdırmazlık problemi contalarla çözülmeye çalışılmıştır.

20. yy'a gelindiğinde tasarım tekniği ve malzeme teknolojisinin ilerlemesine paralel olarak sızdırmazlık elemanlarının tasarımı ve imalatında büyük gelişmeler sağlanmıştır. Sıcaklık, basınç ve akışkanın cinsine bağlı olarak çeşitli malzemeler kullanılarak sızdırmazlık sağlanmaya çalışılmıştır. Kullanım yerine göre özel mekanik salmastra sistemleri geliştirilmiş ve bu sistemler santrifüj pompalarda, vakum pompalarında, dalgıç pompalarda, dişli pompalarda, pistonlu pompalarda, kompresörlerde, ezici, karıştırıcı, ve döner filtre sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Şu anda kullanılmakta olan mekanik salmastralar eski emsallerine göre enerji, malzeme ve verim kaybını minimuma indirebilecek şekilde tasarlanmışlardır. Bir sızdırmazlık elemanından beklenen; kullanılmakta olduğu sistemi hasara uğratarak sistemin durmasına ve dolayısıyla işin aksamasına neden olmaması, sisteme monte edilmesinin ve sökülmesinin kolay olması, mümkün olduğunca az sızıntıya neden olmasıdır. Akışkanın sızıp çevreyi kirletmemesi esas sorundur çünkü akışkan su ise makinede paslanmaya neden olabilir yada zehirli bir akışkan ise insan sağlığına zarar verebilir ayrıca günümüzdeki tesislerin giderek daha temiz yerler olmaya başladığı dikkate alındığında göze hoş gelmeyecek olan görüntüyü de dikkate almak gerekir.

Sızdırmazlık elemanları içerideki akışkanın dışarıya sızmasını önlemek için kullanılır yani amaç dinamik ekipmanlarda mil veya mil burcu boğazındaki akışkan sızıntılarının engellenmesidir. Bunun yanında dışarıdan içeriye toz, rutubet ve zarar verici gazların geçişini de önler. Ayrıca farklı basınçlardaki bölümler arasında geçişi sınırlandırmak, farklı akışkanların birbirine karışmasını önlemek de mekanik salmastraların görevleri arasında sayılabilir. Mekanik salmastralardan beklenen düşük sızdırmazlık, uzun ömür, minimum yüzey ihtiyacı, düşük güç harcamasına neden olması(mekanik salmastralar da sürtünmeden dolayı belli bir güç harcamasına neden olur), az ısı üretimi ve yüksek güvenilirliktir. Unutulmaması gereken bir diğer konu da sızdırmazlık elemanının tasarımı yapılırken sistemin bir bütün olarak göz önüne alınması gerekliliğidir çünkü

sızdırmazlık elemanının görevini yerine getirebilmesi ve çalışma koşulları kullanıldığı yere bağlıdır.

Sızdırmazlık elemanları halk ve teknisyenler arasında keçe adıyla bilinir ve yağ keçesi, su keçesi, rulman keçesi gibi adlar alırlar.



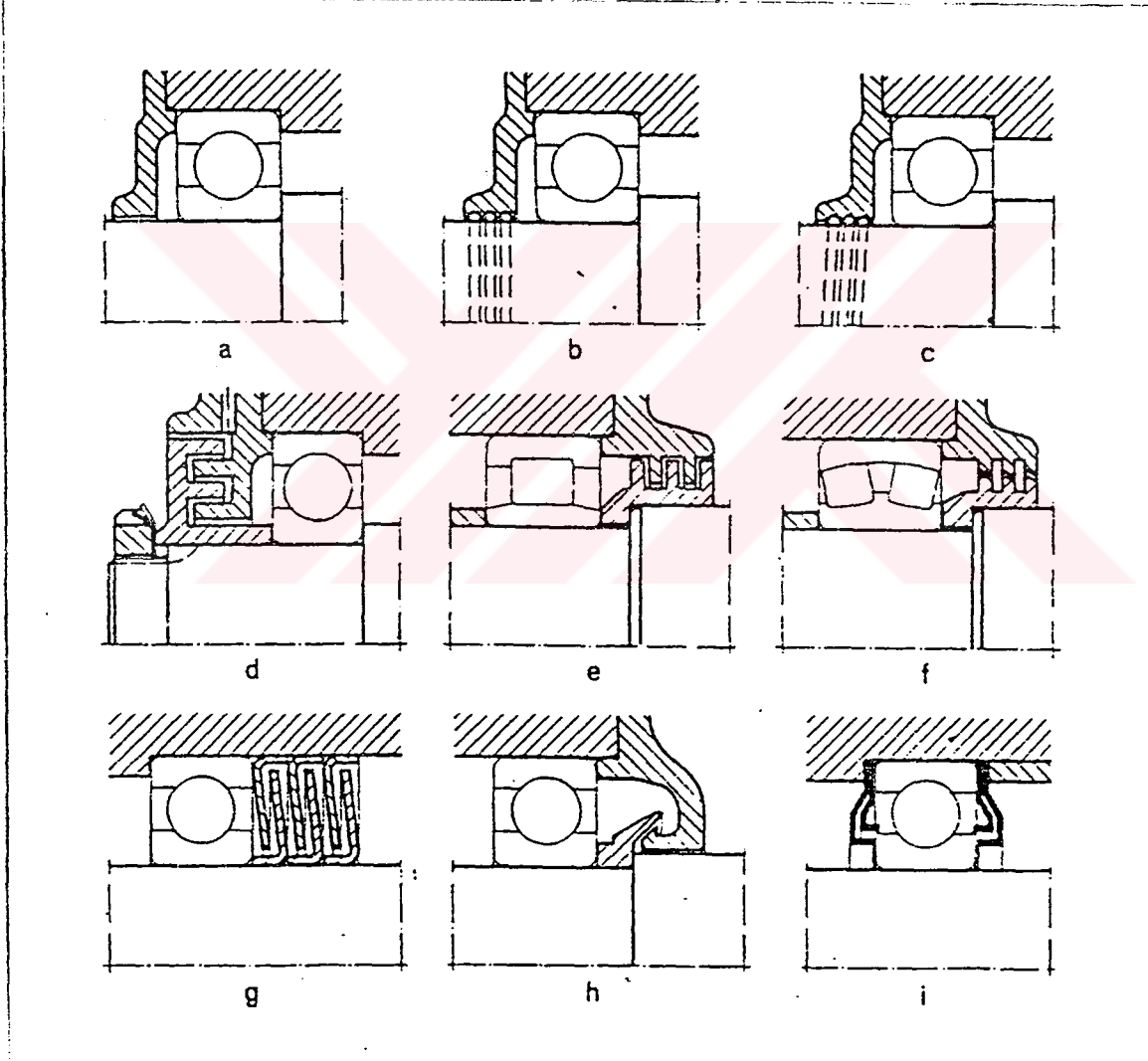
2. SIZDIRMAZLIK ELEMANLARININ SINIFLANDIRILMASI

Sızdırmazlık elemanları sızdırmazlık sağlama yöntemlerine, imalat yöntemine, kullanım yerine göre değişik olarak sınıflandırılabilir.

2.1 Hareketsiz Sızdırmazlık Elemanları

Birbirlerine göre hareket etmeyen yüzeyler arasında yer alan elemanlardır. Bunlar kullandıkları ortam, basınç, ve montaj biçimlerine göre kendi aralarında sınıflandırılabilirler.

Bu sızdırmazlık elemanları metalik, elyafı, plastik veya elastomer olabilir.



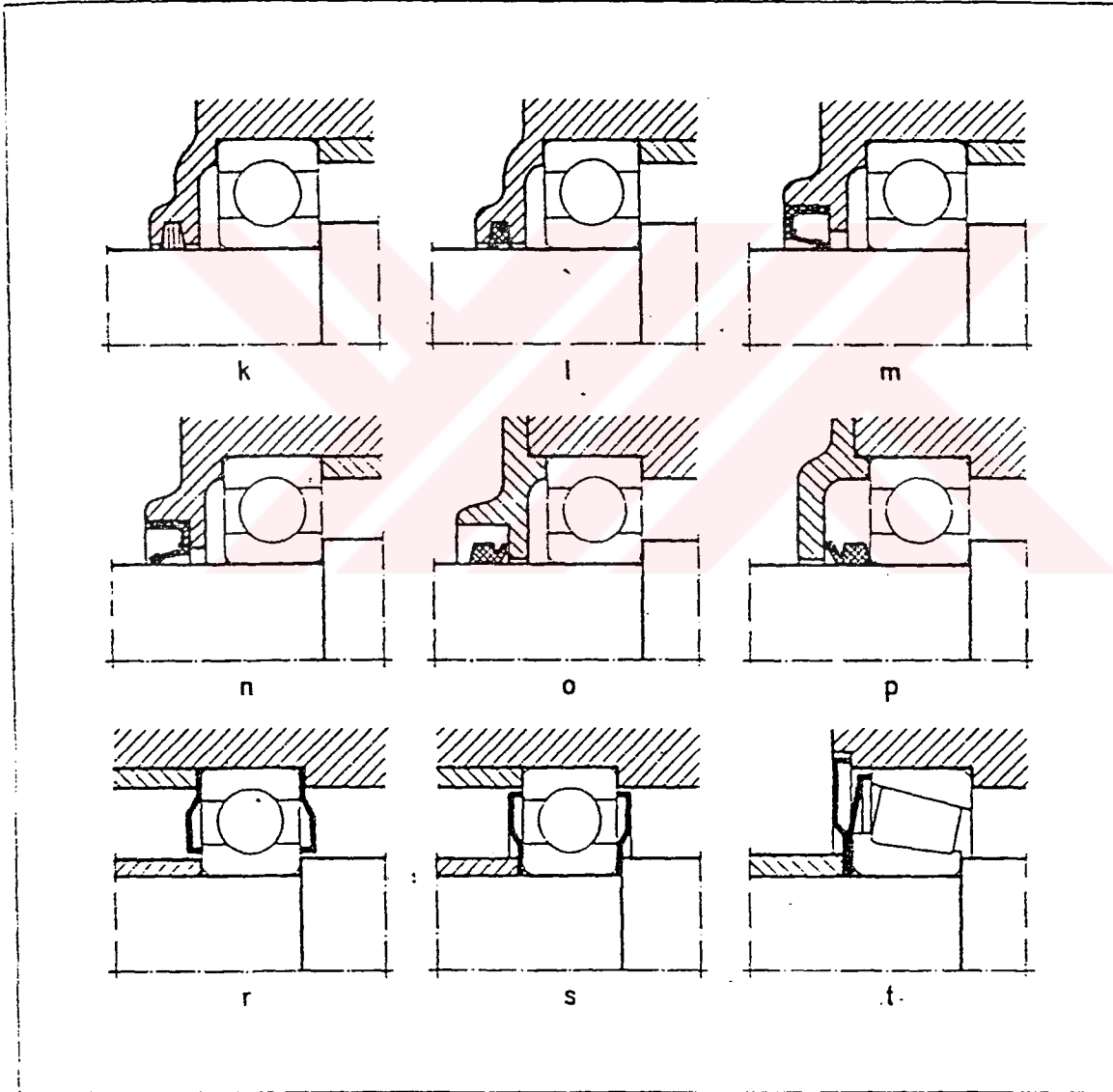
Şekil 2.1 Döner temassız sızdırmazlık elemanları örnekleri: a)aralıklı keçe, b)oluklu keçe, c)helezonik oluklu keçe, d)eksenel yönlü labirent keçe, e)radyal yönlü labirent keçe, f)eğik kenarlı labirent keçe, g)sac lamelli labirent keçe, h)keçelerde toplama pulları, i)keçelerde yağ sıçratma halkalarının kesit görünüşleri.

2.2 Hareketli Sızdırmazlık Elemanları

Birbirleri üzerinde yakın aralıkla çalışan veya dönen yüzeyler arasında oluşturulur. Bu tip sızdırmazlık elemanları öteleme hareketi yapan sistemlerde kullanılan sızdırmazlık elemanları ve dönen sistemlerde kullanılan sızdırmazlık elemanları olarak iki bölümde incelenebilir ve her iki bölüm de kendi arasında temaslı ve temassız sızdırmazlık elemanları olarak ikiye ayrılır.

2.2.1 Öteleme hareketli temassız sızdırmazlık elemanları

Labirent ve burçlar bu tip sızdırmazlık elemanlarıdır.



Şekil 2.2 Döner temaslı sızdırmazlık elemanlarının kesit örnekleri: k)Keçe bileziği ve şeridi, l)Plastik keçeler, m)İç döner keçeler, n)Dış döner keçeler, o)Gövde dışı V-ring, r)Dış bilezikli toz kapakları, s)İç bilezikli toz kapakları, t)Konik makaralı rulmanlarda çift toz kapaklarının kesit görünüşleri.

2.2.2 Döner temassız sızdırmazlar

Şekil 2.1'de görülen değişik tiplerdeki sızdırmazlık elemanlarıdır.

2.2.3 Öteleme hareketli temaslı sızdırmazlık elemanları

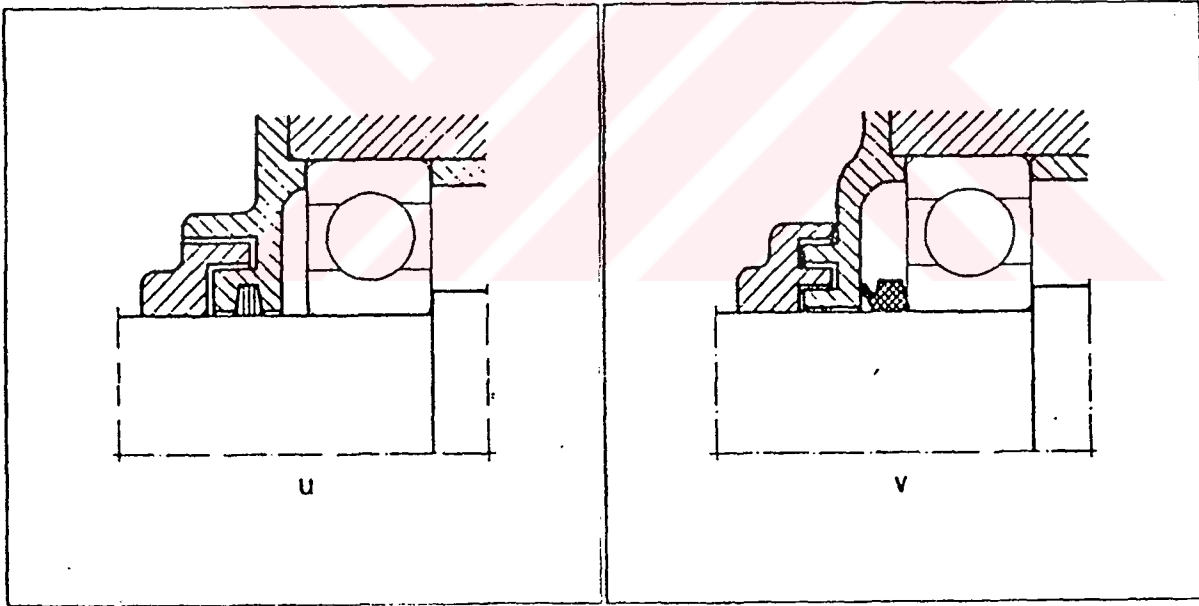
O-ring, U-ring, V-ring, dikdörtgen ring, piston segmanı, diyafram, salmastra kutusu ve körüklerdir.

2.2.4 Döner temaslı sızdırmazlar

Kenar contası, alın contası, O-ring, halka keçe, manşetli keçe, salmastra kutularındır. Şekil 2.2'de değişik tipleri görülmektedir.

2.2.5 Döner kombine keçeler

Ağır çalışma koşullarında çalışan temaslı ve temassız sızdırmazlık elemanlarından oluşan kombine keçelerdir. Şekil 2.3'te 2 değişik örnek görülmektedir.

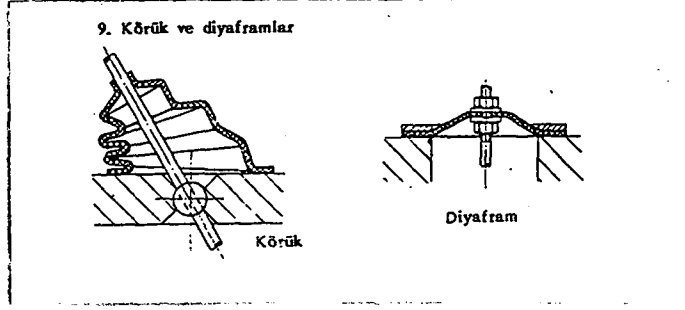


Şekil 2.3 Ağır şartlar altında çalışan temaslı ve temassız sızdırmazlık elemanlarından oluşan kombine keçeler: u)labirent keçe ve keçe bileziği, v)labirent keçe ve V-ring kesit görünüşleri.

2.3 Sahte Statik Sızdırmazlık Elemanları

Yüzeyler arasında sınırlı bir hareketle veya sızdırmazlık elemanlarının kendi sınırlı

hareketlerinde yer alır. Esnek diyaframlar ve körükler bu tipe örnek olarak verilebilir.(Şekil 2.4)



Şekil 2.4 Körük ve diyaframlar

2.4 Dış Sızdırmazlık Elemanları

Sisteme dışarıdan gelen toz, rutubet gibi istenmeyen etkilere karşı kullanılır. Genellikle hareketli sistemlerde kullanılır.

2.5 İki Taraflı Sızdırmazlık Elemanları

Uygulamanın özelliğine bağlı olarak bir veya iki sızdırmazlık elemanının ortak kullanılmasıdır. Genellikle basıncın çok yüksek olması ve kademeli olarak düşürülmesi gerektiğinde veya ortamın kirlenme riski yüksek ve rutubetli olması durumunda kullanılır.

2.6 Mekanik Sızdırmazlık Elemanları

Dönen mil ve yuvası arasında sızdırmazlık sağlayan elemanlardır. Yapıları diğer sızdırmazlık elemanlarına göre daha karmaşıktır ve sızdırmazlık özellikleri daha yüksektir. Yüksek basınç ve yüksek yüzey hızlarında çalışabilirler. 5 mm'den 500 mm'ye kadar mil çaplarında, vakumdan 450 bar işletme basıncına, -200 C'dan 500 C'ye ortam sıcaklığı ve 150 m/s kayma hızı limitlerinde çalışabilirler.

3. SIZDIRMAZLIK PERFORMANSI VE ÇALIŞMA ŞARTLARI

Sızdırma durumu çalışma ve ortam koşullarına bağlı olarak ortaya çıkar. Sızdırmazlık elemanının görevini tam yapamaması durumunda ortaya çıkan ve istenmeyen bir durum oluşturan sızdırma olayı, özellikle hareketli makine elemanlarında büyük bir sorun oluşturmaktadır. Sızdırma nedenlerini inceleyecek olursak :

3.1 Sınır Yağlama Şartlarındaki Sızdırma

Metal yüzeylerin birbirine tam olarak temas etme durumunda(aralarında bir sıvı filmi olmak koşuluyla) sızdırma teorikte sıfır olmaktadır. Ancak sızdırmazlık elemanının iç yüzeyinde oluşan ısı sürtünmenin bir sonucudur ve bu da yağlamanın gerekli olduğunu belirten bir uyarıdır. Yağlamanın uygulanmadığı sınır bölgesindeki çalışmada sürtünme nedeniyle yüksek bir aşınma oranı ortaya çıkar ve sızdırma meydana gelir. Bu durum özellikle dengelenmemiş sızdırmazlık elemanlarının basınç sınırları civarındaki çalışması esnasında oluşur.

3.2 Karışık Yağlama Şartları Altında Sızdırma

Mekanik sızdırmazlık elemanlarının çoğu karışık yağlama rejiminde çalışmaktadır. Pürüzlü yüzeyler arasında fazla temasın meydana gelmesinden dolayı sızdırma aralığı sızdırmazlık elemanının yüzey düzgünlüğünün bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Eğer sızdırma aralığı yatak ve mil arasındaki belirli bir toleranstan büyük ise oluşan hidrodinamik basınç, sistem basıncını aşar ve sızdırmazlık elemanı zarar görür ve bunun sonucunda da sızdırma meydana gelir. Eğer yağ filmi uygun bir yağlama için gerekenden kalınsa sürekli yağ filmi oluşturabilmek için devamlı yağlama gerekir, bu da akışkan kaybına neden olur (Burada yağ olarak belirtilen aslında sistemdeki akışkandır).

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen Mayer sızdırma denklemine göre:

$$Q_f = 3,6 \Pi \cdot d_o \cdot P \cdot h_s^2 \cdot S / P_g^2 \quad (3.1)$$

Q_f =sızıntı miktarı(ml/h)

d_o =sızdırmazlık elemanının iç yüzey çapı(mm)

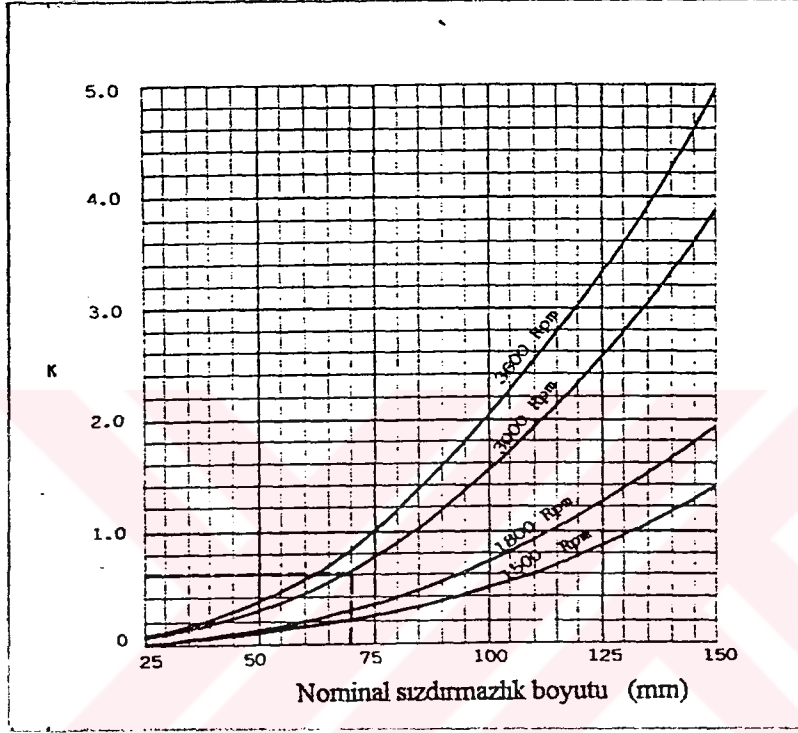
P =sızdırmazlık elemanı boyunca basınç düşümü(bar)

h_s =yüzey açıklığı(mm)(yataklanmış sızdırmazlar için 0,38.10⁻³ olarak kabul edilir.)

P_g =sızdırmazlık yüzey basıncı(bar)= $P_s + B$ (dengeleme oranı) . P

P_s =sıkıştırma basıncı

Mayer denkleminde de görüldüğü gibi sızdırma, sızdırmazlık elemanının boyutuna, dengelenmesine ve basınç düşümüne bağlıdır.



Şekil 3.1 Sızdırmazlık düzeltme faktörü (K)

Şekil 3.1'ten de görüldüğü gibi sızdırma düzeltme faktörü K'nın devir hızıyla arttığı görülmektedir. Burada sızdırma yalnız iki sınır arasında viskoz akışın bir fonksiyonu değildir buna ek olarak sızdırmazlık elemanlarını yüzeylerindeki pürüzlerin bağlı hareketinden dolayı görünür bir pompalama hareketi meydana gelmektedir. Sızdırmazlık oranı bu yüzeylerdeki pürüzlülüğe bağımlı hale gelmiştir. Burada sızdırmazlık elemanının değişen boyutuna ve hızına göre düzeltme faktörü olan K ile nominal sızdırmazlık boyutu ve devir sayısı arasındaki bağlantı görülmektedir.

3.3 Kabul Edilebilir Sızdırma Limitleri

Bir sızdırmazlık elemanının hangi sızdırma seviyesinde değiştirilmesi gerektiği konusu her zaman bir soru işaretidir. Sızdırmazlık elemanının kullanılma süresi çevreye ve

sızdırmazlık elemanının malzemesine, titreşime bağlı ise de genel bir kural olarak sızdırmazlık elemanının sızdırma oranı, teorik değerinin 250 katına ulaşırsa sızdırmazlık elemanının değiştirilme vakti gelmiş demektir ama bu her zaman doğru bir kriter olamaz.(Özellikle de parlayıcı ve zehirli akışkanların transferinde.)

Pompalardaki yumuşak salmastra uygulamalarında dakikada 10-15 damla kabul edilebilir bir değer olarak görülmektedir ama tabii ki böyle bir değer mekanik salmastra için kesinlikle kabul edilemez.

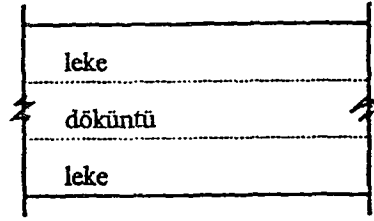
3.4 Çalışma ve Durma Şartlarında Sızdırma

Çalışma durumunda sürtünme nedeniyle sızdırmanın titreşimler gibi diğer faktörlerden oluşabileceği bilinmektedir. Bundan bağımsız olarak duran makinelerde sızdırma zamanın bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sızırmalar metal aksamdaki difüzyondan veya sızdırmazlık elemanının yıpranmasından meydana gelebilir. Yapılan deneyler sonucunda duran pompalardaki buhar sızdırma oranının çalışan pompalara yakın olduğu saptanmıştır.

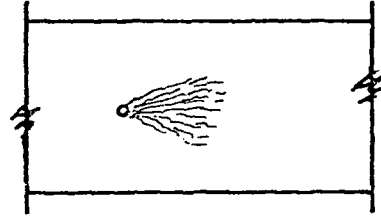
3.5 Aşınma

Sürekli hareket eden yüzeylerin ağır şartlar nedeniyle yüzey maddelerinin oldukça sert olması gerekir. Aşınmaya dayanıklı maddeler tungsten karbür ve silikon karbür gibi sert ve pahalı malzemelerdir. Sürtünmeler nedeniyle mekanik sızdırmazların zamanla bozulmaları engellenebilseydi, sızdırmazlık elemanlarının yüzeylerindeki aşınma sızdırmazlık elemanının ömrünü belirleyebilirdi fakat uygulamalarda görülen arıza sebebi genellikle aşınma olmamaktadır. Esas neden sızdırmazlık elemanlarının etrafında oluşan ve aşındırıcı madde(korozif veya abrazif) içeren akışkanlardır. Bu tür aşındırıcı maddelerin yüzeylerde oluşturduğu hasar Şekil 3.2'de görülmektedir.

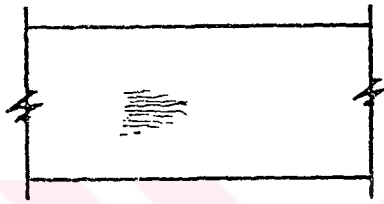
Mekanik sızdırmazlık elemanlarının dizaynının temel prensibi bir yüzünün karbon bazlı malzemelerden yapılmasıdır.(Bu yüzeyler A karbonu veya B karbonu gibi adlar alır ve ortam şartlarına göre hangisinin kullanılacağı belirlenir.) Makinenin ilk devreye alınmasından sonraki ilk birkaç saat içinde karbon aşındırma oranının maksimuma ulaştığı görülür fakat oluşan sürtünme ve sürtünme sonucu oluşan sıcaklık yüz saatlik devamlı çalışma sonucunda azalır. Normal çalışma şartlarında karşılıklı sert yüzeyler arasında aşınma genellikle kabul edilebilir seviyelerdedir.



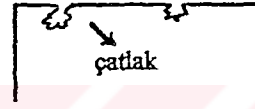
(a) Yollu aşınma



(b) Çukur ve kuyruğu



(c) Kavitasyon durumu



(d) Erozyon yiv izleri



(e) Kenar oluk izleri



(f) Şiddetli düzgün aşınma



(g) Kubbe tipi aşınma



(h) İç kilit aşınma

Şekil 3.2 Sızdırmazlık elemanlarının yüzeylerinde görülen aşınma örnekleri

4. ÇALIŞMA ŞARTLARI

Sanayide en çok pompalarda kullanılan mekanik sızdırmazlık elemanları genelde yıllarca arızalanmadan çalışır fakat bazıları çalışma şartlarının ağırlığı dolayısıyla arızalanabilirler. Bu arızaların nedeni basınç, sıcaklık, hız, titreşim olabildiği gibi montaj hatası, yanlış salmastra seçimi, montaj yüzeyinin pürüzlülüğü gibi nedenler de olabilir.

4.1 Basınç

Bir sızdırmazlık elemanının üzerindeki basınç iki şekilde karşımıza çıkar:İlki; sızdırmazlık elemanının sızdırmazlığı sağlamak için kendisi ve yuvası vasıtasıyla uyguladığı basınçtır. İkincisi ise sızdırmazlık elemanına sızdırmazlığı oluşturabilmesi için akışkan tarafından uygulanan iç basınçtır. Yüksek basınç temas yüzeyi üzerinde oldukça büyük bir radyal kuvvet oluşturmasından dolayı sızdırmazlık elemanlarını deforme eder, yüzeylerini bozar ve akışkan filmini yüzeyler arasından ayırır. Bu durum plastik, elastomer gibi esnek ve yumuşak malzemelerin kullanımında sorun yaratır. Buna ek olarak basınç, sürtünme nedeniyle sızdırmazlık elemanının yüzeylerinin ısınmasına neden olarak sızdırmazlık elemanının aşınma ömrünü etkiler.

Mekanik sızdırmazlık elemanlarının dizaynında ve seçiminde basınç yüklemesi dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Özellikle mekanik salmastra seçiminde mekanik salmastranın kullanılacağı ortamdaki akışkanın basıncı bilinmelidir. Aksi takdirde, yanlış seçim durumunda arıza kaçınılmaz hale gelir. Pompalarda sızdırmazlık elemanlarının seçimi, pompanın transfer ettiği akışkanın basıncı dikkate alınarak yapılır. Daha emniyetli bir seçim yapılmak istenirse pompanın kapalı vanadaki yani 0 debideki basıncı dikkate alınabilir ki bu değer santrifüj bir pompada maksimum basınç değeridir. Kademeli tip santrifüj pompalarda emme ve basma taraflarına ayrı ayrı mekanik salmastra uygulaması gerektiğinden ayrıca emme basıncını bilmek gerekliliği de ortaya çıkar. Pompalardaki basınç darbeleri, yüksek devirli pompalarda yüksek hızdan dolayı daha da artar. Sızdırmazlık elemanı; darbe basıncına, milin eksenal titreşimleri ve milin yatağındaki yüklenme değişikliklerinin etkisi altında kalır. Bu etkenler sızdırmazlık elemanını olumsuz olarak etkiler.

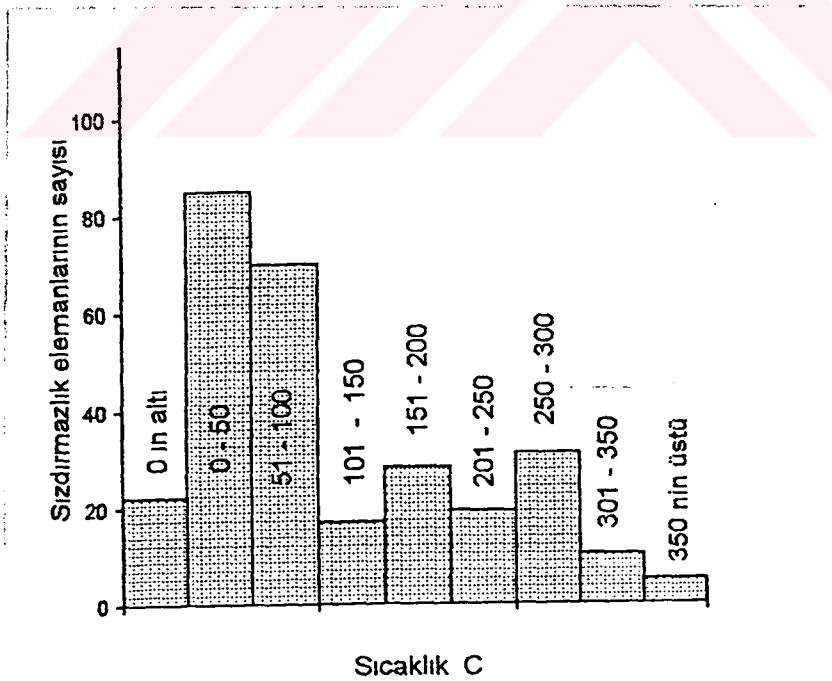
Santrifüj pompalarda kullanılan mekanik sızdırmazlık elemanları genellikle alçak basınçlarda çalışmaktadır. Kademeli pompalarda bile bu değer 50 bar değerini genellikle

geçmez. Pompalarda kullanılan sızdırmazlık elemanları bu hidrostatik basınç değerlerinde çalışmak zorundadır. Salmastra seçimi yapılırken sızdırmazlık elemanının boyutunun ve pompa hızının her ikisi ile bağlantılı olan sızdırmazlık yüzeyine uygun olduğuna da emin olunmalıdır.

Salmastranın kullanım yerindeki ihtiyaçların değişimine göre sızdırmazlık elemanına gelen değerlerin tam olarak bilinmemesi, kontrol edilemeyen değişkenlerin sızdırmazlık elemanına olumsuz etkisi ve uygun olmayan şartlardaki çalışmalardan dolayı pompa basınçlarındaki değişim, sızdırmazlık elemanlarının seçiminde göz önüne alınmalıdır.

4.2 Sıcaklık

Özellikle yüksek ve alçak sıcaklık değerlerinde kullanılacak salmastranın malzemesinin seçimi özel bir dikkat gerektirir. Ayrıca buhar basıncının etkisi ve sızdırmazlık yuvasının kenarında oluşan sıcaklık değişimlerine göre de sızdırmazlık elemanının dizaynında dikkate alınması gereken unsurlardır. Sıcaklık aynı zamanda sızdırmazlık elemanın genişmesine yol açar. Kullanılan sızdırmazlık elemanının genişleme katsayısı hareketli milin genişleme katsayısından büyük ise aşırı ısınmadan dolayı sızdırma meydana gelebilir.



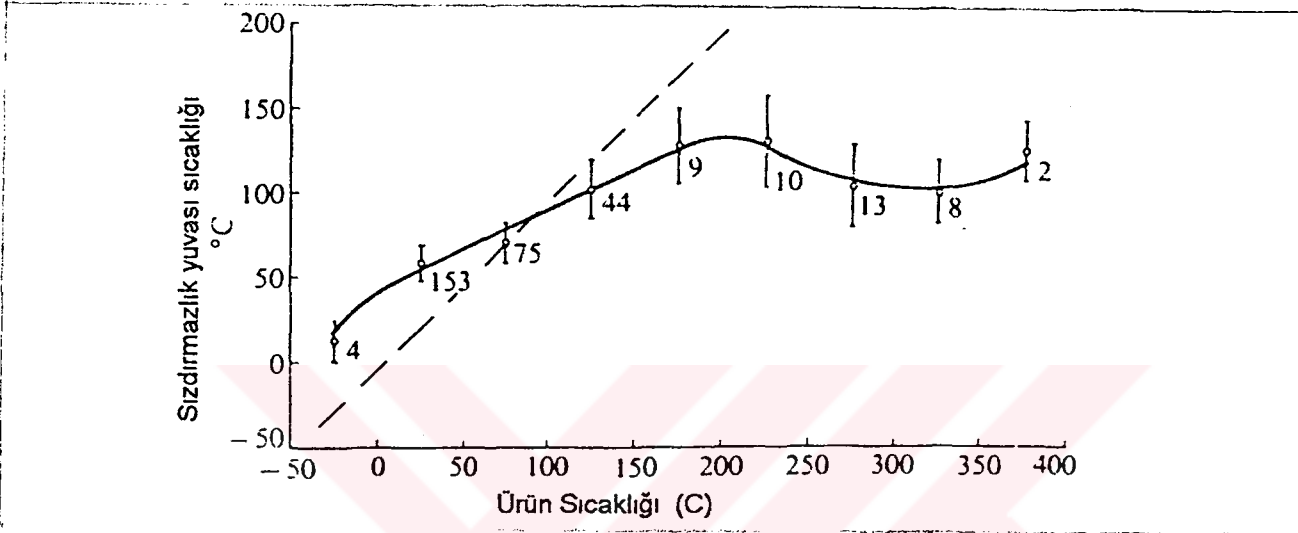
Şekil 4.1 Çeşitli ürün sıcaklıklarında kullanılan sızdırmazlık elemanları sayısı

Genellikle kullanılan sızdırmazlık elemanlarının genleşme katsayıları çeliğin genleşme katsayısından daha yüksektir. Aynı zamanda kullanılan esnek sızdırmazlık elemanları düşük ısı transfer değerlerine sahiptir ve bu nedenle hareketli millerin sıcaklıkla genleşmesi sızdırmazlık elemanının radyal genleşmesinden büyük olabilir. Bu durumda sızdırmazlık elemanı hareketli mil radyal bir kuvvet uygular ve sızdırmazlık elemanının tahrip olmasına neden olur.

Diğer bir etki de sıcaklığın artmasıyla mil ile salmastra arasındaki yağ filminin viskozitesinin azalması sonucu yağ filminin kalınlığının incelmesidir. Bu durumda sızıntı miktarı artar ve salmastra görevini yapamaz hale gelir. Düşük ve yüksek akışkan sıcaklığı sızdırmazlık elemanı için istenmeyen bir durumdur. Özellikle sıcaklığın artması sızdırmazlık elemanının ömrünün azalmasına neden olur. Çizelge 4.1'de pompalarda çok kullanılan ikincil sızdırmazlık elemanı malzemeleri ve bunların değişik sıcaklıklardaki kullanımı görülmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi 0 C'nin altında ve 350 C'nin üzerinde kullanılacak malzeme sayısı azalmaktadır.

Transfer edilen akışkan sıcaklığı, sızdırmazlık elemanının yuvasındaki akışkanın sıcaklığının iyi bir belirleyicisi değildir çünkü sızdırmazlık elemanı yuvasına su soğutma halkası (bu halkadan kapalı devre olarak su geçirilmesi suretiyle o bölgedeki sıcaklık düşürülür) veya soğutma kanatları (akışkan salmastra bölgesine ulaşmaya kadar sıcaklığı düşürmek için yüzey yaratılmış olur) ve hava fanı (konveksiyon yoluyla ısı transferi sağlanarak artırılmış yüzeydeki sıcaklık düşürülür) gibi termal engeller konularak akışkanın pompa gövdesinden salmastra yatağına ulaşmaya kadar sıcaklık seviyesi düşürülebilir. Sistemde herhangi bir değişiklik yapılmadığında salmastra yatağı sıcaklığının sürtünmeden dolayı daha da sıcaklaştığı görülebilir fakat belli bir limit değere ulaşıldıktan sonra akışkan sıcaklığının artmasına rağmen salmastra yatağı sıcaklığının transfer edilen akışkan sıcaklığından bağımsız olarak azaldığı yapılan deneyler sonucu görülmektedir (Şekil 4.2) bunun temel nedeni ısı transferinin artması sonucu salmastra yatağı bölgesinde sıcaklık düşüşü meydana gelmesidir. Yüksek basınç ve kayma hızından dolayı aşırı ısı açığa çıkar. Açığa çıkan bu ısı yüzeyler arasındaki yağlayıcı miktarının artması ile giderilebilir ki bu da ancak salmastra yüzeyine gelen hidrolik basıncın azaltılması ile mümkündür. Yüksek sıcaklığın sızdırmazlar üzerindeki etkisini azaltmak için sisteme güvenilir bir soğutma sağlanmalı ki bunun için su veya hava kullanılabilir ayrıca kullanım hatalarının en aza indirgenmesi ve sızdırmazlık elemanlarının ekstra bir soğutmaya ihtiyaç duymadan yüksek akışkan sıcaklıklarının

üstesinden gelebilmesi halinde gerçekleşebilir fakat şunu da unutmamak gerekir ki bu durumda mekanik salmastra fiyatı aşırı şekilde artmakta ve hatta pompa fiyatını geçmektedir dolayısıyla fizibilitesini kaybetmektedir. Bunun yerine mesela yüksek akışkan sıcaklıklarında çalışan kızgın yağ pompalarında salmastra yatağında kanatlar vasıtasıyla ısı transfer yüzeyi artırılması ve 250 C üzerinde hava fanı eklenmesiyle salmastra maliyeti % 80 düşürülebilmektedir.



Şekil 4.2 Sızdırmazlık elemanı yuvasının ürün sıcaklığıyla olan ilişkisi

Sızdırmazlık elemanları yapıldıkları malzemelere bağlı olarak bazı sıcaklık limitlerine sahiptirler. Mesela lastik -50 C ile + 80 C arasında, PTFE plastik -100 C ile +280 C arasında deforme olmadan çalışabilir. Çizelge 4.1'de piyasada çok kullanılan bazı sızdırmazlık elemanlarının çalışma sıcaklık aralıkları görülmektedir. Bu değerlerin bilinmesiyle malzeme seçimi yapılması kolaylaşır.

4.3 Hız

Sızdırmazlık elemanlarının hızı genellikle 1 m/s ile 20 m/s arasındadır fakat bazı uzay teknolojisi gibi özel uygulamalarda 100 m/s gibi değerlere ulaşılabilir. Yüksek devir hızı sayesinde akışkanın basınçlandırılması kolaylaşmakla birlikte bu sefer karşımıza titreşim, kavitasyon tehlikesi ve sızdırma riski gibi sorunlar çıkar. Yüksek devir hızı sonucu ısı oluşumunda artma gözlenir bu da genişmeden dolayı yüzey düzgünlüğünü etkiler ve iç yüzeyde akışkanın kaynama riskini de artırır. Ayrıca akışkan

Çizelge 4.1 Mekanik salmasralarda kullanılan ikincil sızdırmazlık elemanlarının özellikleri

Tipler	Sıcaklık (°C)		Kullanılma Örnekleri
	Min	Max	
Elastomerler			
Nitril Kauçuk	-30 \ -40	100 \ 120	Genel Amaçlı
Etilen Propilen Kauçuk	-50	140	Sıcak su, asitler, alkaliler, alkoller, ketonlar
Florokarbon Kauçuk	-15	180 \ 200	Sıcak hidrokarbonlar
Az kullanılanlar			
Düşük Nitril Kauçuk	-55	100	Bazı LPG uygulamalarında
Fluorosilikon Kauçuk	-55	200	Özel kimyasal uygulamalarda
Silikon Kauçuk	-55	200	Özel kimyasal uygulamalarda
Perflor elastomer	-30	260	Özel kimyasal uygulamalarda
TFE/Propilen Kauçuk	0	200 \ 260	Sıcak su, asit, alkaliler, asitli ham yağlar
Elastomer olmayanlar			
PTFE	-100	250	Alçak ve yüksek sıcaklıklarda
PTFE/Kompozit	-100	300	Yüksek ve alçak sıcaklıklarda
CAF	--	500	Yüksek sıcaklıklarda
İnce Grafit Foilieri	--	500+	Yüksek sıcaklıklarda

filmindeki dengesizleşme sonucu sızdırma meydana gelir ve yüksek devirden kaynaklanan titreşimden dolayı da salmastra hasar görebilir. Özellikle yüksek viskoziteye sahip bal, çikolata gibi akışkanların transferinde kullanılan dişli pompalarda devir hızı düşük seçilir ve bu gibi sorunlar ortaya çıkmaz mesela çikolata için maksimum hız 150 d/d'dır bu hızın düşüklüğünün bir nedeni de yüksek hızlarda oluşan ısı sonucu çikolatanın özelliğini kaybetmesidir. Sızdırmazlık elemanının hareketli kısmı mil ile beraber döndüğünden seçilen malzemelerin oluşan santrifüj kuvvetine dayanması gerekir. Milin dönüş yönü sızdırmazlık elemanının seçiminde önemlidir çünkü eğer yaylı tip salmastra seçilecekse ki piyasada çok bulunan ve ucuz bir tip salmastradır milin dönüş yönüne göre yay seçimi yapılır veya yönden bağımsız körüklü tip salmastralar da kullanılabilir. İlginçtir ki hız arttığında sürtünme kuvveti hızın karesinin bir fonksiyonu olarak azalır yani hız arttıkça sürtünme kuvveti azalmaktadır fakat buna karşılık sızdırmazlık elemanlarında sızdırma miktarı hız arttıkça artar bunun nedeni sistemdeki dengesizlikler ve titreşimdir.

4.4 Titreşimin Etkisi

Makine tasarımcılarının kabusu haline gelen titreşim salmastralar için de ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Bilindiği gibi titreşim makinenin sürekli ve düzgün çalışmasını zorlamakta sık sık arızalara neden olmaktadır. Titreşimin yüksek olduğu uygulamalarda titreşimin absorbe edilebilmesi için lastik esaslı sızdırmazlık elemanları sert sızdırmazlık elemanlarına göre tercih edilir. Çeşitli uygulamalar için tespit edilmiş kabul edilebilir genlik ve frekans değerleri olmakla birlikte titreşimi en aza indirmek temel amaçtır gerektiğinde dizaynda değişikliğe gidilerek gerektiğinde sönümleyiciler kullanılarak sistemin sağlıklı çalışması sağlanabilir. Yüksek genlik ve frekanstaki titreşim salmastra üzerinde tahrip edici bir etkiye sahiptir ve ömür azalmasına neden olur. Titreşim kaynağı devir sayısının yüksekliği yada pompa fanının dinamik balans ayarının yapılamaması sonucu ortaya çıkabilir bunun yanında iyi yataklanmamış mil ve aksel kaçıklık da bu titreşimi doğurabilir. Bir diğer neden de özellikle kademeli pompalarda görülen akışkanın giriş ve çıkışı arasındaki yüksek basınç farkıdır. Eğer bu basınç farkı pompada dengelemeye gidilmezse aksel bir zorlamaya neden olabilir bu da sadece salmastrayı değil aynı zamanda rulmanları da zorlayabilir. Sızdırmazlar üzerindeki akışkan basıncının etkisi ve mil ile pompa gövdesi arasındaki titreşim şiddetlerinin ve frekanslarının farklılığı da diğer bir titreşim faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle yüksek hızlarda dinamik dengeleme ve titreşim problemleri dikkate alınmalı ve salmastra seçimi bu etkenlere göre yapılmalıdır.



5. SIZDIRMAZLIK ELEMANLARININ ÖMRÜ

Sızdırmazlık elemanlarının arızalanmasındaki en önemli faktör yaşlanma ve yorulmadan ziyade aşınmadır. Diğer belirleyici faktörler genelde zamanından önce salmastranın bozulmasına neden olur. Sızdırmazlık elemanlarının ömrünün belirlenmesinde istatistiki sonuçlar dikkate alınır. Sızdırmazlık elemanının ömrü uygulamadaki detaylarda gizlidir. Özellikle sızdırmazlık elemanının monte edileceği salmastra yatağında uygun çalışma şartları sağlanmalıdır. Bu durum etkin sıcaklık kontrolü, katı aşındırıcı maddelerin kullanılmaması, sızdırmazlık yüzeyleri arasındaki akışkan filminin kalıcılığının sağlanması(gerekirse çiftli mekanik salmastra ve tampon sıvı uygulaması yapılarak), sızdırmazlık elemanlarının uygun teknik özelliklere sahip olması, yüksek kaliteli yataklama sistemi kullanılmasına bağlıdır. Mesela artırılmış yüzey uygulaması için hava soğutma kanatları kullanılan kızgın yağ pompalarında yüksek sıcaklığa dayanıklılığı sağlamak için antimon emdirilmiş karbon yatak kullanılmaktadır ve bu yatak hemen salmastra yatağının ön kısmındadır. Sızdırmazlık elemanının gerçek ömrünü tahmin etmek oldukça güç olmakla birlikte analiz ve testler yerine benzer tecrübelerle elde edilmiş istatistiki sonuçlar esas alınır. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde Goulds Pump Şirketi tarafından yapılan incelemeler sonucunda sızdırmazlık elemanlarının bozulma sebepleri: %40 kullanım problemi, %25 mekanik hatalar(montaj hataları dahil), %19 hatalı akışkan devre dizaynı, %9 yanlış salmastra malzemesi seçimi ve %8 de diğer sebepler olarak karşımıza çıkmaktadır. Araştırma sonucunda salmastra arızalarının temel sebebinin salmastra tasarımcılarıyla ilgili değildir. Temel nedenler; sızdırma elemanının veya sistemin yanlış seçilmesi, tesisat bağlantı hataları, istenmeyen şartlar altında çalışma erken arızalanmaya sebebiyet vermektedir. Pompalarda bir diğer arıza nedeni de rulmanlı yataklardır ki bu rulmanlı yatağın radyal ve aksenal yükü karşılayamaması sonucu yükün bir kısmını salmastraya aktarmasıyla açığa çıkar ayrıca iyi seçilmeyen bir rulman arızalanma sonucu salmastrayı da olumsuz etkiler. Mekanik sızdırmazlık elemanlarının arızaları daha çok kullanımın yeni başladığı veya ilk 1 sene zarfında görülür. Fakat yapılan araştırmalardan çıkan veriler ve yapılan analizlere göre mekanik salmastralar için 3-4 yıl kabul edilebilir bir ömür olmakla birlikte uygun çalışma şartları altında bu ömrün 10 yıl gibi değerlere hatta küçük bakım ve tamiratlarla 20 yıla çıkabildiği bilinmektedir.

Mekanik salmastranın görevini tam olarak yerine getirebilmesi; sıcaklık, yağlama, katı parçacık miktarı, ortamın kimyasal yapısı, titreşim basınç değişimi, karşı yüzey kalitesi,

eksen kaçıklığı, malzeme kalitesi gibi birçok etkene doğrudan bağlıdır. Dolayısıyla hem üretici hem de kullanıcı genelde oldukça pahalı olan(normal su uygulamaları hariç) bu sızdırmazlık elemanını kullanırken azami dikkat sarfetmelidir. Kullanıcıya ilk düşen görev, salmastra seçimini yapacak kişiye istediği bilgileri doğru olarak ulaştırmasıdır.

Sızdırmazlık elemanlarının herhangi bir durum altında arızalanması halinde ilk yatırım maliyetinin yanında arızalanmalardan dolayı gelen ilave masrafların da hesaba katılması gereklidir. Bu masraflar; üretim kaybı (işçilik+zaman kaybı), yedek parça maliyeti, akışkanın sızıntısı sonucu personele, makineye ve çevreye olan zarar gibi etkilerdir.

Şu anda özellikle ülkemizde güvenilirliği artırmaktan ziyade sızdırmazlık elemanının ömrü ile ilgilenilmektedir fakat salmastranın ömrünü tam olarak tahmin edebilmek mümkün görülmemektedir.



6. MEKANİK SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI

Mekanik salmastralar döner mil ile milin içinden geçtiği yuva arasındaki sıvı-gaz yada gaz-gaz sızdırmazlığını sağlayan makine elemanlarıdır. Gaz –gaz uygulamalarında; kompresörlerde ve tahrikli mil sızdırmazlarında olduğu gibi sızdırmazlık yüzeylerinde yağlamayı temin etmek için genellikle sıvı enjekte edilmiş çiftli sızdırmazlık elemanları kullanılır. Sıvı-gaz sızdırmazlığı istenen santrifüj pompa gibi sistemlerde de böyle uygulamalarla karşılaşılmaktadır. Bir tarafta transfer edilen akışkan diğer tarafta ara akışkan(tampon sıvı) uygulaması gerektiğinde çift sızdırmazlık elemanı(mekanik salmastra) kullanılır. Mekanik salmastralar PV değerinin(basınç.hız) yüksek olduğu pompalarda, ağır koşullarda arazide çalışan, madende çalışan araçlarda yüksek sızdırmazlık sağlayan sızdırmazlık elemanlarıdır. Mekanik sızdırmazlık elemanları sürekli bir bakıma ihtiyaç duymadıklarından ve sızıntı seviyesi ihmal edilebilir seviyede olduğundan yumuşak salmastralardan daha çok kullanılmaya başlanmışlardır.

6.1 Mekanik Sızdırmazlık Elemanlarının Çalışma Prensibi

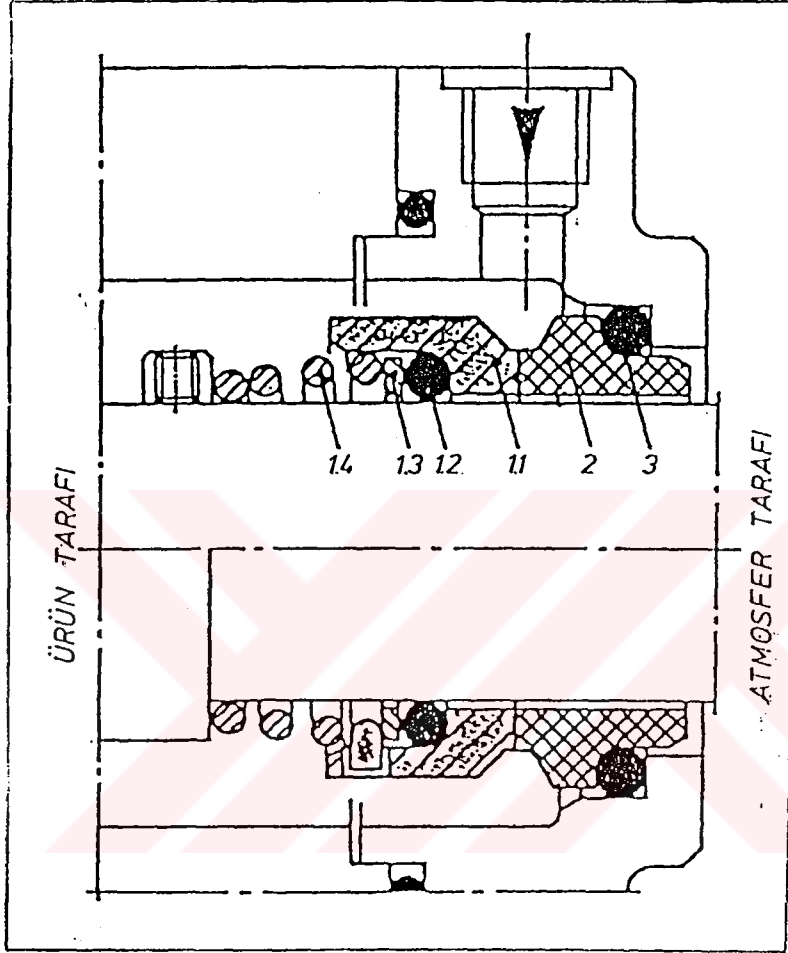
Mekanik salmastralar temel olarak iki kısımdan(yüzeyleri mümkün olduğunca düzgün işlenmiş) oluşur. Bu yüzeylerden biri mil ile birlikte hareket ederken diğeri pompa gövdesine sabitlenmiştir. Bu iki yüzey birbirine baskı uygulayarak sızdırmazlığı sağlar. Sürtünmeden dolayı oluşan ısıyı ve aşınmayı belli değerde tutmak için sızdırmazların yüzeyleri arasındaki film kalınlığına dikkat etmek gerekir bazı durumlarda yağlayıcı olarak salmastra yatağı bölgesine ek bir sıvı gönderilir bazen de bu sıvı transfer edilen akışkanın kendisidir.

Mekanik salmastralar genellikle içe monte edilirler ve transfer edilen akışkan salmastranın dış çevresindedir fakat yüksek korozyon riski olan akışkanlarda sızdırmazlık elemanı dışa monte edilir. Bu şekilde korozyona neden olacak koşulların sızdırmazlık elemanına verebileceği hasar önlenmiş olur.

Yaylı tip mekanik salmastralarda oluşan aşınma yay baskısı sayesinde otomatik olarak karşılanır ve sistem çalışmaya devam eder. Uygun malzeme seçerek ve yay baskısını gerekli minimum değerde tutarak en az aşınma sağlanır. Ayrıca sürekli sürtünme etkisiyle yüzeylerdeki düzgünlük de bir ölçüde korunmuş olur.

Sızdırmazlığı sağlayan asıl eleman O-ringler ve kullanılan diğer elastomerlerdir. Sızdırmazlık elemanlarının sabit kısmı genelde karbon(grafit), hareketli yüzey ise

seramik yada metal alaşımlı karbürlerdir. Sızmanın kontrolü ve istenen ömür değeri için sızdırmazlık elemanlarının yüzeyleri arasında sabit akışkan filminin sağlanması gereklidir. Şekil 6.1'de yaylı tip bir mekanik salmastranın çalışma prensibi görülmektedir.



Şekil 6.1 Mekanik salmastra kesiti:1.1-Döner eleman, 1.2-Dinamik O-ring, 1.3-Baskı pulu, 1.4-Yay, 2-Sabit eleman, 3-Statik O-ring

Döner eleman mil ile birlikte hareket etmekte(dönmekte) olup konik yay ile baskı altında tutulmak koşuluyla sabit elemana belli bir kuvvet ile baskı uygulamaktadır. Sabit eleman yatağa 3 nolu O-ring ile oturmaktadır. Sabit eleman ve statik O-ring dış ortam ile temasta olduğundan atmosfer tarafı olarak da adlandırılabilir. Hareketli O-ring ve konik yay döner eleman ile birlikte döner eleman ile mil devrinde dönmektedir.

Döner eleman ve sabit eleman yüzeyleri hassas olarak leplenmiştir. Döner eleman mil ile beraber döndüğünden milde oluşumu kaçınılmaz olan bazı hareketlerin

karşılanabilmesi için radyal ve aksiyal esnemeler O-ring ve yay vasıtasıyla sağlanır. Basıncı akışkan pompanın çalışması esnasında ürün tarafından atmosfer tarafına doğru kaçmaya çalışacaktır. Mil üzerindeki sızıntı hareketli O-ring tarafından engellenir, yuvadan sabit eleman dışına sızmaya çalışan akışkan sabit O-ring tarafından engellenecektir. Akışkanın sızmaya çalışacağı son sızıntı yolu olarak döner eleman ve sabit eleman parçalarının sürtünme yüzeyi kalmıştır ve bu yüzeyler çok hassas leplenmiş olduğundan basınçlı akışkan bu yüzeyler arasında yalnızca yağlayıcı bir film tabakası oluşturur. Her ne kadar bu yüzeylerin temasta olduğundan bahsediliyorsa da aslında bu yüzeyler arasında yağlayıcı bir sıvı filmi vardır. Mekanik salmastralar hiçbir zaman kuru olarak çalışmazlar. Yayın görevi, pompanın durması durumunda döner ve sabit elemanın temas halini devam ettirmektir. Çalışma esnasında bu temas basıncı basınçlı akışkan tarafından sağlanmaktadır.

Basıncın, sıcaklığın kayma hızının yükselmesi mekanik salmastradan beklenenleri de beraberinde yükseltmiştir. Sızdırmazlığı sağlanacak akışkan ve gazlar; sıvı oksijen, yüksek sıcaklıkta hidrojen, likörler, hidrokarbonlar, asitler vb. olabilir. Seçim yapılırken; mekanik salmastradan beklentiler, kullanılacak salmastraya ait çeşitli malzemeler, tasarımlar ve çeşitli düzenlemeler bilinmelidir.

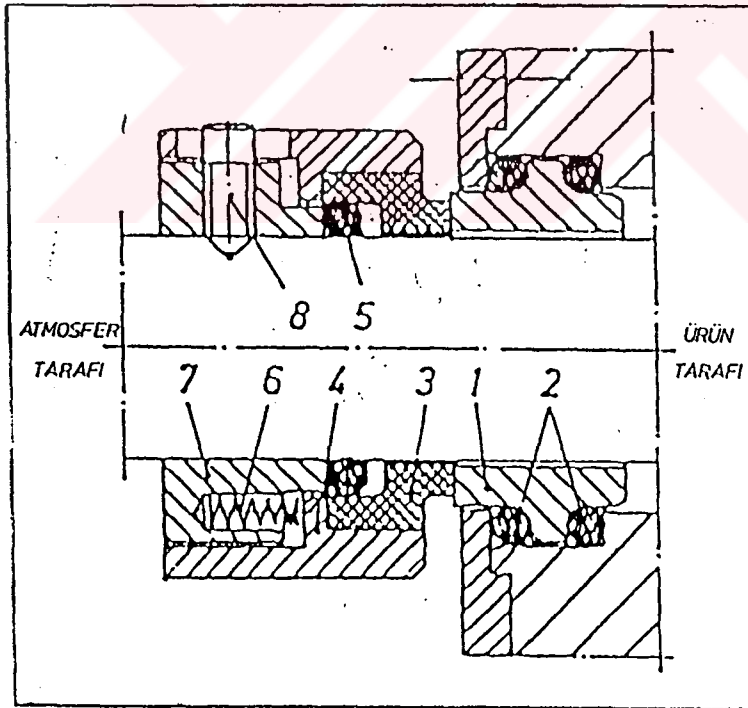
Bir mekanik salmastradan beklenen özellikler; yüksek sızdırmazlık kabiliyeti, uzun ömür, en az aşınma, yüksek güvenilirlik(bakım ve onarım gerektirmeme), düşük sürtünme kayıpları ve düşük ısı oluşumu, küçük boyutlar ve ekonomiklik olarak sıralanabilir.

7. MEKANİK SALMASTRA TİPLERİ

Akışkanın cinsine, sıcaklığına, basıncına, ve pompa milinin dönüş yönüne bağlı olarak değişik tipte mekanik salmastralar dizayn edilirler. Genel olarak mekanik salmastralar içten montaj ve dıştan montaj olarak iki grupta sınıflandırılırlar.

7.1 İçten Montaj Mekanik Salmastralar

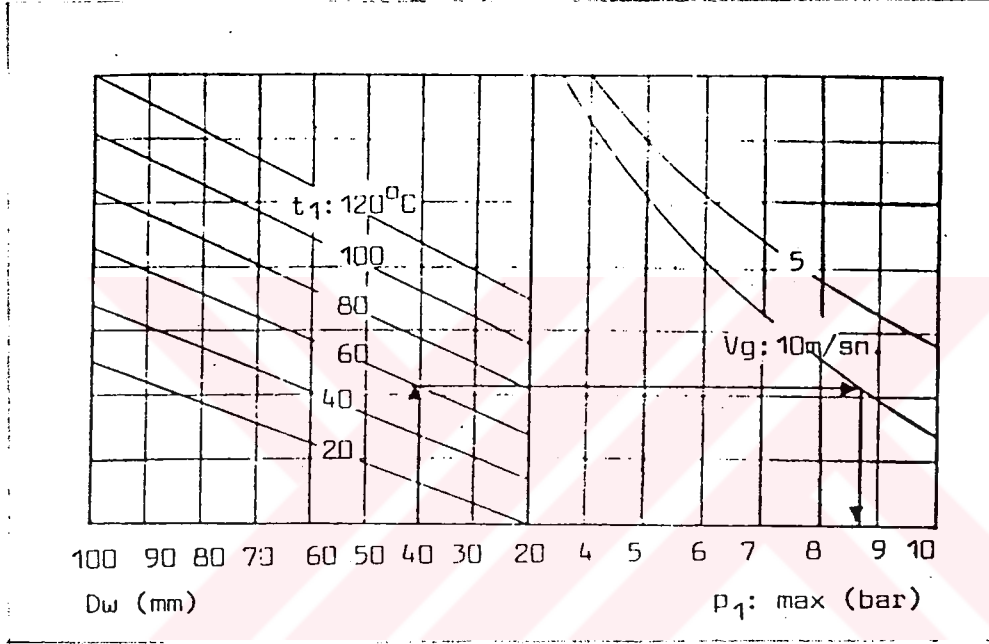
Özel uygulamalar dışında mekanik salmastralar içten montajlı olarak dizayn edilirler. Şekil 6.1'de daha önce çalışma prensibi anlatılan salmastra içten montaj salmastraya iyi bir örnektir. Pompalardaki akışkan basıncı atmosfer basıncından yüksek olduğundan sabit elemanın açılması söz konusu olmaz ve bu nedenle çalışma emniyeti iyidir. Yaylı tip mekanik salmastrada ilginç bir uygulama da karşımıza çıkar bu da 4000 d/d'nın üzerindeki devir sayılarında oluşan yüksek çevre hızları sonucunda döner elemanın santrifüj kuvvetlerden etkilenmesini önlemek için yaylı kısım sabit eleman olarak görev yapar ve bu esnada karşı eleman döner (normal uygulamalarda yay da mil ile beraber dönmektedir)



Şekil 7.1 Çift O-ring ile sabitlenmiş dıştan montaj mekanik salmastra. 1)Sabit eleman, 2)Statik O-ring, 3)Döner eleman, 4)Tahrik kovani, 5)Dinamik O-ring, 6)Yay, 7)Montaj bileziği, 8)Setuskur

7.2 Dıştan Montaj Mekanik Salmastralar

Paslandırıcı ve aşındırıcı etkisi yüksek olan akışkanlarda hiçbir metal parçanın transfer edilen akışkan ile temas etmesine izin verilmez. Bu ortamlar için dıştan montaj mekanik salmastralar kullanılır. Bu dizaynda akışkanın yüzeyler ile teması minimuma indirilmiştir. Bu uygulamalarda genellikle korozyona dayanıklı seramik(alüminyum oksit) ve PTFE(politetra floretilen) körükler kullanılır.



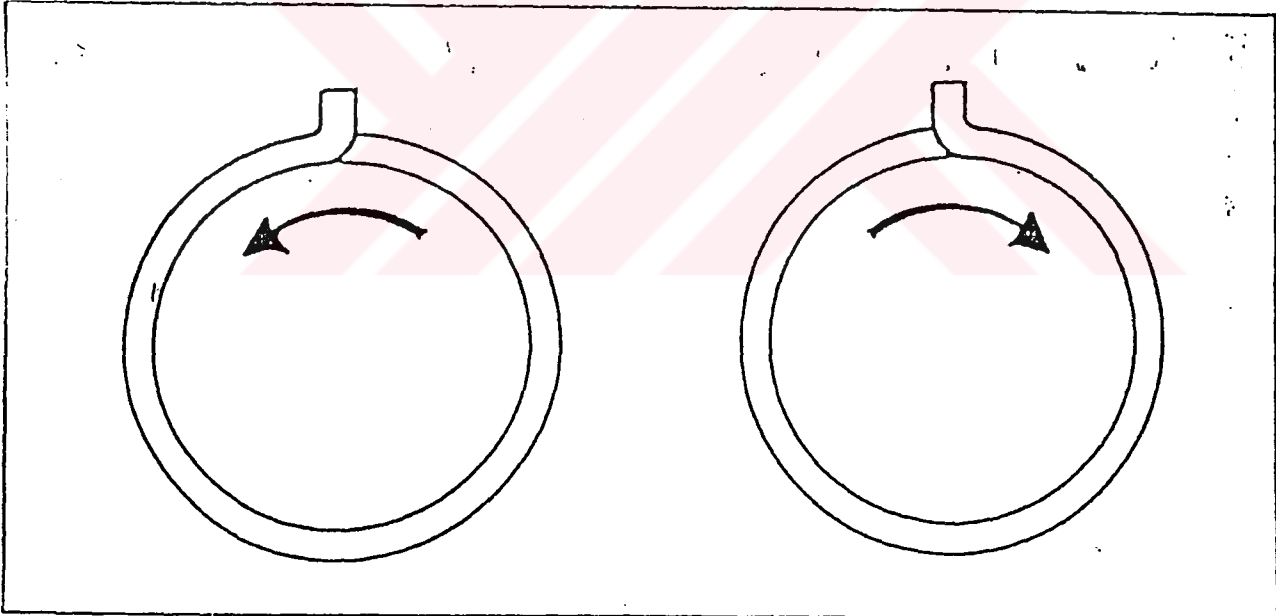
Şekil 7.2 Mil çapı, sıcaklık, basınç değişimine göre kayma hızının belirlenmesi

Vakum ortamında dıştan montaj salmastralar yayı açmaya çalışmayacağından daha avantajlıdır. Şekil 7.1'de görüldüğü gibi hem vakum hem de basınç var ise çift O-ring ile sabitlenen sabit elemanın hareket etmesi engellenir. Şekilde görülen mekanik salmastra, normal elastomerlerin ve paslanmaz çeliğin dayanıksız olduğu koroziv akışkanlar için dizayn edilmiş olan dıştan montajlı bir mekanik salmastradır. Sabit eleman seramik olup çift O-ring ile iki tarafından sabitlenmiştir. Böylece transfer edilen akışkanın basıncının yay basıncından yüksek olması durumunda basınç farkından dolayı sabit elemanın yerinden çıkması engellenmiş olur. Döner eleman teflondan yapılmış olup hareketini mil üzerinden bir sıkma bileziği ile alır. Bu tip salmastralarda teflonun sıcaklık ile düzensiz bir genişleme göstermesi nedeniyle döner elemanın sabit kalmasını

engellemek amacıyla dizaynın çok iyi yapılması gerekir. Bu tiplerde salmastra dışında sürekli değişmesi gereken bir tampon sıvı bulunmamaktadır. Bu nedenle bu salmastralar 120 C sıcaklık sınırına kadar çalışabilmektedirler. Salmastranın maksimum kayma hızı 10 m/s olup dayanabileceği maksimum basınç mil çapı, sıcaklık ve milin devir sayısına (kayma hızı) bağlı olarak değişmektedir. Şekil 7.2'de bu değişim görülmektedir.

7.3 Dönme Yönüne Bağlı Mekanik Salmastralar ve Konik Yaylar

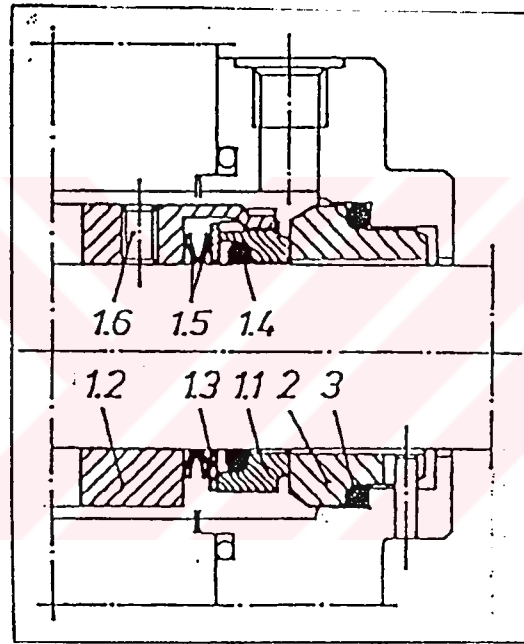
Dönme yönüne bağımlı mekanik salmastralarda spiral sarımlı konik yaylar kullanılmaktadır. Bu yayın dar kısmı mile sıkı geçmektedir ve hareketini milden alarak döner elemana iletmektedir. Bu hareket iletimi, yayın ucundaki radyal çıkıntının döner elemandaki kanala girmesi ile sağlanır. Bu yaylar et kalınlığının fazlalığı nedeni ile dayanıklıdır ve montajları kolaydır. Şekil 7.3'te motor tarafından bakıldığında yayın sarım yönüne göre nasıl görüldüğü belirtilmiştir.



Şekil 7.3 Sola sarımlı yay, mil dönüşü saat yönündeyse kullanılır aksi durumda sağa sarımlı yay kullanılmalıdır.

Moment iletimini konik helisel yayla sağlamak, mekanik salmastrayı dönme yönüne bağımlı hale getirir. Döner sızdırmazlık yüzeyine motor tarafından bakıldığında saat

ibresi yönünde dönen millerde sağa sarımlı yay, saat ibresi ters yönünde dönen millerde ise sola sarımlı yay kullanılır. Montajı kolaylaştırmak için konik helisel yaylar mile doğru sarım yönünün tersine burularak itilir. Bu hareket yayın biraz açılmasını da sağlar. Tek parça helisel yay ortamdaki az kirlenmeden etkilenmez. Pompa mili tek yönlü çalışıyor ise (santrifüj pompalarda durum böyledir) bu tip uygundur. Yay kalınlığı ve esnekliği çok fazla olacağından 80 mm çap değerinin üzerinde üretilmezler. Bu yaylar yüksek kaliteli paslanmaz çelikten üretilirler.(CrNiMo veya Hastelloy C4)



Şekil 7.4 Dönme yönünden bağımsız körüklü tip mekanik salmastra:1.1)Döner eleman, 1.2)Tahrik kovani, 1.3)Baskı pulu, 1.4)Dinamik O-ring, 1.5)Yaprak yay, 1.6)Setuskur, 2)Sabit eleman, 3)Statik O-ring.

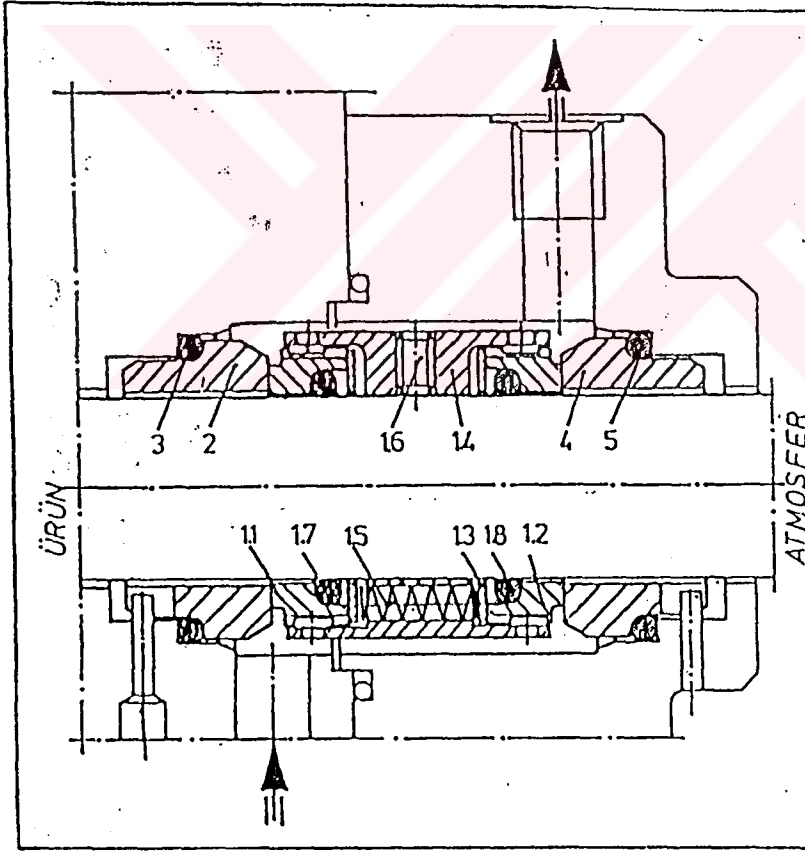
7.4 Dönme Yönünden Bağımsız Mekanik Salmastralar

Şekil 7.4'te görüldüğü gibi tahrik burcu, setuskur (tespit vidası) ile(en az iki adet) mile sabitlenmiştir ve mülle beraber döner. Tahrik tespit vidası yerine bir kama ile yapılabilir. Yaprak yaylar yerine çok sayıda silindirik yaylar da kullanılabilir ve bu tipler çok yaylı olarak adlandırılır. Tahrik burcunda yaylar için yuvalar vardır. 100 mm mil çapının üzerinde esnekliği çok fazla olduğundan et kalınlığı fazla olan malzeme

kullanılır. Bu durumda yüzeyler fazla aşınacağından çok yaylı sisteme geçilir. Yaprak yaylar her mil çapı için ayrı ölçülerde olduğundan stok maliyetleri yüksektir fakat maliyet olarak çok yaylı sistemden ucuzdurlar. Çok yaylı tipler belirli mil çapları için aynı olduklarından stoklama maliyeti düşüktür. Pratikte yayların hastelloy olması gerekmiyorsa ve mil çapı 100 mm'den küçük ise yaprak yaylı tipler tavsiye edilir. Çok yaylı ve yaprak yaylı tiplerin spiral yaylı tipe göre avantajları; yay hareketinin sınırlandırılması ile aşırı yüzey aşınmalarını önlemesi ve pim ile moment iletimi sayesinde küçük eksen kaçıklıklarında sızdırmazlık yüzeyinin adaptasyonunu ve hareketliliğini sağlamasıdır.

7.5 Tekli Mekanik Salmastralar

Normalde kullanılan salmastra tipi teklidir fakat özel uygulamalarda çiftli tip mekanik salmastralar kullanılır.



Şekil 7.5 Tek tip olarak dizayn edilmiş çiftli bir mekanik salmastra:1.1)Ürün tarafı döner eleman, 1.2)Atmosfer tarafı döner eleman, 1.3)Baskı pulu, 1.4)Tahrik kovani, 1.5)Yay, 1.6)Setuskur, 1.7)Ürün tarafı dinamik O-ring, 1.8)Atmosfer tarafı dinamik O-ring, 2)Ürün tarafı sabit eleman, 3)Ürün tarafı statik O-ring, 4)Atmosfer tarafı sabit eleman, 5)Atmosfer tarafı statik O-ring.

7.6 Çiftli Mekanik Salmastralar

Sızdırmazlığı sağlanacak akışkanın mekanik salmastra yüzeyleri ile temasının en aza indirilmesi gereken ve kesinlikle sızıntıya izin verilmeyen ortamlarda çiftli mekanik salmastralar kullanılır.

Çiftli sistemi gerektiren şartlar şunlardır:

- Korozif akışkanlar
- Katı parçacıklı ortamlar(katı parçacık %15'ten fazla ise)
- Çevre kirliliği ve sağlığa zarar verebilecek zehirleyici ve parlayıcı akışkanlar
- Aşırı sıcak ortamlar
- Üstten tahrikli ortamlar
- Çok değerli ve pahalı akışkanlar

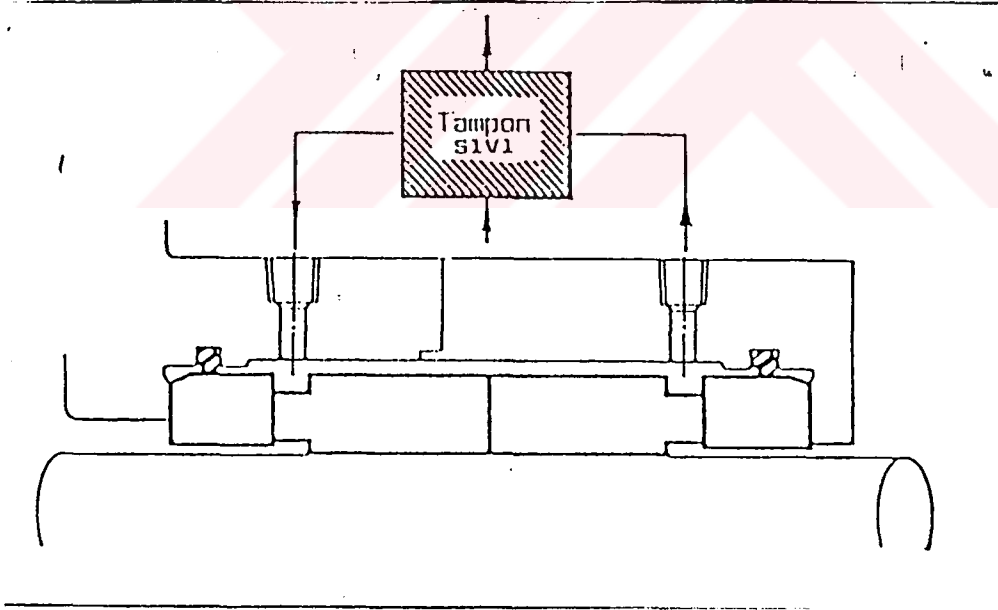
Şekil 7.5'te görüldüğü gibi 1.1 ve 1.2 nolu yüzeyler döner elemanlar olup hareketini 1.6 nolu setuskur ile sabitlenen tahrik kovani vasıtasıyla milden alırlar. Ürün tarafındaki akışkanın mekanik salmastra çevresine sızması olasılığı çok azdır. Bu durumda mekanik salmastranın kuru çalışmasını engellemek için salmastra yatağında tampon sıvı olarak isimlendirilen soğutucu ve yağlayıcı bir akışkan dolaştırılır ki bu akışkan genelde transfer edilen akışkanın kendisi yada sudur. Tampon sıvı hava kabarcığı oluşumunu engellemek için salmastra yuvasına alt kısımdan verilir. Sızdırmazlık yüzeylerinin arasına transfer edilen akışkanın dolmasını ve sabit elemanın ürün basıncı tarafından açılmasını önlemek amacıyla tampon sıvı basıncı pompa basıncından 1.5-2 bar yada %15-20 yüksek olmalıdır. Tampon sıvı, yüzeylere ve O-ringlere zarar vermemelidir ve aynı zamanda ürüne karıştığında üründe istenmeyen fiziksel ve kimyasal değişikliklere neden olmamalıdır. Pratikte su ve gliserin kullanılmakla beraber şartlara göre daha değişik akışkanlar da kullanılabilir. Salmastra bölgesinde fazla sıcaklık olması durumunda tampon sıvı eşanjörden geçirilerek soğutulabilir. Katı parçacık olma durumunda da tampon sıvı ayrıca bir filtreden geçirilir.

Çiftli mekanik salmastralar uygulama şekline göre üçe ayrılırlar:

7.6.1 Çiftli sırt sırta (back to back) kullanım

Katı parçacık içeren ve tehlikeli akışkanlarda bu uygulamaya başvurulur. Bu tipte

yalnız ürün tarafındaki döner ve sabit elemanlar ürün ile temastadır. Bu tipte akışkan tarafına basılan ürüne dayanıklı yüzey malzemesi seçilmekle beraber atmosfer tarafına transfer edilen akışkana uygun olmayan daha ucuz salmastra kullanılabilir. Atmosfer tarafındaki salmastranın tampon sıvıya uygun olması yeterlidir. Bu tipte tampon sıvı tarafından yüzeylerin soğutulması ve yağlanması sağlandığından, kuru çalışma tehlikesi olmayacaktır ve bu özelliği ile de transfer edilen akışkanın gaz olması durumuna da uygundur. Üstten tahrikli karıştırıcı tanklarının çoğunda bu özelliğinden dolayı sırt sırta tipler kullanılır. Şekil 7.6'da sırt sırta kullanım şekli görülmektedir. Tampon sıvı basıncının sürekli olarak transfer edilen akışkan(ürün) basıncından yüksek olması temin edilmelidir. Aksi takdirde ürün tarafındaki sabit elemanın açılması ile ürün salmastra çevresine dolar ve salmastrayı etkiler. Tampon sıvı basıncının ürün basıncından aşırı derecede yüksek olması durumunda ise yüzeyler arasından sızan tampon sıvı ürün içine sızabilir ki bu istenen bir durum değildir. Bu nedenle tampon sıvı basıncı iyi ayarlanmalıdır.



Şekil 7.6 Çiftli sırt sırta kullanım

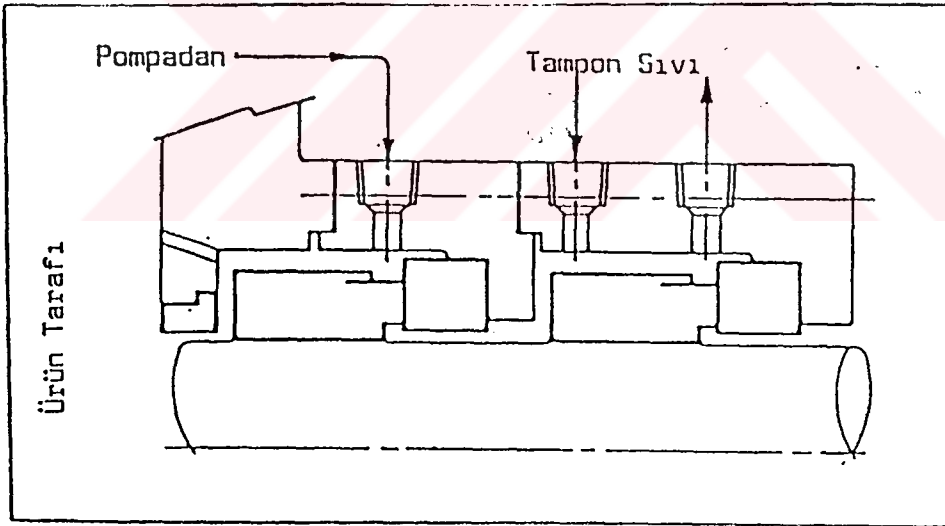
7.6.2 Çiftli seri(tandem) kullanım

Bu kullanımda ürün tarafındaki mekanik salmastra tamamen tekli mekanik salmastra

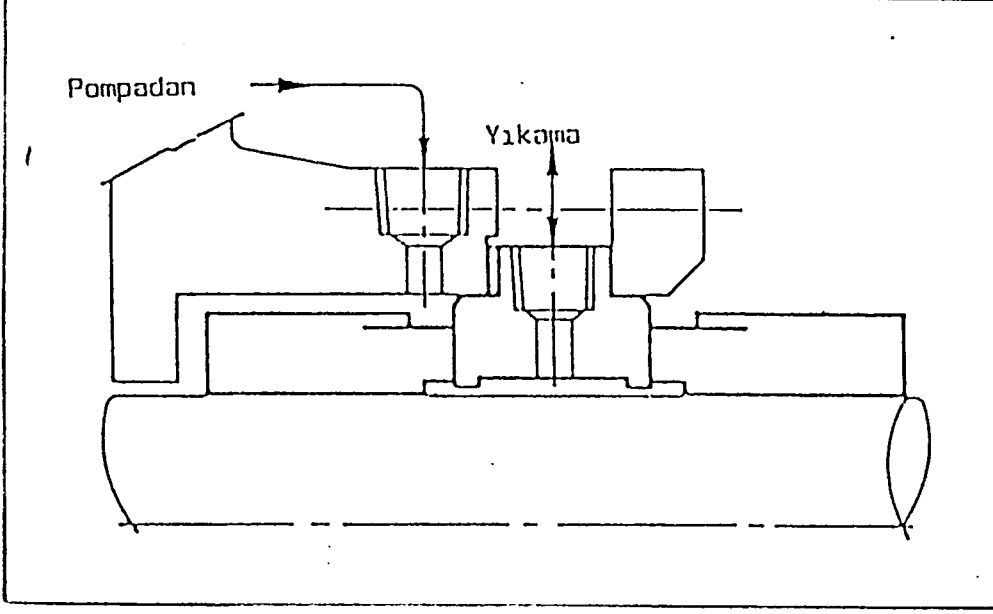
gibi çalışmaktadır. Tampon sıvı basıncı ürün basıncından daha düşüktür. Atmosfer tarafındaki salmastra yine tekli salmastra gibi çalışmakta ve tampon sıvının sızdırmazlığını sağlamaktadır. Şekil 7.7'de prensip şeması görülmektedir. Seri kullanım çok yüksek basınçlarda ve emniyetli çalışmanın çok önemli olduğu durumlarda tavsiye edilen bir uygulamadır. Yüksek basınçlarda, ürün tarafındaki salmastra yüksek basıncı karşılar.

7.6.3 Yüz yüze kullanım

Bu uygulama seri kullarımdaki atmosfer tarafı salmastranın ters çevrilmiş şeklidir ve iki salmastra sabit elemanlarının arasında basınçsız sıvı dolaştırılmalıdır. Prensip şeması Şekil 19'da görülmektedir. Emniyetli çalışma durumlarında ve atmosfer tarafında ürün kristalleşmesini önlemek amacıyla su veya herhangi bir solvent yıkaması gereken durumlarda tavsiye edilir. Yıkanan ürün kristalleşmeyeceğinden salmastranın çalışmasını tehlikeye sokmaz.



Şekil 7.7 Çiftli seri kullanım



Şekil 7.8 Yüz yüze kullanım

7.7 Kartuş Tipi Mekanik Salmastralar

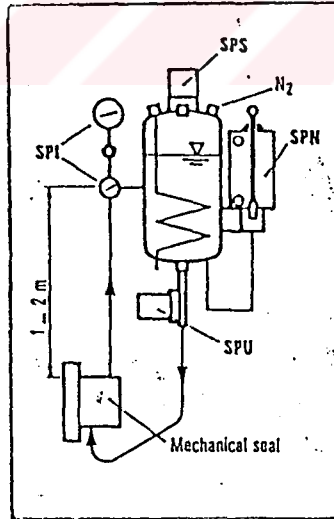
Kartuş tip mekanik salmastralar; mil kovana, salmastra kovana, bağlantı flanşları, tahrik iletim organları ile bir bütündür. Bu tip mekanik salmastranın her bir elemanı mekanik salmastra montajından önce monte veya demonte edilebilir. Bu özellik mekanik salmastranın montaj ve demontajının, konu hakkında eğitimi ve deneyimi az olan personelle bile daha hızlı, daha güvenilir ve daha kolay yapılmasını sağlar. Kartuş tipi mekanik salmastra kullanımı tesislerde sökme-takma ve bakım sürelerini kısalttığı gibi tesiste veya makine üzerinde ulaşılması zor olan yerlerde montaj kolaylığı sağlar. Aynı zamanda salmastra için yuva oluşturma zorunluluğunu ortadan kaldırır. Kartuş mekanik salmastralar kendi kovana ile monte edileceğinden mil aşınma problemi olmaz. Şekil 7.9'da kartuş tip bir mekanik salmastranın kesit resmi görülmektedir.

8. TAMPON SIVI İÇİN SİRKÜLASYON, TEMİZLEME VE SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Çiftli mekanik salmastranın fonksiyonu sadece salmastraya temiz tampon sıvı sağlanmasını garanti etmektir. Sistem çalıştırılmadan önce tampon sıvı sirkülasyon sisteminin tam anlamıyla çalıştığından emin olunmalıdır. Basınç ürün basıncının 1,5-2 bar yada %10-20 üzerinde olmalıdır. Sirkülasyon miktarı salmastra çıkışında ayarlanmalıdır. Tampon sıvı sıcaklığı su için 60 C'yi geçmemelidir. Her durumda sıcaklık kaynama noktasını kesinlikle geçmemelidir. Tampon sıvı sirkülasyon sisteminin görevleri şunlardır:

- Tampon sıvı odasını basınçlandırmak
- Sızıntıyı azaltmak
- Tampon sıvının soğutulması
- Salmastranın soğutulması
- Kuru çalışmanın engellenmesi

Şekil 8.1'de bu sistemin şeması görülmektedir.



Şekil 8.1 Tampon sıvı sistemi (SPI: Ölçme ünitesi, SPU: Sirkülasyon pompası, SPS: Seviye duyar elemanı, SPN: İktmal ünitesi.)

Sistemdeki basınç kısma vanası yardımıyla sıcaklığı artırıp azaltmak, salmastra yüzeylerinde tortulanmayı önlemek mümkündür.

8.1 Mekanik Salmastra Uygulamalarında Kullanılan Terimler

8.1.1 Flushing

Tekli mekanik salmastra uygulamalarında genellikle pompa çıkışından mekanik salmastra yatağına bir boru montajı tavsiye edilir bu boru çoğunlukla ¼'' lik bir borudur. Bu boru vasıtasıyla transfer edilen akışkanın bir kısmı salmastra yatağına gönderilir bu uygulama daha çok kristalleşme tehlikesi olan akışkanlarda kullanılır.

8.1.2 Quench

Bu sistem çiftli mekanik salmastranın kullanılmadığı yüksek viskoziteli ve katı partikül içeren ortamların sızdırmazlığının sağlanmasında kullanılır. Bu şekilde uygulanan basınçsız yıkama, bir tampon sıvıyla sağlanır bu şekilde salmastra yüzeyi korunmuş olur. Yıkama sıvısı basıncı 1 barı geçmemelidir. Sıvı yıkama durumunda bu uygulamanın sağlayacağı yararlar:

- Sızıntıyı durdurmak
- O-ringlerin yağlanması ve soğutulması
- Ortamın havayla temasını önlemek
- Kuru çalışmayı önlemek
- Ürün tarafındaki salmastranın arka tarafını soğutmak

Buharla yıkamada:

- Ortamdaki kristalleşmeyi önlemek
- Sızıntının önlenmesi

Gaz ile yıkamada:

- Çalışma koşulları 0 C'nin altında olduğunda atmosfer tarafındaki salmastra yüzeyini donmaya karşı korumak. (bunun için kuru hava yada azotla yıkama yapmak gerekir)

9. MEKANİK SALMASTRA DİZAYNINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

9.1 Mekanik Salmastrada Hidrolik Balans

Mekanik salmastralar balanslı ve balanssız olarak ikiye ayrılırlar. Bir mekanik salmastraya etki eden aksenal basınçları incelersek:

P_h : Hidrolik basınç Yayı kapamaya çalışır

P_f : Yay basıncı Yayı kapamaya çalışır

P_i : Dış basınç Yayı açmaya çalışır

P_{ra} : Yataktaki basınçlı akışkanın etkisi. Her yöne dik etkidüğinden açmaya veya kapamaya çalışır.

$$P_h + P_f - P_{ra} - P_i = 0 \quad (9.1)$$

Yay etkisi çalışma sırasında önemli olmadığından ihmal edilir.

$$P_h = F_h / A_h \quad F_h / A_h = F_i / A_i$$

$$K = F_h / F_i = A_h / A_i = \frac{\pi / 4 (D^2 - D_h^2)}{\pi / 4 (D - d)} = \frac{D^2 - D_h^2}{D - d} = \text{Balans oranı} \quad (9.2)$$

F_i = Dış kuvvet

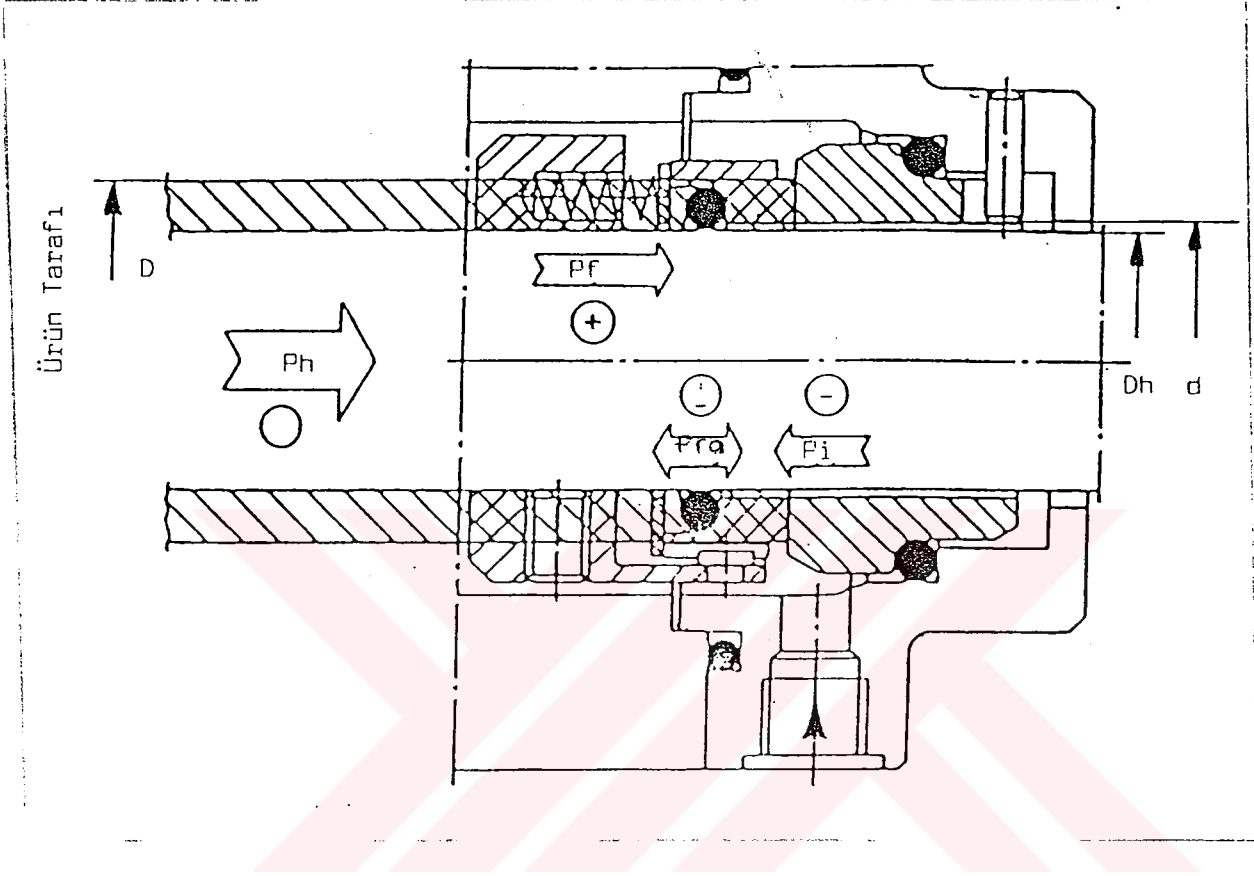
F_h = Hidrolik kuvvet

A_h = Hidrolik kuvvet etkisindeki yüzey

A_i = Dış kuvvet etkisindeki yüzey

Mekanik salmastralarda sızdırmaz halkanın karşı yüzeye yaptığı basınç statik durumda yay yükü ile sağlanır. Bu basınç ve buna bağlı olarak sürtünme ve aşınma akışkan basıncına bağlı olarak artar. Böylece temas basıncı sızdırmazlığı sağlanan ortam basıncından daha fazladır fakat sızdırmazlık basıncını belli değerler arasında tutmak gerektiği de unutulmamalıdır aksi takdirde aşırı mekanik kuvvetler sızdırmazlığı etkiler yada çalışan yüzeyler arasında yağ filmi oluşmasını engelleyerek yüzeylerin kuru çalışmasına neden olur. Balanslı(dengeli) mekanik salmastrada amaç, temas yüzeyinde

daha az basınç yaratarak salmastranın sızdırmazlık için gerekli minimum basınçta çalışmasını sağlamaktır. İstenen basınç dengesi sızdırmazlık yüzeylerinin çapını değiştirerek ve mili kademeli yaparak elde edilir.

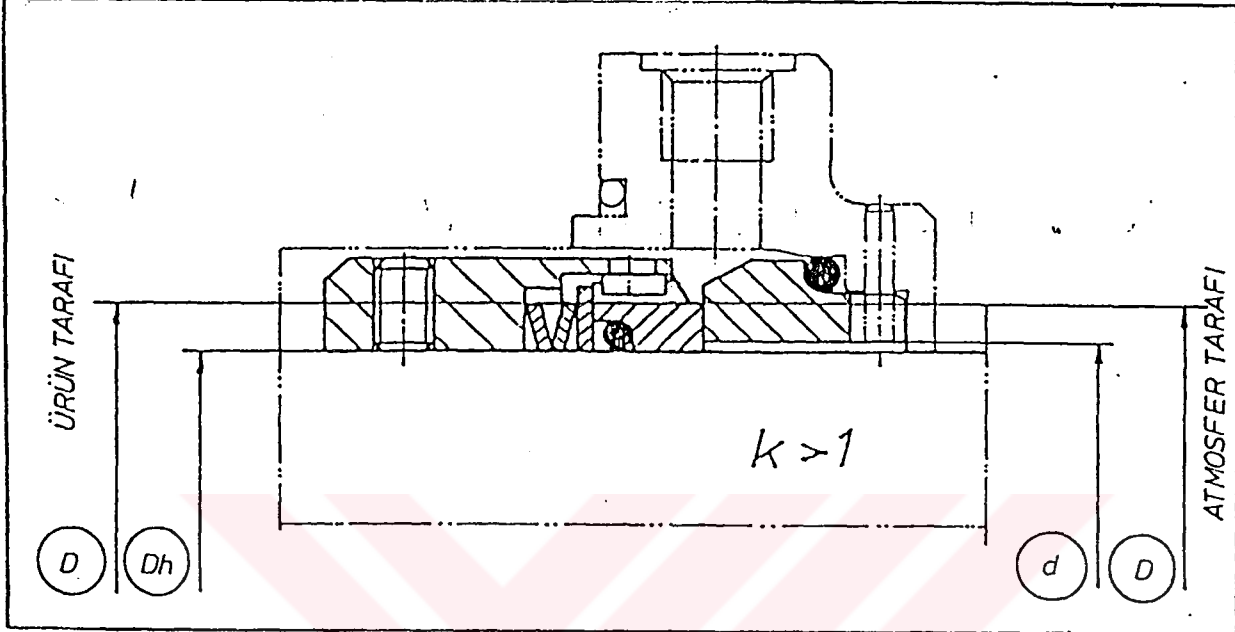


Şekil 9.1 Mekanik salmastra üzerindeki basınç

9.1.1 Balanssız mekanik salmastralar

Salmastra yüzeylerinden olan sızıntı miktarı salmastra yüzeyine gelen yük ile ters orantılıdır. Büyük yüklerde düşük yüzey sızıntısı olur ve yüzeylerden olan sızıntı miktarı yüzeyler arasındaki yağlayıcı sıvı film tabakasının kalınlığı ile doğru orantılıdır. Balanssız mekanik salmastralar balanslı mekanik salmastralara göre daha fazla yük altındadırlar. Bu sebepten dolayı da düşük basınç limitlerinde çalışmaktadırlar. Yüzeyleri kapalı tutan bu kuvvet limit kuvveti aşarsa yüzeyler arasındaki film tabakası kopar ve kuru çalışmanın başlanması ile yüzeyler aşınır kırılırlar. Bu problem salmastranın balanslanması ile çözülür. Balanssız salmastraların avantajı ise balanslı salmastralara göre daha ucuz olmaları ve yumuşak salmastralı sistemleri mekanik salmastraya

çevirme durumunda mil yada mil burcunda değişiklik yapmaya gerek olmamasıdır. Balanssız salmastralarda balans katsayısı $K > 1$ dir. Pratikte 1,1-1,2 civarındadır. Şekil 9.2'de balanssız mekanik salmastraya bir örnek görölmektedir.



Şekil 9.2 Balanssız mekanik salmastra

9.1.2 Balanslı mekanik salmastralar

Mekanik salmastralarda balans; yüzeylerin kaplanmasını sağlayan hidrolik kuvvetin yüzeyler üzerindeki etkisini azaltmak için salmastrada yapılan basit bir dizayn değişikliğidir. Yüzeylerin sürtünmesinden doğan ısı miktarı; yüzeyler arasındaki film tabakasına uygulanan basınç ve dönmeden dolayı oluşan kayma hızı ile belirlenir. Yüksek basınç ve kayma hızından dolayı aşırı ısı açığa çıkar. Açığa çıkan bu ısı yüzeyler arasındaki yağlayıcı miktarlarının artması ile giderilebilir ki bu da salmastra yüzeyine gelen hidrolik basıncın azaltılması ile mümkündür. Fazla basınç yağ filminin inceliş kopmasına neden olur. Yüzeyleri kapalı tutan ve yüzeylerden olan sızıntıyı sınırlayan basınç, salmastra yuvası boşluğundaki hidrolik basınç ve yay kuvvetidir. Salmastrayı çevreleyen hidrolik basınç salmastranın tüm parçalarına her yönden eşit bir şekilde etki eder. Hidrolik basınç artışı yüzeylere gelen kuvveti artırır, bu da kapama kuvvetinin artmasını sağlar. Bu durumda basınç sabit ise yüzeyleri kapalı tutan kuvvet yüzey ölçüleri değiştirilerek azaltılabilir. İçten montaj bir mekanik salmastrayı

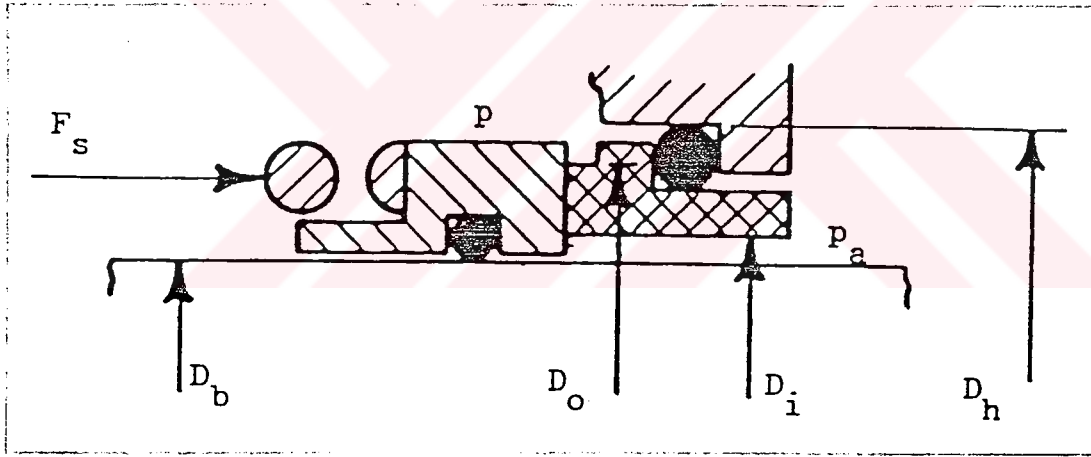
sızdırmazlık elemanının oturduğu yer ile sızdırmazlık halkasının temas ettiği bölgedir. Bu şekilde :

$$P_n = F_t / A \quad (9.3)$$

olur. $A = \pi/4 (D_o^2 - D_i^2)$ olmak üzere D_o dış çap, D_i iç çaptır.

9.3 Yay Sıkıştırma Kuvveti

Bütün mekanik sızdırmazlık elemanları, yüzeylerine kapama kuvveti uygular ve akışkan basıncı olmadığı zaman yüzeyleri bir arada tutma yeteneğine sahiptir. Yay kuvveti, sızdırmazlık elemanının dinamik kısmından gelen sürtünmeyi yenecek kuvvette olmalıdır. Yaya bağlı yüzey basıncı P_s sızdırmazlık yüzey alanına bağlıdır. Bu değer genelde 1-3 bar arasında değişen değerler alabilir. Bazı dizaynlarda ise yaya bağlı yüzey basıncı en düşük 0.2 bar yada en yüksek 5 bar gibi değerlere ulaşmaktadır.



Şekil 9.4 Mekanik salmastrada yay kuvvetinin sisteme etkisi

$$P_s = F_s / A$$

Şekil 9.4 'te mekanik sızdırmazlık elemanlarında yay kuvvetinin sisteme nasıl uygulandığı görülmektedir. Mekanik sızdırmazlık elemanlarında duran eleman ile dönen eleman kilitli durumdaysa yay kuvveti:

$$F_s > \pi/4 (D_o^2 - D_b^2) (P_a - P) \quad (9.4)$$

ifadesiyle belirlenir. Burada D_b mekanik dengeleme veya kayma çapı olarak

isimlendirilir. D_h : Hareketsiz O-ringin dış çapı. P : Sızdırmazlık elemanının dış çevresindeki mutlak basınç, P_a ise sızdırmazlık elemanının iç çevresindeki mutlak basınç değeridir.

9.4 Hidrolik Kuvvet

Hidrolik kuvvet serbest sızdırmazlık elemanı üzerine bir etki olup sızdırmazlık yuvası içindeki basınç değişiminden kaynaklanmaktadır. Sızdırmazlık elemanları (sabit ve hareketli) arasında meydana gelmesi nedeniyle çoğunlukla hidrolik kapama kuvveti olarak bilinir. Hidrolik kapama kuvveti genellikle sızdırmazlık elemanlarına içten ve dıştan basınçlı olmak üzere iki türlü hareket eder.

Hidrolik kapama kuvveti(F_h):

$$\begin{aligned} F_h &= \pi/4 (D_o^2 - D_b^2) \cdot P + \pi/4 (D_b^2 - D_i^2) \cdot P_a \\ &= \pi/4 (D_o^2 - D_i^2) \cdot K \cdot P + \pi/4 (D_o^2 - D_i^2) (1-K) \cdot P_a \\ &= A \cdot K \cdot P + A (1-K) \cdot P_a \\ &= A (K \cdot P + (1-K) \cdot P_a) \end{aligned}$$

Toplam kapama kuvveti ise:

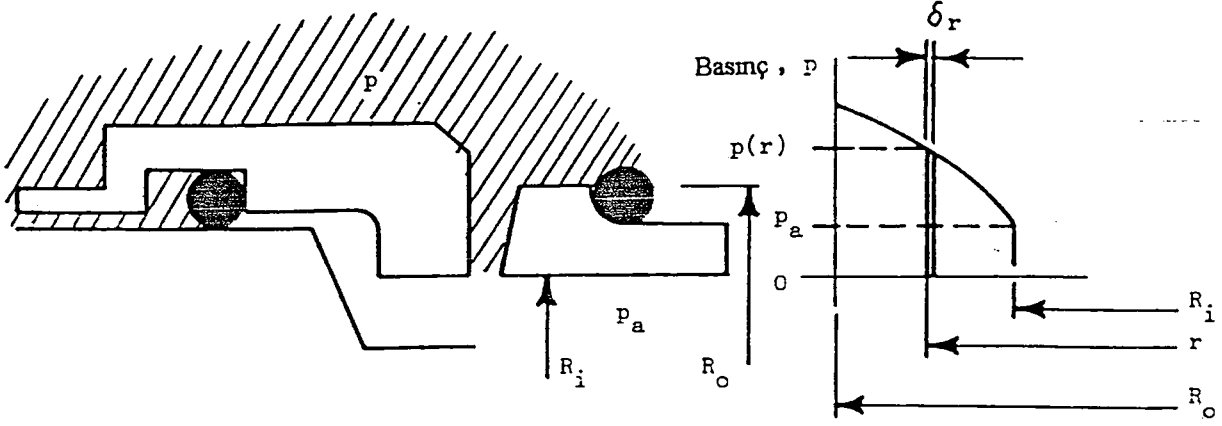
$F_t = F_s + F_h$ olduğuna göre

$$F_t = F_s + A(K \cdot P + (1-K) \cdot P_a) \quad (9.5)$$

9.5 Hidrostatik Yağlama

Hidrostatik yağlamada yüzeyler sızdırmazlık ara akışkanının (ince film tabakası) basıncı ile birbirinden ayrılmaktadır. Ara akışkan filmi üzerindeki basınç sızdırmazlık yüzeylerinin bağıl hareketi sonucu meydana gelen hidrodinamik hareketlerle oluşturulur. Fakat normal sızdırmazlık elemanları yüzeyleri hidrodinamik hareketler için uygun değildir ve daha çok ince film oluşturmaya meyillidir. Sızdırmazlık elemanlarının yüzeyleri kalın bir hidrodinamik film oluşturmak üzere özel olarak dizayn edilebilir ama bu film emniyetli çalışma koşullarının sağlanmasına rağmen yüksek bir sızdırma etkisi doğurabilir. Hidrostatik kuvvet sızdırmazlık elemanları yüzeylerindeki basınç dağılımları ile açıklanır, bu basınç dağılımı sızdırmazlık elemanlarının yüzey durumuna

göre değişebilir. Mekanik salmastranın yüzeyindeki basınç dağılımı Şekil 9.5'te görülmekte olup, basınç değeri akışkan tarafından sızdırmazlık basıncından diğer taraftaki basıncın değerine düşmektedir.



Şekil 9.5 Sızdırmazlık elemanının yüzeyindeki basınç dağılımı

9.6 Hidrodinamik Yağlama

Akışkan film basıncının sızdırmazlık yüzeylerinin bağıl hızıyla meydana gelen akışkan film yağlaması olarak bilinir. Genel olarak hidrodinamik etkiler mekanik sızdırmazlık elemanlarının çalışması üzerinde zorlayıcı bir rol oynarlar. Dönme hareketinde kullanılan mekanik salmastranın bulunduğu bölgede ortam sıcaklığı, hız, ve yağın viskozite etkisiyle bir hidrodinamik basınç meydana gelir. Hidrodinamik basıncı azaltmak için sızdırmazlık elemanının uzunluğu mümkün olduğu kadar kısa tutulmalı, sızdırmazlık elemanı ile mil arasındaki tolerans küçük olmalıdır. Eğer tolerans büyük olursa sızdırmazlık elemanlarının bulunduğu bölgedeki hidrodinamik basınç hidrostatik basıncı aşar ve sızdırmazlık elemanlarına zarar verebilir. Özel durumlarda hidrodinamik etkileri azaltmak için sızdırmazlık elemanlarının yüzeyleri delikli olarak dizayn edilmektedir. Bunlar güvenilirliği ve ömrü artırır fakat bu sırada sızdırma da meydana gelir ayrıca bu tip sızdırmazlık elemanlarında film kalınlığı arttığı için aşındırıcı maddelerin yüzey arasına girerek aşınma yaratmamasına dikkat edilmelidir.

9.7 Sürtünme

Sürtünme, homojen bir malzemenin kendisine göre hareket eden diğer bir malzeme ile temas etmesi durumunda ortaya çıkan harekete engel olucu bir etkidir. Bu etki arzu

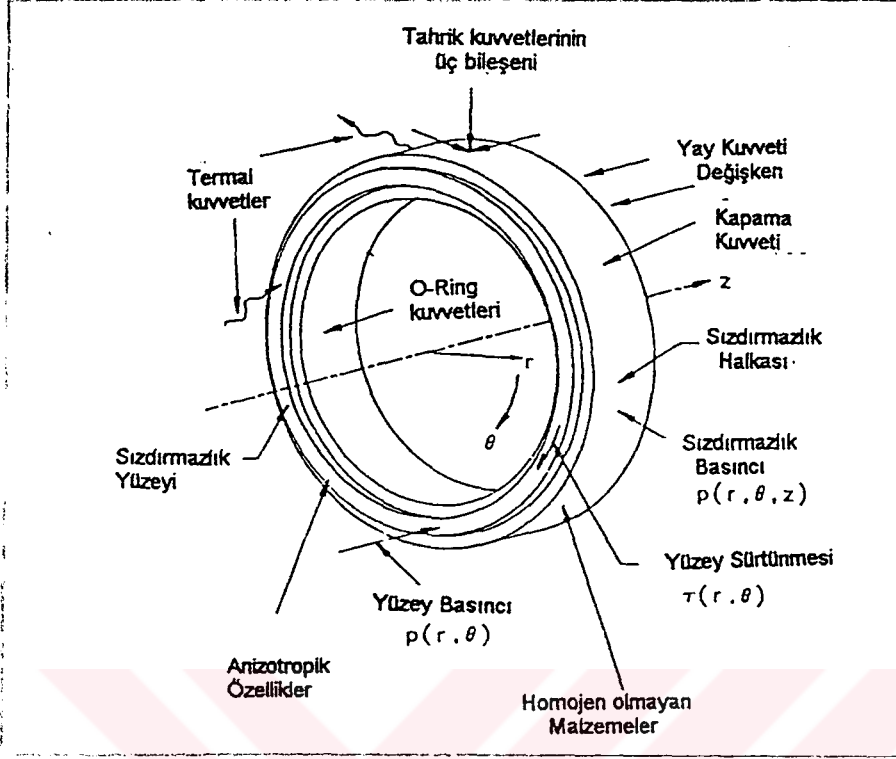
edilen çalışma şartlarının oluşturulmasında göz önüne alınması gereken sürtünme katsayısı, çalışma hızı ve buna bağlı olarak sıcaklık gibi önemli değişkenleri içerir. Kayan yüzeyler arasında katı madde temasını önlemek ve sızdırma miktarını en aza indirmek için sınır sürtünme şartlarını sağlamak gerekir. Sınır sürtünme koşulları da yüzey düzgünlüğüne, yağlama filminin oluşmasına, balanssız hareketlere ve sızdırmazlık elemanlarına uygulanan kuvvetlere bağlıdır.

9.7.1 Sürtünme katsayısı

Sürtünme katsayısı temas eden yüzey malzemelerine, sızdırmazlığı sağlanan akışkana ve dizayna bağlıdır. Sızdırmazlık elemanı görevini yerine getirirken yağlama şartları sürtünme katsayısının değerini değiştirirse de genelde mekanik salmastraların sürtünme katsayısı $f=0.05-0.08$ arasındadır. Bu değer aşırı yük altında bulunan mekanik salmastralarda hidrodinamik yağ filminin oluşturulmasıyla elde edilmiş bir değerdir. Sürtünme katsayısının düşürülmesi için sürtünme yüzeylerine kanallar açılarak temas eden yüzey alanı azaltılabilir. Şunu da unutmamak gerekir ki hidrolik kapama kuvveti dengelenme oranından(balans oranı) etkilendiği gibi yüzey alanının genişliğinden de etkilenir. Geniş alanlarda daha fazla hidrolik kapama kuvveti oluşur ve bu da sürtünme momentinin büyük bir değer almasına neden olur.

9.8 Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü arttıkça sızdırma oranı da artmaktadır bu yüzden yüzey pürüzlülüğü(Ra) değerinin mümkün olduğunca düşük olması istenir. Zamanla karşılıklı çalışan yüzeyler birbirini aşındıracağından pürüzlülük değeri de çalışma rejimine ulaşıldığında azalacaktır. Yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için salmastra üreticileri karşılıklı çalışan yüzeyleri lepleme işlemine tabi tutmaktadır ve böylece taşlamadan daha iyi bir sonuç elde edilir. Genelde lepleme işlemi dahi yeterli olmayıp parlatma işlemi uygulanır. Dönen taşlarla bu işlem uygulanır ta ki istenen düşük pürüzlülük değeri optik okuyucuda elde edilinceye kadar. Şekil 9.6'da sızdırmazlık halkalarında yüzey bozulmasına sebep olan yükler ve durumlar görülmektedir.



Şekil 9.6 Sızdırmazlık halkalarında yüzey bozulmasına sebep olan yükler ve durumlar

10. GÜÇ VE GÜÇ TÜKETİMİ

Güç mekanik salmastralar tarafından çeşitli yollarla absorbe edilir. Güç soğurulması genellikle sürtünmelerden, yağ film kalınlığından, aksenal dengesizlikten(kaçıklık, salgı) ve salmastranın hatalı dizayn edilmesinden kaynaklanmaktadır. 100 mm'den büyük ve yüksek hızlı uygulamalarda salmastra yuvasındaki sürtünme kayıpları büyük bir miktar güç soğurulmasına neden olur. Sızdırmazlık elemanlarındaki güç tüketimi işletmeye alınma anında rejim halindeki güç tüketiminden yaklaşık olarak 5 kat daha fazladır çünkü başlangıç durumunda sızdırmazlık yüzeyleri arasındaki yağ filmi sıkışarak kalınlaşmış ve hidrostatik basınçla dengelenmiş olmaktadır ve sürtünme katsayısı ilk devreye almada kendini daha fazla hissettirecek derecede yüksektir.

$$\text{Güç tüketimi } P_r = P_g \cdot V_g \cdot A \cdot f \quad (10.1)$$

P_g =Sızdırmazlık yüzeyindeki basınç

V_g =Kayma hızı

A =Kayan yüzey alanı

f = Sürtünme katsayısı

Pompaların test standlarında yapılan ölçümlerden yumuşak salmastraların sürtünme yüzeyinin fazlalığı nedeniyle mekanik salmastralara göre % 2 kadar daha fazla elektrik tükettiği belirlenmiştir.

11. MEKANİK SALMASTRALARIN ÇALIŞMA ORTAMINA GÖRE SEÇİMİ

Mekanik salmastralarda yüzey ve yardımcı sızdırmazlık elemanlarının malzemeleri çalışma ortamına göre seçilirler. Burada akışkanın cinsi, konsantrasyonu, yoğunluğu, sıcaklığı, p^H değeri, milin devir hızı ve içindeki katı parçacık miktarı önemlidir. Bu malzemeler akışkana bağlı olarak deney ve tecrübe yoluyla belirlenmiştir.

11.1 Malzeme Özellikleri

Sızdırmazlık elemanlarında kullanılan malzemelerde aranan özellikler:

1)Sertlik

2)Esneklik

3)Mukavemet

4)Sıcaklık, Genleşme Isı Transferi

5)Termal Şok Direnci

11.1.1 Sertlik

Sızdırmazlık elemanlarında kullanılan standart sertlik birimleri Shore A ve Vickers sertlik birimidir. Sızdırmazlık elemanlarında elde edilen sertlik değerleri yumuşak ve elastik malzemelerde 40-45 Shore A'dan başlayıp karbon – grafit malzemelerde 90-100 arasında değişir. Seramik malzemelerde ise bu değer 2500 Vickers civarındadır. Çizelge 11.1'de mekanik salmastralarda kullanılan çeşitli malzemelerin sertlik değerleri verilmiştir. Yüksek hızlarda çalışan mekanik salmastralarda ve özellikle de uçakların pompalarında kullanılan mekanik salmastralarda sert malzemeler kullanılması tercih edilir. Bunun sebebi de salmastranın hidrolik kapama kuvvetini ve hidrodinamik basıncı karşılayabilmesidir.

11.1.2 Esneklik

Sızdırmazlık elemanlarında yük dağılımı yaklaşık olarak Hooke kanununa uyar yani elastiklik sınırı içinde uygulanan yükün kalkması halinde eski şekillerini alırlar. Çoğunlukla kullanılan sızdırmazlık elemanları hem elastik hem de plastik özelliğe sahiptirler yani üzerlerindeki yük kalktığında bir süre eski şekline dönmeden kalabilir veya bir şekil değişmesine uğrayabilir(plastik). Uzun bir süre sonra eski hallerini

alabilirler. Yumuşak malzemeler sürtünme nedeniyle aşınmaya ve basınca daha az karşı direnç gösterirler bunun sebebi esnekliklerinin fazla olmasıdır. Elastikiyet değeri yüksek olan malzemeler pürüzlü yüzeylerde daha etkili kullanılırlar. Bir sızdırmazlık elemanının sertlik değeri arttıkça elastikiyet değeri küçülür ve yüzeyin pürüzlü olması halinde yüzeye alışınca kadar geçici bir sızdırma meydana getirebilir.

11.1.3 Mukavemet

Sızdırmazlık elemanlarında göz önüne alınması gereken en önemli unsur çekme mukavemetidir ancak bazı durumlarda basma mukavemeti de gerekebilir. Salmastralarda sürtünmenin ve hidrodinamik basıncın artması nedeniyle sıcaklık artar. Buna bağlı olarak da esneklik artar ve elastiklik modülü büyür. Sonuçta da çekme gerilmesi ortaya çıkar.

11.1.4 Sıcaklık, genleşme ve ısı iletkenliği

Malzemelerin sıcaklığa dayanıklılığını bilmek o malzemenin uygun sıcaklıkta kullanılmasını sağlamak için gereklidir. Çizelge 4.1'de ikincil sızdırmazlık malzemelerinin çalışma sıcaklıkları verilmiştir. Mekanik salmastralarda kullanılan tungsten karbür ve silikon karbürlerin ısı iletkenliği Çizelge 11.1'de görüldüğü gibi diğer malzemelerden daha büyüktür. Isı iletkenlik değerinin yüksek olması sızdırmazlık yüzeylerinde oluşan ısının efektif olarak tüketildiğini yani yüzeyden rahatlıkla transfer edildiğini gösterir. Böylece sızdırmazlık yüzeyinde sıcaklık düşer.

11.1.5 Termal şok

Mekanik salmastralarda yüzey malzemesi seçilirken malzemenin termal şoka karşı direncinin hesaba katılması gereken bir faktördür. Bu faktör özellikle sızdırmazlık elemanı olarak alüminyum oksit gibi seramik malzemelerin kullanılmak istendiği durumda önemlidir çünkü bu malzemenin kimyasal maddelere karşı dayanımı çok iyi olmasına rağmen termal şokla karşılaştığında dayanımı tungsten karbür, silikon karbür gibi malzemelere göre daha düşüktür. Bu yüzden çalışma alanları sınırlandırılmaktadır.

Çizelge 11.1 Mekanik salmastralarda kullanılan yüzey malzemelerinin özellikleri

	Yogunluk (kg/m ³)	Young Modülü (GN/m ²)	Eğilme Mukavemeti (MN/m ²)	Gerilme Mukavemeti (MN/m ²)	Isı İletkenliği (W/mK)	Sertlik (belirlenmediği zaman Vickers)	İsasal Genleşme Katsayısı (K ⁻¹ × 10 ⁻⁶)	Termal Şok Parametresi (W/m)
Karbon-grafit	1800	23	65	41	11,0	90-100 Shore A	3,0	10360
Yapıştırmacı Tesisti								
Karbon-grafit	2500	33	90	48	13,5	85-95 Shore A	3,5	10520
Artımon dolgunlu						Shore A		
PTFE %25 cam	2250	--	--	--	0,4	70-75 Shore D	44-92	--
Stellit 1	8690	248	--	850	15,0	600	11,3	--
				%0,1 lik				
Ni-drençli	7300	96	--	200	40,0	150	19,0	--
18/2 Martenzitik çelik (AISI 431)	7720	210	--	850-1000	18,8	261-319	11,1	--
Kırsuylu Bronz BS 1400, 1985 LB4	9100	68	--	220-300	71,0	65-90	18,4	--
Alüminyum Oksit %99,5	3870	365	480	--	30,0	2500	6,9	5718
Tungsten	14700	630	1750	--	88,0	1500-1600	5,1	47930
Karbür Co bağı								
Tungsten	14700	600	1700	--	73,0	1300-1500	4,8	43090
Karbür Ni bağı								
Silikon Karbür Reaksiyon Bağı	3100	413	525	--	200,0	2500-3500	4,3	59130
Silikon Karbür	3100	390	450	--	100,0	2500	4,8	24040
Sinterlenmiş								
Silikon Karbür Reaksiyon Bağı	2800	152	131	--	153	--	3,4	38780

11.2 Mekanik Salmastra Malzemeleri

Mekanik salmastralarda kullanılan malzemeleri:

- 1)Yay ve körük malzemeleri
 - 2)İkinci sızdırmazlık elemanları malzemeleri
 - 3)Sızdırmazlık elemanlarının yüzeylerinde kullanılan malzemeler
- olarak üç sınıfta toplayabiliriz.

11.2.1 Yay ve körük malzemeleri

Mekanik salmastra elemanları üzerine bir kuvvet etkisi yaratan yay malzemesi olarak çoğunlukla saf çelik, alaşımlı çelik, paslanmaz çelik gibi içinde karbon miktarı az malzemeler kullanılır. Çeliğin bileşiminde demir ile alaşım yapmış çeşitli elementler bulunur. Bu elementlerin oranı %0 ile 5 arasında değişir ve bileşimlerinde her zaman karbon ve silisyum gibi şekil vermeyi güçleştiren, kırılabilirliği artırıcı elementler bulunur. karbon miktarı genellikle % 0.5 ile 1 arasında silisyum oranı %0.1 ile 1 arasında bulunur. Bunların dışında demir içinde manganez, krom, nikel, vanadyum, tungsten, molibden gibi elementler bulunan malzemeler sızdırmazlık elemanlarının yay yapımında kullanılırlar. En çok kullanılan malzemeler de yüksek alaşımlı paslanmaz çelikler ve yine hastelloy adı verilen özel bir paslanmaz çelik türüdür. Paslanmaz çelikler 350 C'den düşük sıcaklıklarda kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıklar için alternatif malzemeler aranmaktadır. Son zamanlarda alüminyum oksitli seramik malzemeler, hafif olmaları, dayanıklılıkları ve kimyasal korozyona karşı koymaları nedeniyle yay yapımında kullanılmaya başlanmıştır daha ziyade kompozit malzeme olarak kullanılması tercih edilmektedir. Alüminyum oksitlerin bir de dezavantajı bulunmaktadır; bu da ısı gerilmeleri yüzünden yüzeylerinde çatlaklar oluşmakta ve termal şoklara dayanımlarının düşük olduğudur.

11.2.2 İkincil sızdırmazlık elemanları malzemeleri

Mekanik sızdırmazlık elemanlarında kullanılan O-ring ve conta gibi ikincil sızdırmazlık elemanları, statik sızdırma alanlarında görev alırlar. Isıya ve kimyasal maddelere olan dayanımları nedeniyle tercih edilen malzemelerdir. Bu malzemeler elastik olup belirli bir yük uygulandığında kolaylıkla deforme olmazlar ve yük kalktığında eski şekil ve boyutuna geri dönerler. Ancak üretimlerinden kaynaklanan toleransları nedeniyle

metallerin basınç değişimi altında bir miktar deforme olabilirler fakat boyut değişikliklerini de kolaylıkla telafi edebilirler. Geniş toleranslarda çalışma imkanına sahip olduklarından kullanım alanları yaygınlaşmıştır. İkincil sızdırmazlık elemanlarında kullanılan malzemeleri elastomerler ve elastomer olmayan malzemeler olmak üzere iki kısımda inceleyebiliriz. Bunların kimyasal maddelerle olan çalışma durumları Çizelge 11.2'de görölmektedir.

11.2.2.1 Elastomerler

Doğal Kauçuk(NR)

Mukavemeti ve elastikiyeti oldukça yüksektir. -30 C ile 80 C sıcaklıklar arasında çalışabilir. Suya, alkole ve yüksek sıcaklıkta olmayan asitlere dayanıklıdır. Mineral yağlara, grese ve klorlu hidrokarbonlara karşı dirençsizdirler.

Nitril Bütadien Kauçuk (NBR)

Akrilonitril ve bütadienlerin polimeridir. Bunlarda akrilonitril oranı yaklaşık %18'den %50'ye doğru arttıkça kimyasal direnci artmakta, buna karşılık sıcaklık direnci azalmaktadır.

Nitril kauçuk malzemesinin çok iyi fiziksel özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Hayvansal, bitkisel ve mineral yağlara, greslere, 100 C'ye kadar su sıcaklığına ve deniz suyuna karşı dirençlidir. Ozona karşı, aromatik hidrokarbonlara, ketonlara, güçlü asitlere karşı dirençsizdirler.

Etilen Propilen Kauçuk(EPDM)

Bu tip elastomerler nitril kauçuk malzemesine kıyasla daha geniş ölçüde sıcaklığa karşı dayanıklı olmaları sebebiyle daha geniş kullanıma sahiptirler. EPDM malzemeler; sıcak su ve su buharı uygulamalarında geniş çalışma alanına sahiptir. Petrol esaslı akışkanlarda kullanılması uygun değildir. Ultraviyole ışığa, ozona, oksijene, zayıf asitlere ve bazlara karşı çok iyi direnç gösterirler. Yalıtkanlık özellikleri ve düşük sıcaklıklarda esnekliği oldukça yüksektir.

Florokarbon-Viton, Florel(FPM)

Bu malzemelerin en belirgin özelliği yüksek sıcaklıklarda çalışabilmeleri ve kimyasal maddelere olan direncidir fakat sıcak suya direnci düşüktür. Aşınmaya yaşlanmaya ve

ozona dayanıklı olmasından dolayı ideal bir sızdırmazlık elemanı olarak kabul edilebilir. Bazı tipleri mineral yağlara ve hidrokarbonlu yakıtlara karşı yüksek dirence sahiptir bazı tipleri ise keton ve alkollere karşı dirençsizdir. Nitril malzemeden yapılan malzemelerden daha pahalıdırlar fakat dayanma ömürlerinin daha fazla olması nedeniyle değiştirme oranı azalmakta ve uzun vadede daha karlı olduğu görülmektedir. Böylece salmastraların sökülüp takılmasından dolayı oluşabilecek hasar da önlenmiş olur.

Perflorokarbon-Kalrez, Chemraz(FFKM)

Bu tip malzemeler geniş bir sıcaklık aralığında çalışabilen, yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve kimyasal maddeler için geliştirilmiştir. Üretiminde diğer malzemelere oranla daha özel teknikler gerektiği için daha pahalıdırlar. Çok güçlü ve etkili kimyasal maddelerin yer aldığı üretim alanlarındaki mekanik salmastralarda kullanılırlar.

Silikon(MVO) ve Florosilikon(MFO)

Bu tip kauçuklar geniş bir sıcaklık aralığında kullanılmalarına rağmen düşük çekme mukavemeti ve aşınma direncine sahip oldukları için sadece bazı özel uygulamalardaki mekanik salmastralarda kullanılır. Siklon kauçukların yaşlanma ve ozona dirençleri oldukça iyidir. Bazı yağlarda kullanabilirler fakat petrol esaslı sıvılarda ve yüksek basınç altındaki çalışma koşullarında dirençleri azdır. Florosiklon kauçuklar ise silikondan farklı olarak petrol esaslı sıvılara dayanıklıdırlar ve maliyetleri nitrillere oranla çok pahalıdır bu yüzden çok fazla kullanılmazlar.

11.2.2.2 Elastomer olmayan malzemeler

Politetrafloretülen(PTFE)

Kimyasal maddelere karşı direnci iyi olan bir malzemedir ve geniş bir sıcaklık aralığında çalışabilir fakat aşınma direnci iyi değildir. Aşınma direncinin iyileştirilmesi için içine bronz, grafit ve cam elyafı gibi malzemeler katılarak aşınmaya karşı direnci ve mekanik özellikleri iyileştirilebilir.

Sıkıştırılmış Asbest Lifleri(CAF)

Elastomer malzemelerin kullanılamayacağı çok yüksek sıcaklıklarda kullanılmaktadır. Asbest liflerinin kauçuk ile birleşiminden oluşan bu bağ yıllardan beri kullanılmaktadır ancak içindeki asbest maddesinin sağlığa zararlı kanserojen maddeler içermesi

nedeniyle kullanımı birçok alanda yasaklanmıştır. Bunun yerine son zamanlarda ince esnek grafit foilleri almıştır.

İnce Grafit Foilleri

Malzeme saf grafitten imal edilmiş olup ince levhalar ve halka kalıpları halindedir. Bu malzemede en büyük sorun malzemenin elastikiyetinin düşük olmasıdır. Bu yüzden bu malzemeler genellikle düz contalarda kullanım alanı bulmaktadır. Dinamik uygulamalarda kullanılması için özel dizaynlar ve eklemeler yapılması gerekmektedir.

11.2.3 Sızdırmazlık elemanlarının yüzeylerinde kullanılan malzemeler

Mekanik salmastraların yüzeylerinde kullanılan malzemeler çiftler halinde seçilmektedir. En çok kullanılan yüzey malzemelerine ait özellikler Çizelge11.1'de verilmiştir. Çizelge 11.3'te bu malzemelerin çeşitli kimyasallara uygunluğu verilmiştir.

Karbon-Grafit

Halk arasında ve teknisyenler arasında kömür olarak adlandırılan bu malzeme ilk aklı gelen statik yüzey malzemesidir. Yüzey malzemesi olarak kullanımının çeşitli avantaj ve dezavantajları vardır.

Kuru ve sınır yağlama şartlarında iyi bir yağlama kalitesi sağlar ve yüzeyindeki kusurların üstesinden gelebilir. Kimyasal maddelere karşı dirençlidir, 250 C sıcaklığa kadar olan geniş bir sıcaklık aralığında çalışabilir içine antimon gibi malzemeler emdirilerek sıcaklık dayanımı artırılabilir böylece 400 C'ye kadar kullanılabilir. Sıkıştırılmaya dayanıklıdır, her zaman kolayca temin edilebilir ve maliyeti de düşük bir malzemedir.

Aşındırıcı ve kristalleşen sıvılara karşı direnci azdır. Bazı kimyasal maddelerle tehlikeli reaksiyona girebilir. Çok kolay hasara uğradıklarından nakliyede dikkatli olmak gerekir. Bazı uygulamalarda sağlık kuralları gereği üretime karbon tozunun girme riski olması nedeniyle kullanımı sınırlandırılabilir. Kuvvetli sıkıştırma durumunda karbon yüzey katmanları gerilme şiddetine karşı dayanıksızdır ve ısı iletme katsayısı da düşüktür.

PTFE

Düşük mukavemete sahip ve kopmaya meyilli olmalarından dolayı kullanım alanları sınırlıdır. Çok iyi yağlama özelliğine sahiptir ancak düşük mukavemeti nedeniyle

kolayca deforme olmaktadır. Bu durumu önlemek için malzemeye elyafli cam ilave edilmişse de elde edilen malzeme karbona göre daha zayıf özelliklere sahiptir. Fakat bu malzeme ağır olmayan uygulamalarda kolayca kullanılabilir. Kendi başına kullanıldığında yağlama özelliği dışında iyi performans vermez, yüksek ısı oluşumları şiddetli deformasyonlara ve arızalara neden olur. Aşınma direnci iyi değildir ve ısı iletkenliği çok azdır.

Stellit

Kobalt, krom, tungstenden oluşan yüksek sertliğe ve kimyasal dirence sahip alaşımlar gurubudur. Son zamanlarda mekanik salmastralarda kullanılan ucuz bir yüzey malzemesi olarak daha önce kullanılan pahalı ve sert karbürlerin yerini almaktadır. Yüksek sıcaklıkta aşınmaya ve oksitlenmeye dayanıklıdır. Sızdırmazlık elemanlarında stellite kullanılması avantajları şunlardır: Ucuz ve sert bir alaşımdır, kimyasal maddelere karşı direnci yüksektir. Yüksek sıcaklıkta bile özelliğini kaybetmediğinden geniş bir çalışma aralığına sahiptir. Büyük ebatlı mekanik sızdırmazlık elemanlarında güvenilir bir malzeme olarak kullanılabilir. Dezavantajlar ise: Diğer pahalı maddelere göre ucuz görünmesine rağmen aşınma ömrü kısadır. Su ve sulu eriyiklerde kötü çalışma özelliği gösterirler ve düşük ısı iletkenliğine sahiptirler.

Alüminyum oksit

Alüminyum oksit seramikleri mekanik sızdırmazlık elemanları için kullanılan en sert ve metalik olmayan malzemelerdir. Seramik malzemeler ; yüksek basınçta, yüksek hızlarda ve kötü yağlanma koşullarında çalışan ideal malzemelerden biridir. Bu tip seramik yüzey malzemelerinin en önemli özelliği yüzeylerde koruyucu tabaka oluşturmasıdır. Böylece alüminyum oksit yüzey malzemeleri kimyasal maddelere karşı iyi ve aşınmaya karşı mükemmel bir direnç sağlarlar. Ucuz ve sert malzemeler olan alüminyum oksitler su ve sulu eriyiklerde, ikinci yüzey malzemesi olarak karbonun kullanılması halinde iyi çalışma özelliklerine sahip olmaktadırlar. Kumlu deniz suyu gibi aşındırıcı akışkanlara karşı dayanıklıdır. Fakat bütün bu iyi özelliklerinin yanında kötü ısı iletkenliğine ve kötü bir termal dirence sahiptir. Gevrek bir malzeme olduğu için mekanik hasarlara sebep olabilmektedirler.

Tungsten karbür

En pahalı yüzey malzemelerindendir. Aşınmaya karşı direncinin iyi olmasından dolayı

ağır Şartlarda alıŐan mekanik salmastralarda kullanılmaktadır. Yüksek ısı iletkenliğine ve elastikiyete sahip bir malzemedir ve mekanik Şoka karşı direnci diğer metal olmayan malzemelere göre daha yüksektir fakat özellikle asit çalıŐmalarında kimyasal direnci sınırlıdır. Çok yüksek yoğunluğa sahip olması nedeniyle yüksek hızdaki uygulamalarda kullanımı probleme neden olmaktadır.

Mekanik sızdırmazlık elemanlarında kobalt ve nikle bağ yapısına sahip olan karbürler en çok kullanılan malzemelerdir. Bu bağ yapısı bu maddelere gerilme dayanımı ve kimyasal dayanım sağlar.

Silikon karbür

Bu tip yüzey malzemeleri sadece ağır alıŐma Şartlarında değil hafif alıŐma Şartlarında da geniş bir kullanıma sahiptir. Malzeme maliyeti oldukça yüksektir. Özellikle zor çalışma koşullarında aşınma direncinin ve sürtünme özelliklerinin düşük olması nedeniyle yaygın bir Şekilde kullanılırlar. Isı iletkenliği tungsten karbürden çok daha iyidir. Yüksek elastiklik katsayısına ve iyi bir termal Şok direncine sahiptir. Yoğunluğu tungsten karbürden daha azdır ve maliyeti daha düşüktür. Kolaylıkla bulunabilen bir malzemedir. Bütün bu özelliklerinin yanında düşük gerilme mukavemetine sahiptir ve tungsten karbre oranla daha az dayanıklı olduğundan kolayca hasara uğrayabilir.

Silikon karbürlerin mekanik sızdırmazlık elemanlarında kullanılan çeşitli tipleri mevcuttur ve değişik özelliklere sahip olmaları nedeniyle Őeiminde dikkatli olmak gerekir. Genellikle kullanılan tip sinter tekniğiyle üretilen silikon karbürlerdir. Sinter tekniğinde birleŐtirilmek istenen malzemelerin tozları yüksek basınçta preslenmekte ve daha sonra fırında bu birleŐtirme pekiŐtirilmektedir. Bu malzemelerin kimyasal dirençleri mükemmeldir fakat kırılmaya dayanımları düşüktür. Mekanik salmastranın performansını artırmak ancak yüzey malzemesinin kalitesini geliŐtirmekle mümkün olacağından son zamanlarda yeni tip silikon karbürler üretilmeye çalıŐılmaktadır.

Çizelge 11.2 Malzeme uygunluğu (+: uygun, *:şartlı, 0:uygun değil, ?:veri yetersiz)

2. S. Elemanı: Yüzey Malzemesi	Nitrit (N)	Neopren	Poliakrilik	Silikon	Floro-silikon	Floro-karbon Elastomer (viton)	Floro-karbon Termoplastik (PTFE),(Teflon)	Etilen Propilen	Pertoro elastomer (Karet)
Organik Bileşikler	*	*	0	0	0	*	+	*	+
Asitler	0	0	*	*	?	*	+	0	+
asetik	0	0	*	*	?	*	+	0	+
oleik	+	+	*	+	+	+	+	+	+
Alkol	+	+	*	+	+	+	+	+	+
etanol	*	*	0	0	+	*	*	0	+
Hidrokarbonlar: benzen	+	*	?	?	*	+	+	0	+
propan	0	0	0	+	0	0	*	+	+
aseton	0	0	0	+	0	0	*	+	+
Ketonlar	0	0	0	+	0	0	*	+	+
aseton	0	0	0	+	0	0	*	+	+
İnorganik Bileşikler	*	*	0	+	*	+	+	+	+
Asitler	0	*	*	*	*	+	+	*	+
hidroklorik	0	0	*	*	0	+	+	*	+
fosforik	0	0	0	0	0	+	+	*	+
sülfürik	*	+	0	+	--	*	+	+	+
Alkali	+	+	*	+	--	*	+	+	+
Na-hidroksit	+	+	*	+	--	*	+	+	+
amoniyak - sulu	+	+	*	+	--	*	+	+	+
Şu	+	*	0	+	+	+	+	+	+
Temiz	+	*	0	+	+	+	+	+	+
Deniz suyu	+	+	0	+	+	+	+	+	+
Soğutucu akışkan	+	+	0	+	0	0	+	+	+
Amonyak- susuz (siv)	+	*	0	0	0	*	+	0	+
Freon-12	+	*	*	0	0	*	*	0	+
Yağlar	+	*	*	0	+	*	*	0	+
Hidrolik (MIL-H-5606)	+	*	*	0	+	*	*	0	+
Yağlayıcı (SAE 20)	+	*	+	+	+	+	+	0	+
Müretal	+	*	*	+	+	*	*	0	+
Yakıtlar	+	*	*	+	+	*	*	0	+
Dizel	+	0	+	*	+	*	*	0	+
Benzin	?	0	+	0	+	+	+	0	+

12. MEKANİK SALMASTRALARDA KULLANILAN STANDARTLAR

Ticari olarak üretilen mekanik sızdırmazlık elemanlarında çeşitli standartlar göz önüne alınmış olup bu standartların uygulanmasında boyut, kullanılan malzeme ve yerine getirdiği görev gibi durumlar dikkate alınır. Boyut standartları içinde mekanik sızdırmazlık elemanlarının büyüklüğü, mekanik salmastra yuva büyüklüğü, yüzey kalitesi toleransları yer almaktadır. Kullanılan malzeme standartlarında ise kullanım durumu, uygunluk(ısısal, kimyasal) ve seçimi gibi değerler dikkate alınmıştır. Mekanik sızdırmazlık elemanlarının tam olarak bir standartı yoktur. Bir çok durumda bunların standartları pompa içinde veya ikinci sızdırmazlık elemanları standartları içinde yer almıştır. Bu standartlar genellikle üretim yapan firmaların ülke standartları çerçevesi içinde göz önüne alınmaktadır. DIN 24960 Alman standartlarına göre sızdırmazlık elemanlarının dış ebatları ve buna bağlı olarak mekanik salmastra yuvası ebatları standartlaştırılmıştır. Buna ek olarak yüzey kalitesi ve kullanılan malzemenin seçilmesi için kotlama yapılmıştır. BS 5275(İngiliz standardı) ve ISO 3069 uluslararası standartlarda sızdırmazlık elemanlarına uyan yalnız çap ebatları verilmektedir. Bu üç standarda ek olarak ANSI B73.1 Amerikan standardında mekanik salmastra yuvalarına uygun salmastra kutularının standardı verilmiştir. API 610 Amerikan Petrol Enstitüsü standart sınıflandırma sistemi malzeme kotlanmasını da içermektedir.

Şunu unutmamak gerekir ki iyi seçilmiş yüzey malzemeleri ile kötü tasarlanmış mekanik salmastra, iyi dizayn edilmiş fakat yanlış yüzey malzemeleri kullanılmış bir salmastradan görevini yerine getirme açısından daha iyidir. Mekanik salmastralarda malzeme seçimlerinin uygun olması birinci derecede önem taşımaktadır. Daha sonra salmastra yuvasının dizaynı ve montaj sırasında salmastra yayının sıkılma mesafesi önem taşır. Salmastra yayının sıkılma mesafesi her tip ve mil çapı için üretici firma tarafından verilmektedir. Sıklığın az olması ekipman çalışmıyor iken yüzeylerin arasının açık olmasına, çalışma durumuna geçince de hidrolik basıncın etkisiyle yüzeylerin çarpışıp kırılmasına neden olabilir. Yayın fazla sıkılması durumunda ise yüzeyler sürekli fazla basınç altında bulunurlar ve daha çabuk aşınırlar. Yuva dizaynında en önemli olan ölçü ise sabit elemanın dış O-ringinin yerleştirildiği yuva çapıdır. Herhangi bir ekipmanda çalışmakta olan mekanik salmastranın tipinde veya malzemesinde değişiklik yapılması gerektiğinde sabit elemanın yerleştirildiği ölçü önem taşır. DIN 24960'a göre sabit elemanlar standart hale getirilmiştir. Bir ekipmanın mekanik salmastrası standart ise değiştirilmesi gerektiğinde aynısının bulunamaması durumunda malzemeleri uygun

seçilmek şartıyla başka bir firmanın salmastrası kullanılabilir ve parçanın temin edilememesi ve üretimin aksaması gibi bir sorunla karşılaşmaz.

Mekanik salmastraların standartlaştırılması için göz önüne alınması gereken koşullar şunlardır:

- 1)Mekanik salmastraları uygulanması ve tariflerinin testlerle geliştirilmesi.
- 2)Sızdırmazlık elemanlarında kullanılan yüzey malzemelerinin geliştirilmesi.
- 3)İstenen sızdırmazlık basıncına bağlı olarak dengeleme oranının belirtilmesi.
- 4)Pompa ve sızdırmazlık elemanı yuvasının dizaynını optimize ederken etkin ısı transferi ve sızdırmazlık elemanının yağlanma kontrolünün sağlanması.

Mekanik sızdırmazlık elemanlarının standardizasyonundaki eksiklikleri de şu şekilde sıralayabiliriz:

- 1)Mekanik salmastra yuvasının boyutlarının standartları mekanik salmastranın çalışma ihtiyaçlarına önem verilmeden kabul edilmiştir. Bu şartlar ısı transferi, buhar ve katı parçacıkların etkisidir.
- 2)Standartlar sızdırmazlık elemanları için ne tip bir ek devrenin gerektiğini yada istenen performansın ne olduğuna değinmemişlerdir.
- 3)Standartlarda mekanik salmastraların performansının test edilmesine ve malzemelerin uygunluğunun ölçülmesi hakkında bir bilgi yoktur.

Çizelge 12.1 DIN 24960'a göre malzeme tablosu

Malzeme Kodu	Açıklama
1) DIN BURGANN	
24960	

Malzeme Kodu	Açıklama
1) DIN BURGANN	
24960	

Malzeme Kodu	Açıklama
1) DIN BURGANN	
24960	

YÜZEY MALZEMELERİ pos. 1/2

►A	Buko 03	Karbon, antimon emdirilmiş
►B	Buko 1	Karbon, reçine emdirilmiş
B3	Buko 02	Karbon, reçine emdirilmiş
B5	Buko 34	Karbon, reçine bağlı
C	Boko 22	Elektrografit, antimon emdirilmiş

METALLER

►E	Bume 20	Krom Çelik
G1	Bume 17	CrNiMo-alaşımli çelik
►S	Bume 5	Özel alaşımli, CrMo çelik

KARBÜRLER

U=Tungsten Karbürler

►U1	Buka 1	Tungsten karbür lehimli kobalt bağlı
►U2	Buka 16	Tungsten karbür tekparça nikel bağlı
►U22	Buka 16	Tungsten karbür sıkı geçme nikel bağlı
U3	Buka 15	Tungsten karbür tekparça NiCrMo-bağlı
U37	Buka 15	Tungsten karbür sıkıgeçme NiCrMo-bağlı
U7	Buka 17	Tungsten karbür tekparça bağlayıcısız.

Q=Silikon Karbürler (Asit dayan)

►Q1	Buka 22	SIC, silikon karbür basınçsız sintirlenmiş
►Q12	Buka 22	SIC basınçsız sintirlenmiş
►Q2	Buka 20	SIC-Si, reaksiyon reaksiyon bağlı
►Q22	Buka 20	SIC-Si, reaksiyon reaksiyon bağlı
Q3	Buka 30	SIC-C-Si, Karbon, silikon emprenye
Q32	Buka 30	SIC-C-Si, Karbon, silikon emprenye
Q4	Buka 24	C-SIC, Karbon silikatlı yüzey

METAL OKSİTLER

►V	Buke 5	Al-Oksit (%99,5)
V2	Buke 3	Al-Oksit (%97,5)

PLASTİKLER

►Y1	Buku 2	PTFE, cam elyafı takviyeli
Y2	Buku 3	PTFE, grafitle takviyeli.

YARDIMCI SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI (pos 3)**ELASTOMERLER, kaplamasız**

B	B	Butil kauçuğu
►E	E	Etilen-Propilen kauçuğu (E-P)
K	K	Fluorkarbon kauçuğu (Kalrez®)
N	N	Neopren kauçuğu
►P	P	Nitril-Butadyen kauçuğu
S	S	Silikon kauçuğu
►V	V	Fluor-karbon kauçuğu (Viton®)

ELASTOMER KAPLI

►M1	TTV	Viton®, PTFE iki katlı Teflon kaplı
►M2	TTE	EPDM, PTFE iki katlı Teflon kaplı
M3	TTS	Silikon, PTFE iki katlı Teflon kaplı
M4	TTN	Neopren, PTFE iki katlı Teflon kaplı
M5	FEP	Silikon, FEP kaplı
M7	TTV/T	Viton®, iki katlı teflon kaplı Teflon tek parça

ELASTOMER OLMAYANLAR

Y1	Burasil®	Poliviniliden fluorür
G	Statoithern®	Saf Grafit
T	T	PTFE (politetrafluor etilen-Teflon)
T2	T2	PTFE, Cam elyafı ile takviyeli
T3	T3	PTFE, karbon takviyeli
T12	T12	PTFE, karbon-graphite takviyeli

YAY VE KONSTRÜKSİYON MALZEMELERİ pos. 4/5**YAY MALZEMELERİ**

►G	1.4571	CrNiMo-Çelik → 3
►M	Hast.C4	Hastelloy® C-4 (2.4610)

İMALAT MALZEMELERİ

D	St	Karbon Çeliği
►E	1.4122	Krom Çeliği
F	1.4301	Krom-Nikel Çeliği
F	1.4308	Krom-Nikel alaşımli Çelik
F1	1.4313	Özel Krom-Nikel alaşımli çelik
►G	1.4401	Krom-Nikel-Molibden Çeliği
►G	1.4571	Krom-Nikel-Molibden Çeliği
G	1.4581	Krom-Nikel-Molibden alaşımli Çelik
►G1	1.4462	Krom-Nikel-Molibden Çeliği
G2	1.4439	Krom-Nikel-Molibden Çeliği
G3	1.4539	Krom-Nikel-Molibden Çeliği

M= Nikel bazlı alaşım

►M	Hast. C4	Hastelloy® C-4 (2.4610)
M1	Hast. B2	Hastelloy® B-2 (2.4617)
M3	Carp	Carpenter® 20 Cb3
M4	Monel	Monel® alloy K500 (2.4375)
M5	Hast.C-276	Hastelloy® C-276 (2.4819)

T=Diğer Malzemeler

T1	1.4505	Krom-Nikel-Molibden-Bakır-Niob Çeliği (2.4660)
T2	Titan	Saf Titanyum
T3	Inc.625	Inconel® 625 (2.4856)
T4	Carp.42	Carpenter® 42 (1.3917)
T5	Inc. 800	Incoloy® 800 (1.4876)
T6	AM 350	Özel alaşım

13. MEKANİK SALMASTRA MONTAJI

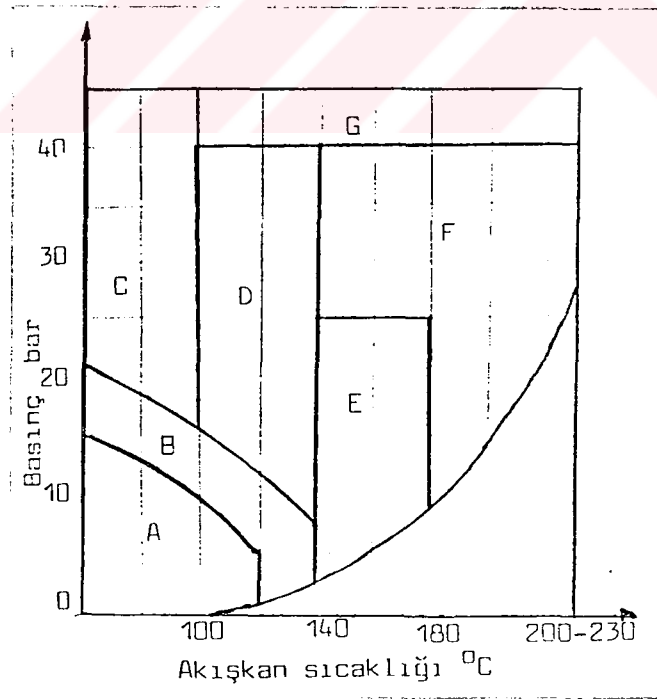
Montaj sırasında salmastra ile temas edecek tüm keskin kenarlara üretici tarafından belirtilen değerlerde pah kırılmalıdır. Mekanik salmastra bölgesi içinde kalan mil yüzeyi iyi işlenmiş, yüzey kalitesi yüksek olmalıdır. Milde salgı ve titreşim minimum değerlerde olmalıdır. Eğer bu değerler tamamen giderilememiş veya yeteri kadar azaltılamamışsa mekanik salmastranın çalışma ömrü üzerinde olumsuz etki yapacaktır. Montaj öncesinde ve montaj süresince tüm parçaların ve çalışılan bölgenin temizliğine özen gösterilmelidir. Montaj işlemini kolaylaştırmak için O-ringlere montajdan önce bir miktar silikon gres sürülebilir. Bu işlem elastomer körlüklü salmastralarda ve statik O-ringlerde uygulanmamalıdır. Bu elemanların montajında alkol, su veya sabunlu su kullanılabilir. EPDM O-ringler madensel yağlara karşı dayanıksız olduklarından kesinlikle bu yağlara temas ettirilmemelidir. Sabit eleman O-ring ile yuvaya oturtulurken eleman üzerine uygulanan baskı kuvvetinin yüzeye düzenli olarak dağılımı temin edilmelidir. Bu işlem için sabit eleman ile temas edecek yüzeyi çok iyi temizlenmiş ve sentetik malzemedan yapılmış bir montaj aparatı kullanılabilir. İşletme sırasında salmastra bölgesinde ve yüzeyler arasında kuru çalışmanın olmamasına dikkat edilmelidir.

14. SU ORTAMINDA MEKANİK SALMASTRA UYGULAMALARI

Su için mekanik salmastra seçiminde dikkate alınması gereken unsurlar şunlardır:

- 1) Sızdırmazlığı sağlanacak basınç
- 2) Mekanik salmastrada oluşan sıcaklık
- 3) Kayma hızı ve sürtünme katsayısı

Şekil 14.1'deki diyagramda sıcaklık ve basınca göre ayrılan her bir bölge için harflendirme yapılmış ve her bölge için uygun salmastra malzemeleri ve tipi belirlenmiştir. Çizelge 14.1'de önerilen salmastra tipi görülmektedir. Burada kayma hızı V_g (m/s), basınç P (bar) olmak koşuluyla çizelgedeki veriler deneysel olarak elde edilmiştir.



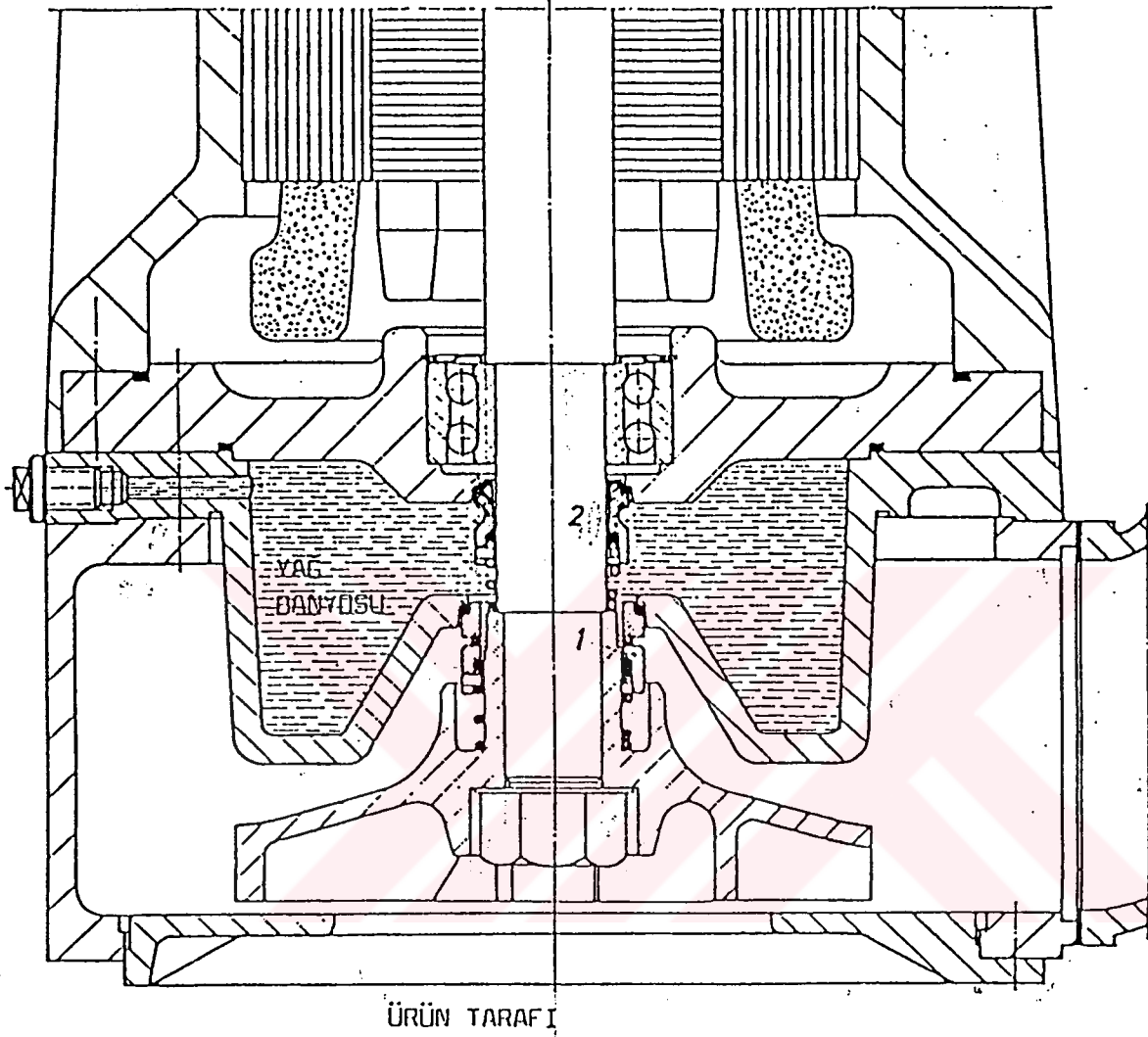
Şekil 14.1 Su için mekanik salmastra seçim diyagramı

Çizelge 14.1 Mekanik salmastra seçim tablosu

Alan	Vg [m/s]	P.Vg bar.m s	Salmastra tipi	DIN 24960'a göre Malzeme	Salmastradaki sıcaklık
A	<10	<100	MG1, M7, H7, M 3	SAEGG	<100
B	<20	<400	H7, H75	Q1AEGG	<100
	<20	<800	H75	AQ1EGG	<100
C	<10	<250	H7	Q1AEGG	<140
	<20	<250 ⁵⁾	H75	AQ1EGG	<120
	<20	<400	H75 G15	AQ12EGG	<100
	<20	<400	H7	Q1AEGG	<100
	<20	<800 ⁵⁾	H75	AQ1EGG	<100
D	<10	<200 ²⁾	H75	AQ1EGG	<180
	<20	<250	H74-D	Q1AM2GG	<120
E	<10	<250	H75G15	AQ12EGG	<140
	<20	<400	H7F ⁴⁾	Q1AEGG	<100 ⁶⁾
	<20	<400	H75F, SHF 75	AQ1EGG	<100 ⁶⁾
F	<20	<800 ⁵⁾	H75	AQ1EGG	<100 ⁶⁾
	<50	<2500	HSHF, HF (V), SHF	AQ12EGG	<75 ⁷⁾

14.1 Dalgıç Pompalarda Mekanik Salmastra Uygulaması

Dalgıç pompalar tamamen su içerisinde çalıştılarından pompa motorunun akışkan ile temasının kesilmesi gerekir. Ayrıca kirli ve içinde katı partikül içeren su olabileceğinden mekanik salmastranın transfer edilen akışkan dışında temiz bir akışkan ile (ki genelde bu yağdır) yağlanması gerekir. Bu nedenle çift mekanik salmastra kullanılır. Ürün tarafındaki salmastra transfer edilen akışkan ile yağ banyosu arasındaki sızdırmazlığı sağlar diğer salmastra ise yağ banyosu ile motor arasındaki sızdırmazlığı sağlar. Yüzey malzemeleri olarak genellikle silikon karbürler kullanılır bu madde özellikle katı partikül içeren atık transferi uygulamalarında iyi bir çalışma performansına sahiptir. Şekil 14.2'de bir atık su dalgıç pompasındaki mekanik salmastra uygulaması görülmektedir.

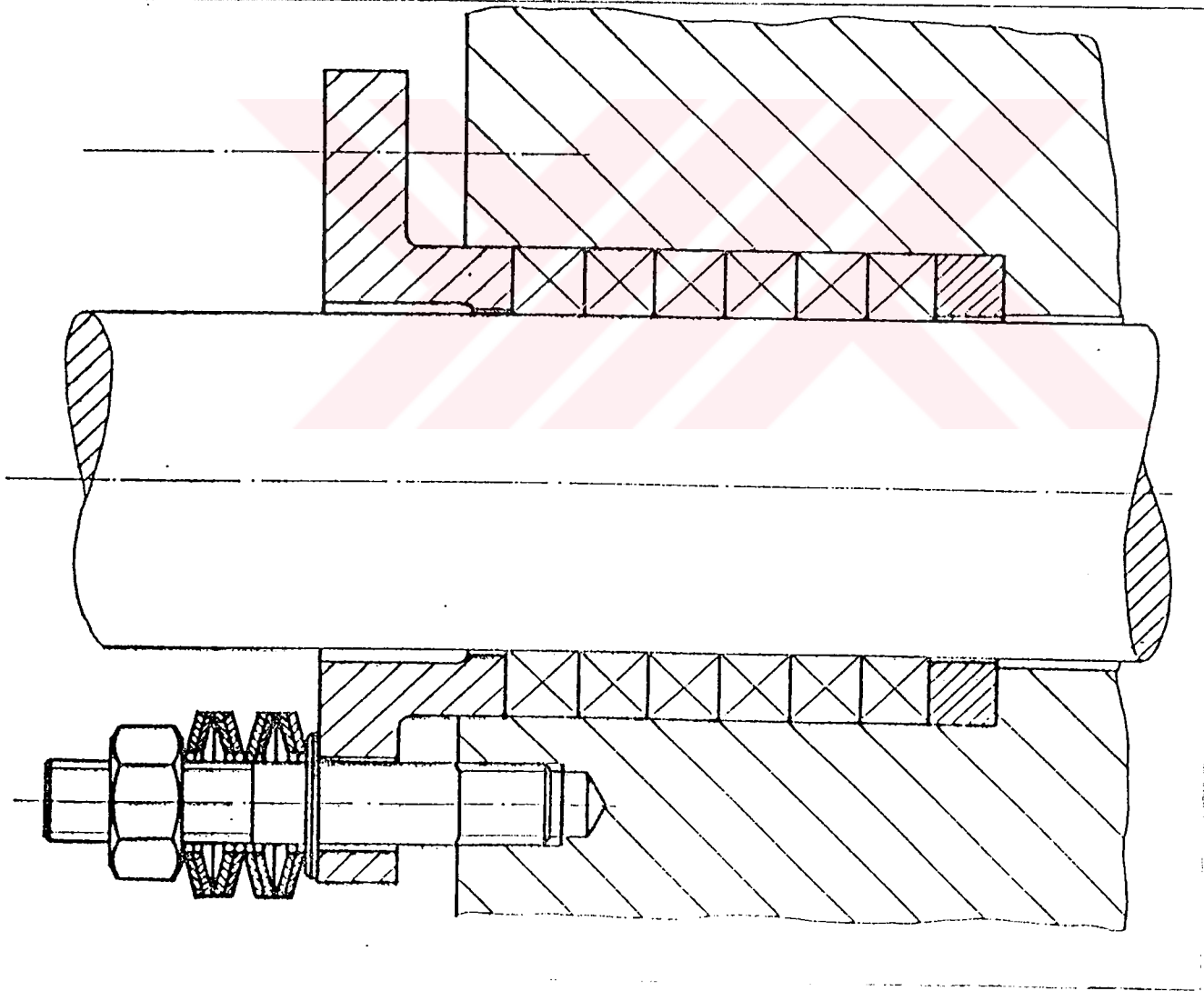


Şekil 14.2 Dalgıç pompalardaki mekanik salmastra uygulaması

15. YUMUŞAK SALMASTRALAR

15.1. Yumuşak Salmastraların Fonksiyonu


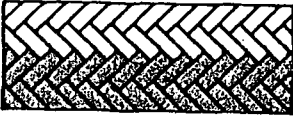
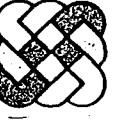



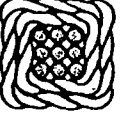
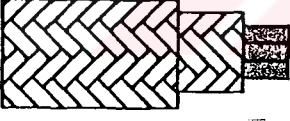

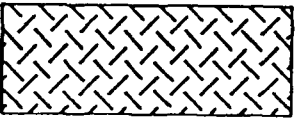

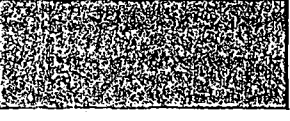
Pompa, karıştırıcı, vana gibi döner ekipmanlarda ekipmanın mili ve gövdesi arasında salmastra baskısından gelen aksel kuvveti radyal kuvvete çevirerek akışkan basıncına karşı koymak ve bu bölgeden oluşabilecek kaçaqları kontrol altına almak, salmastranın görevidir. Yumuşak salmastra kesinlikle yataklama görevi yapmaz ve bu şekilde kullanılacak olursa sızıntı ve malzeme tahribatı oluşur veya salmastranın ömrü çok önemli ölçüde kısalmır. Şekil 15.1'de 6 adet ringle oluşturulmuş ve glenle sıkıştırılmış bir yumuşak salmastra uygulaması görülmektedir. Şekil 15.2'de değişik yumuşak salmastra örgüleri ve özellikleri görülmektedir.



Şekil 15.1 Yumuşak salmastranın pompadaki uygulaması

15.2 Örgü Yapısı

Örgü ve malzeme yapısı bir yumuşak salmastranın çalışma güvenilirliği ve ömrü için en büyük etkidir. Aşağıda verilen değişik yapıların özellikleri, kullanılan malzemeye tamamen bağımlı olabileceği gibi tamamen bağımsız da olabilir.

 	<p><u>4'li Çapraz Örgü:</u></p>
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aşınmaya karşı yüksek direnç ➤ Yüksek kesit rijitliği ➤ Düzgün yüzey ➤ Çok sıkı yapı
 	<p><u>3'li Çapraz Örgü:</u></p>
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ İyi kesit rijidliği ➤ Sıkı yapı
 	<p><u>2'li Çapraz Örgü:</u></p>
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kaba yüzey ➤ İyi elastikiyet (esneklik)
 	<p><u>Konsantrik Çapraz Örgü:</u></p>
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ İyi sıkı yüzey ➤ Mekanik aşınmaya karşı düşük direnç
 	<p><u>Özlu veya Özsüz Katlanmış Kumaş:</u></p>
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Statik uygulamalar ve büyük mekanik yükler için tercih edilir.
 	<p><u>Sıkıştırılmış Grafit Ringler (Rotatherm):</u></p>
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Yüksek kesit yoğunluğu ➤ Mükemmel basınç, sıcaklık ve kimyasal direnç.
	<p><u>Özel Yapılar:</u></p>
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Preslenmiş bileşikler ➤ Metal takviyeli yapılar ➤ Ekstrüze plastik salmastralar

Şekil 15.2 Çeşitli yumuşak salmastra örgüleri

15.2.1 Anti- Keystone örgü

Mile baskı yapmayan ve mil üzerinde yığılma yapmayan bir salmastra örgüsüdür. Mil veya koruyucu burçtaki ve salmastradaki aşınma minimuma indirilmiştir ayrıca uzun ömründen dolayı bakım masraflarında tasarruf sağlar. Çok az ısınma meydana gelir, minimum kaçak oranına ve düşük güç tüketimine sahiptir. Bu özelliklerine ek olarak milde dönme yapmaz ve optimum kuvvet dağılımı sağlar. Bütün iplik çeşitlerinden imal edilebilmesinin yanısıra sorunsuz bir montaj özelliğine sahiptir.

Geleneksel simetrik örgülü salmastralar mil ve salmastra yuvasına monte edildikleri zaman paralel yüzeylerini muhafaza edemezler. Salmastra bir mile monte edildiğinde iç çap baskısı altında kalır, dış çap genişler. Mil salmastranın yuvayı tıkaması sonucu oluşan ısyı uzaklaştırmak için damla damla bir sızıntıya ihtiyaç duyar. Uygun baskı ile (glenle) salmastra yuvası kapatılır. Antikeystone örgülü salmastra milin çevresine monte edildiğinde trapez örgü gerçekte gerilimsiz bir sızdırmazlık düzeni oluşturur. Montajlanmış salmastra ringleri simetriktir ve alın yüzeyleri paraleldir. İşletme koşulları altında yumuşak salmastranın uniform dağılımını koruması mil sızıntısının kontrolü, salmastra ringlerinin dönmemesi ve çevresel sızıntının engellenmesini sağlar.

15.3 Yumuşak Salmastralarda Kullanılan Malzemeler

Kullanılan malzemeleri ikiye ayırmak gerekir: Bu malzemeler 1)Koruyucu malzemeler:Kimyasal koruma, düşük sürtünme katsayısı, ısı transferi ve korozyona karşı koruma için kullanılan malzemeler(PTFE, grafit, gres, vazelin, yağlar). 2)Lif malzemeleridir.

Kullanılan lifler pamuk ve keten gibi bitkisel esaslı olabileceği gibi mineral esaslı da olabilir.

Buraflon serisi salmastralar lif olarak keten içermektedir ve bu salmastrada teflon koruyucu malzeme kullanılmıştır. Mili az aşındıran esnek bir salmastradır. Pompalar, filtreler ve vanalarda kullanılır. Aşındırıcı ortamlara karşı dayanıklıdır. İlaç ve gıda sanayinde, kağıt sanayinde, gemilerde kullanılabilir. +50 C, +130 C aralığında çalışabilir. Santrifüj pompalarda maksimum çalışma basıncı 20 bar, pistonlu pompalarda ve vanalarda 100 bar'dır. pH=2-12 aralığında kullanıma uygundur.

15.3.1 Mineral lifler

Beyaz Asbest

Asbest kimyasal ve ısı direnci iyi, yüksek çekme yükü taşıyabilen kristal yapılı bir mineral türüdür. Lif uzunluğu kalite, dayanıklılık ve kullanma ömrünü belirler. pH=5-14 aralığında kullanılabilir. Çok çeşitli akışkanlar için uygundur, derişik asitlerle kullanılmaz ancak çeşitli katkı maddeleriyle beyaz asbestli yumuşak salmastraların kimyasal direnci pH=2-14 değerlerine ulaştırılmıştır. Beyaz asbest lifi içi boş tüpçük halinde olduğu için ısı direnci yüksektir ve koruyucu salmastra malzemelerini emme kabiliyeti yüksektir. Bünyesinde kristalize su bulunur ve bu su buharlaştığında asbest yanar, maksimum dayanma sıcaklığı 550 C'dir. Tavsiye edilen akışkanlar; su, buhar, alkaliler, solvent buharları, aşındırıcı akışkanlar, vanalar, pistonlu pompalar ve vidalı konveyörlerdir.

PTFE (Teflon)

Genleşme katsayısı düzensiz bir maddedir. 35 C civarında ani genleşme ve büzülme eğilimindedir ve bu nedenle mümkün olduğunca saf teflon salmastra kullanımından kaçınılmalıdır. -240 ile +280 C sıcaklıkları arasında kullanılabilir. Kayma özelliği yüksektir bütün kimyasallara karşı dirençlidir. Isıl yalıtkanlığı ve düşük elastikiyeti ise dezavantajlarıdır.

Saf teflondan imal edilmiş yumuşak salmastralar genel olarak yüksek basınçlı vanalarda (nükleer santraldekiler gibi), pistonlu pompalarda, karıştırıcılarda ve vakumlu kurutucularda, kullanılmak üzere imal edilmiştir. Gama ve nötron ışınlarına dayanıklıdır. Gıda ve ilaç endüstrisinde de kullanılır. Pistonlu pompalarda 250 bar, vanalarda 350 bar değerine kadar kullanılabilir.

Gore (GFO)

Teflonun moleküler yapısına Gore firmasının patenti ile grafitin karıştırılması ve örgü sırasında silikon yağı emdirilmesi ile termal genleşme katsayısı daha düzenli hale getirilmiştir ve aynı zamanda ısı iletkenliği artırılmıştır.

Kevlar (Aramid)

Çelik yelek yapımında da kullanılan yüksek çekme dayanımına sahip liflerdir. DUPONT firmasının tescilli markası olan KEVLAR'dan üretilir. Bu malzemenen üretilen salmastralar su, atık su, sıcak su, yağlar, gresler, gazlar, asitler, alkaliler, ve

aşındırıcı ortamlarda kullanılabilir. Kimya, petrokimya, atık su arıtımı ve kağıt endüstrisi gibi değişik alanlarda kullanılabilir. Özellikle yüksek mekanik dayanım gerektiren yerler için önerilir. 160 C'ye kadar soğutmasız kullanılabilir. pH=2-12 arasında kullanılabilir. Aramid elyaflarının yüksek dayanımı nedeniyle kayma yüzeyindeki aşınmayı önlemek için sert yüzeyli mil veya koruyucu gömlek kullanılması tavsiye edilir.

Grafit Lifli Salmastralar

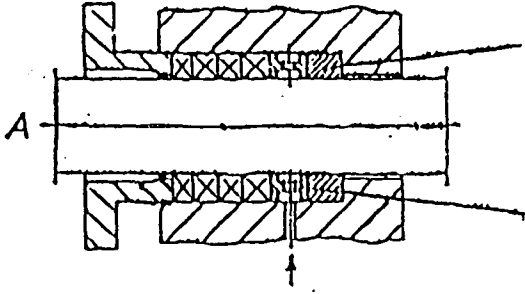
Bu salmastralar özellikle kazan besi suyu pompaları için geliştirilmiş olmasına rağmen tüm endüstri alanlarında iyi sonuçlar vermiştir. Üstün ısı iletkenliği sayesinde kuru çalışmalarda ve yüksek hızlarda çalışabilir. Karbon liflerden örülmüş bir salmastradır. Diğer pek çok sentetik lifin aksine yüksek sıcaklık değerlerinde yapısal özelliğini kaybetmez ve 200 C üzerindeki sıcaklıklarda bile elastikiyetini korur. İlave edilen teflon mükemmel bir direnç ve özel yağlayıcılar da üstün çalışma özelliği sağlar.

Karbon Lifli Salmastralar

Yüksek elastikiyete sahip karbon fibere sıkı örgü ile yoğunluk verilmiş katı bir yapıya sahiptir. Örgü sırasında teflon ve yağlayıcı emdirilmiştir. Diğer salmastraların kolayca aşındığı veya milde tahribat yarattığı yerlerde kullanılır. Kazan besi suyu pompası ve sirkülasyon pompası gibi alanlarda kullanılabilir. kuru çalışma özelliği sayesinde hidrokarbon pompalarında, yavaş ve kuru çalışan filtreler ve karıştırıcılarda yaygın olarak kullanılır. Su, sıcak su, yağlar, gazlar, asitler, buhar, ısı transfer yağları gibi ortamlarda kullanılabilir. Maksimum 300 C sıcaklığa ve 150 bar basınca kadar çalışırlar. pH=0-14 arası uygundur.

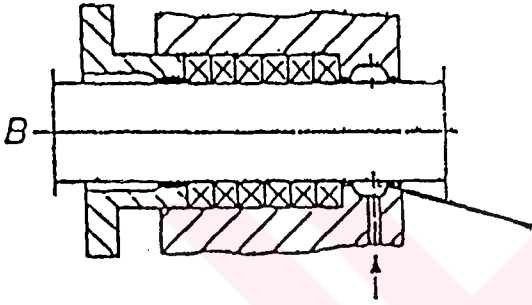
Saf Grafit Rotatherm Bant Salmastralar

Pompa, vana ve karıştırıcı gibi döner makinalarda uzun süreli deneme ve test çalışmalarına tabi tutulmuş olup son derece başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu tip salmastralar hiç bakım gerektirmez, elastikiyetleri bozulmaz, sertleşmez ve yaşlanmazlar. Mükemmel şekil alabilme yeteneğine sahiptir ve kısmen tekrar kullanılabilir.- 200 C 'ye kadar ve kısa bir süre için 900 C'ye kadar dayanıklıdır. Ayrıca ısı ve elektrik iletkenliği yüksektir.1000 bara kadar dayanabilir, pH=0-14 aralığında çalışabilir. Oksijensiz veya inert gazlı ortamda 3000 C sıcaklığa dayanabilir. Özellikle kızgın yağ ve kızgın su pompalarında tercih edilirler.



Kama ringi (karbon vs)
fosfat çamuru vb. abrazif ortamlar için

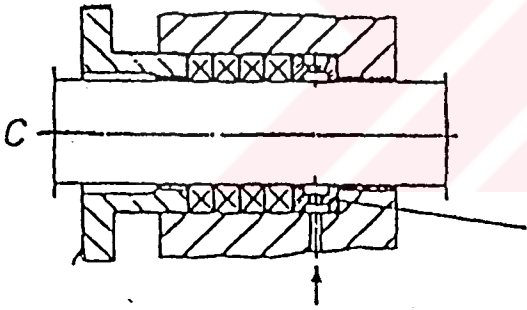
Lantern ring



Şeker gibi kristalize ortamlar olan

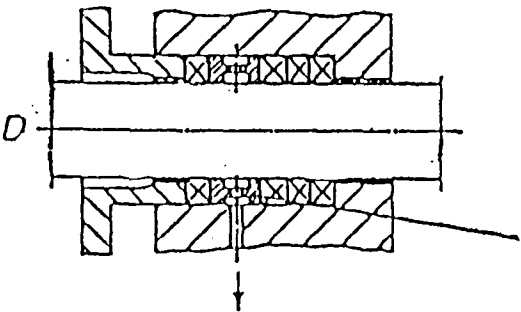
Yıkama kanalı

parlayıcı yanıcı ve toksit ortamlar vb.



Lantern ring

Sızıntı kontrolü



Drenaj kanalı

Şekil 15.3 Çeşitli yumuşak salmastra uygulamaları

Çizelge 15.1'de Burgmann firmasının yumuşak salmastra seçim tablosu görülmektedir.

15.4 Yumuşak Salmastra Montajı

Yuva ve mil yüzeyi iyice temizlendikten, aşınmış mil veya mil burçları değiştirildikten sonra milin yataklanması ve salgısı kontrol edilerek olması gereken sınırlara getirilir. Eğer yuvanın dip kısmı ve glenin yüzeyleri konik ise 90 derece düz işlenmesi tavsiye edilir. Aksi halde temas basıncı artacak ve büyük ihtimalle salmastra ve kayan yüzeylerde aşınma meydana gelecektir.

Salmastra kesme boyu L aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$L = (D+S) \cdot X \cdot \pi \quad (15.1)$$

S=salmastra kenar uzunluğu

X=tolerans faktörü(1,04-1,10)

X tolerans değeri mil çapı arttıkça azalan bir değer gösterir. Ayrıca bu değerler özel salmastra tipleri ve uygulamalar için farklılık gösterebilir. Şekil 15.3'te değişik yumuşak salmastra uygulamaları görülmektedir.

15.5 Yumuşak Salmastra Yuvasının Dizayını

Salmastranın çalışması sırasında ısı üretmesini engellemek için sürtünme ısısının dağılımını iyi sağlayacak bir tasarım yapılması gerekir. Çarpık temas yüzeyleri salmastra ömrünü kısaltır ve çalışan yüzeylerde aşınma meydana gelir. Aşındırıcı akışkanların transferinde katı partiküllerin salmastra yuvasına girerek salmastra ve mile zarar vermesini engelleyecek tedbirler alınmalıdır. Şekil 15.4'te olması gereken salmastra yuvası boyut ve özellikleri görülmektedir. Şekil 15.5'da vana ve pompalar için mil çapına göre olması gereken minimum salmastra kesiti ve Şekil 15.6'da rotatherm veya asbestli salmastra kullanımında vanalar için gerekli ring sayısı görülmektedir.

15.6 Mekanik Salmastraların Yumuşak Salmastralarla Karşılaştırılması

15.6.1 Mekanik salmastraların avantajları

- 1) Mil ve mil burcunda aşınma yoktur.
- 2) Sürekli bakım gerektirmez.

- 3) Çalışma ömrü uzundur.
- 4) Akışkan sızıntısı yok denecek kadar azdır.
- 5) Sürtünme yüzeyi az olduğundan motordan çektiği güç azdır.

15.6.2 Mekanik salmastraların dezavantajları

- 1) Satın alma maliyeti yüksektir.
- 2) Montajı kalifiye eleman gerektirir bu yüzden montajı çok hassas ve dikkatli yapılmalıdır.
- 3) Montajı ve sökülmesi sırasında pompanın sökülmesi gerekir.

15.6.3 Yumuşak salmastraların avantajları

- 1) İlk yatırım maliyeti düşüktür.
- 2) Fiyatı daha ucuzdur.
- 3) Takması ve sökmesi kolaydır.
- 4) Ani arızalar oluşturmaz.
- 5) Montajı ve sökülmesi sırasında pompanın sökülmesi gerekmez.

15.6.4 Yumuşak salmastranın dezavantajları

- 1) Devamlı bakım gerektirir.
- 2) Çalışma ömrü kısadır.
- 3) Sızıntı miktarı fazladır.
- 4) Akışkanın sızıntısı kontrol edilemez.
- 5) Sürtünme yüzeyi fazla olduğundan motordan çektiği güç fazladır.
- 6) Mil veya mil burcunun aşınmadan dolayı sürekli değiştirilmesi gerekir.

15.7 Yumuşak ve Mekanik Salmastranın Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Bu karşılaştırmada herhangi bir işletmedeki 5 yıllık salmastrayla ilgili maliyetleri göz önüne alalım. Pompa mil çapını 35 mm, mil devrini 1500 d/d olarak alalım ve bu pompanın bir soğutma suyu(10 C şehir suyu) sirkülasyon pompası olduğunu düşünerek yıllık çalışma süresini 4000 saat/yıl kabul edelim. $Q=150$ m³/h debi ve $H_m=16$ mSS basınç değeri için seçtiğimiz pompa tipi SNK 100-250/252 olsun. Bu pompanın motor gücü 11 kW ve o noktada çalıştığını düşünürsek o noktada çektiği güç değeri 9.2 kW'tır. Bu şartlarda çalışacak mekanik ve yumuşak salmastraları; ilk yatırım maliyeti,

enerji tüketimi, yedek takım masrafı, tamir ve bakım masrafı açısından karşılaştırsak hangi salmastranın daha ekonomik olduğu ortaya çıkacaktır. Bu uygulamada akışkan olarak suyun seçilmesinin nedeni; çevreye en az zarar veren akışkan olması, mekanik salmastra kullanılmamasıyla akışkan kaybindan dolayı yüksek bir zararın oluşmaması ve proseslerde en çok uygulanan akışkan olmasıdır.

Mekanik salmastra olarak bu akışkan için Şekil 14.1'den 10 C sıcaklık ve 1.6 bar çalışma basıncı için çalışma bölgesi olarak A bölgesi bulunmuş ve Çizelge 14.1'den A bölgesine karşılık olarak M3 -OOR-35-SBEGG veya MG1-35-AQ1EGG tip salmastraların uygun olduğu görülmüştür fakat ekonomik olması açısından yaylı tip M3 tip salmastra daha uygun bulunmuştur. Yumuşak salmastra olarak da Çizelge 15.1'den Burafon 5846 uygun bulunmuştur. Yumuşak salmastra olarak her defasında 6 adet 10*10 kesitinde(Şekil 15.5'ten 35 mm mil çapı ve pompa için 9,5*9,5 kesit bulundu.) bu tip salmastra kullanılacaktır.

Mekanik salmastra kullanımında:

M3-OOR-35-SBEGG FİYATI = 288 DM

- 1) 1 adet de yedek olduğunu düşünürsek ilk yatırım maliyeti +yedek takım $288 \cdot 2 = 576$ DM olur.
- 2) Pompanın elektrik tüketimi: $9.2\text{kw} \cdot 5 \text{ yıl} \cdot 4000 \text{ saat/yıl} = 184000 \text{ kWh}$
 $184000 \text{ kWh} \cdot 0.14 \text{ DM/kWh} = 25760 \text{ DM}$ harcanan elektriğin tutarı
- 3) Tamir ve bakım masrafı olarak 288 DM yeterli olacaktır.

Yumuşak salmastra kullanımında:

- 1) Burafon 5846 'nın fiyatı 148 DM/kg 'dır. Yumuşak salmastranın 3 ayda bir değiştirildiğini göz önüne alırsak 5 yıl içinde 20 defa değiştirilmesi gerektiği ortaya çıkar.

Kullanılması gereken ring boyu; 15.1 nolu formülden:

$$L = (D+S) \cdot X \cdot \pi = (35+9,5) \cdot 1,1 \cdot \pi = 153,8 \text{ mm olur. Bu ringden 6 adet kullanılacaktır. } 153,8 \cdot 6 = 923 \text{ mm olarak bulundu.}$$

Bu salmastranın stok ölçüsü 8.5 m/kg 'dır.

$$20 \cdot 923 = 18460 \text{ mm} = 18,46 \text{ m salmastra 5 yıl içinde kullanılır.}$$

$18,46 / 8,5 \cdot 148 \text{ DM} = 321 \text{ DM}$ ilk yatırım maliyeti + 5 yıl boyunca harcanan salmastra olarak karşımıza çıktı.

- 2) Pompanın elektrik tüketimi: Yumuşak salmastralar sürtünmeden dolayı mekanik salmastralara göre toplam tüketimde pompa test standından elde edilen verilere göre % 2'lik bir artışa neden olmaktadır.

$$25760 \cdot 1,02 = 26275 \text{ DM}$$

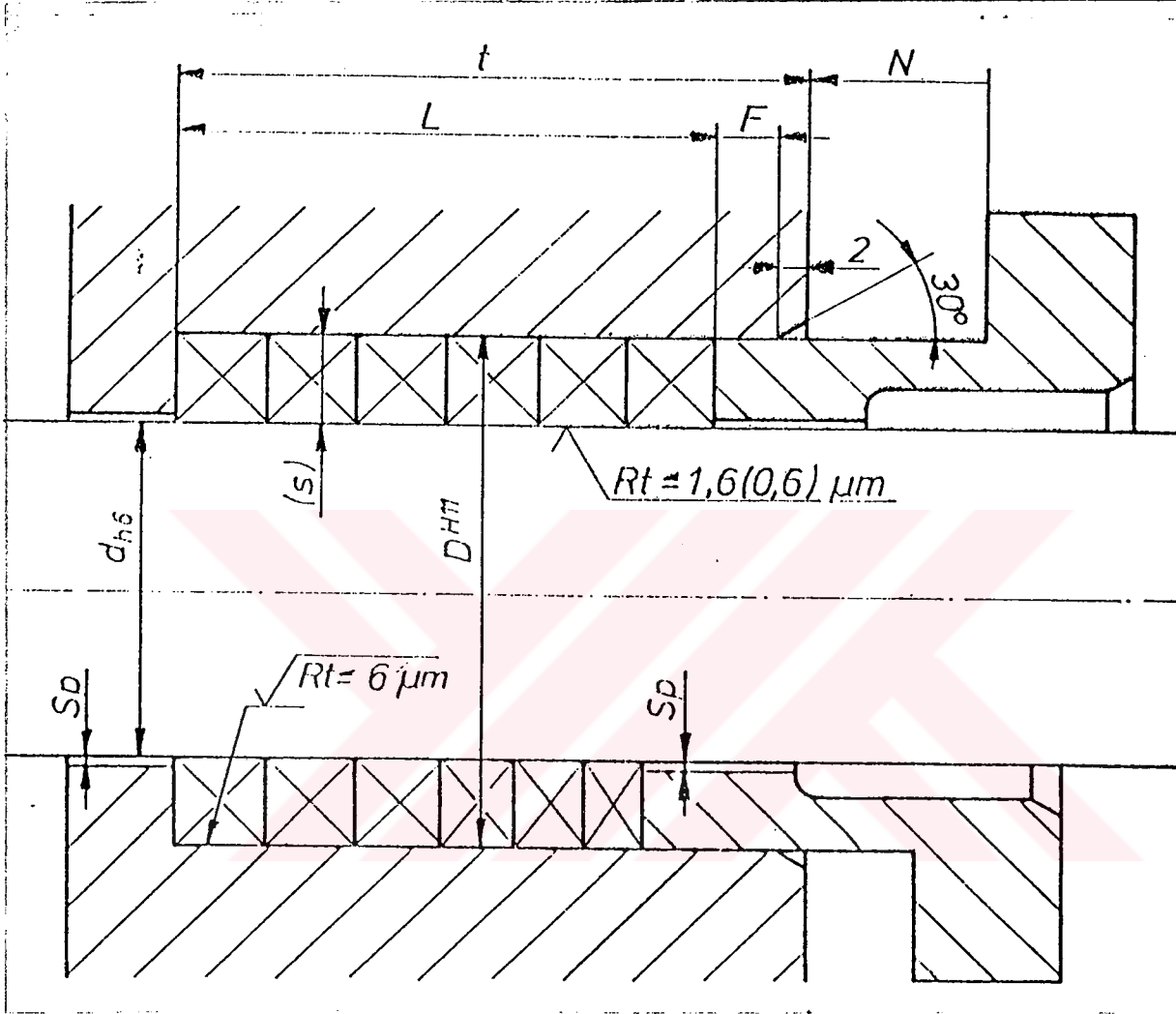
Yani 5 yıl boyunca $26275 - 25760 = 515$ DM'LİK ek bir elektrik faturası ortaya çıkar.

- 3) İşletme ve bakım maliyeti: Sürekli bir bakıma ve yenilemeye ihtiyaç duyduğundan bu durum(tamir, kontrol ve sıkma, aşınmadan dolayı mil değişimi, değişim işçilik maliyeti) 5 yılda yaklaşık 900 DM'lık ek bir yük getirecektir.

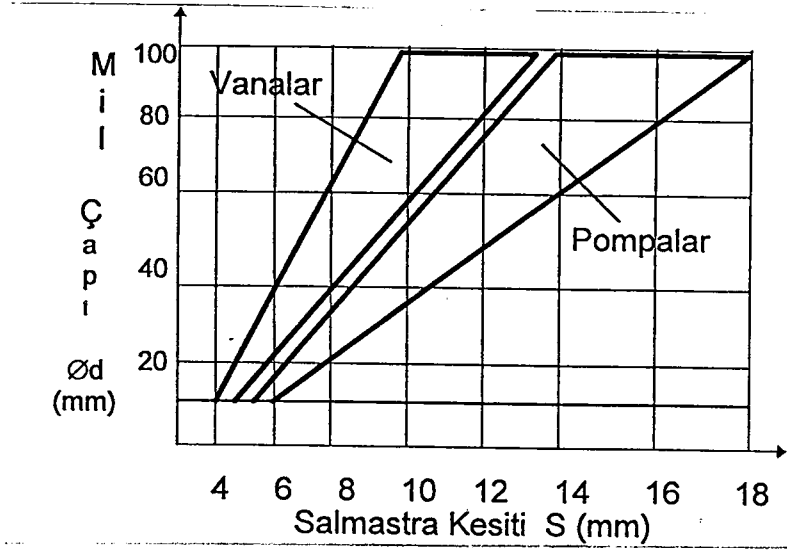
Sonuçta mekanik salmastra için bulunan toplam pompa enerji ve salmastra masrafı = $576 + 25760 + 288 = 26624$ DM olarak ortaya çıkar. Yumuşak salmastra için ise bu rakam = $321 + 26275 + 900 = 27496$ DM olur.

Görüldüğü gibi yumuşak salmastra yerine mekanik salmastra kullanmak diğer avantajlarının yanında ekonomik bir çözüm olarak da karşımıza çıkmaktadır.

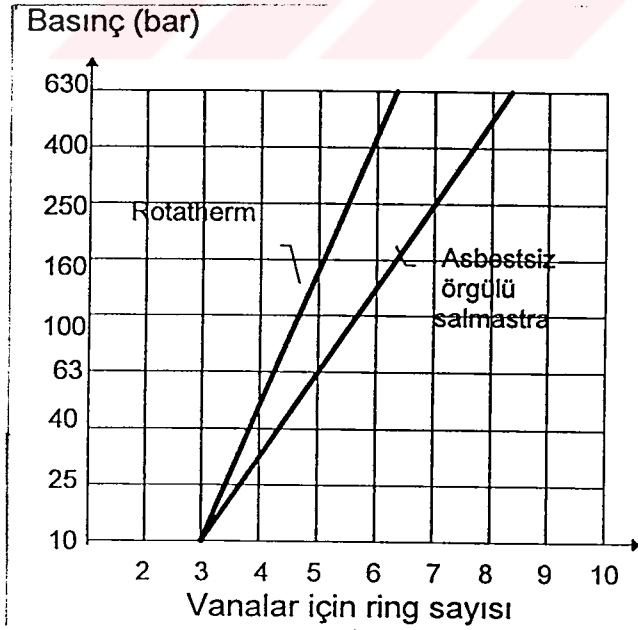




Şekil 15.4 Yumuşak salmastra yuvası boyutları



Şekil 15.5 Mil çapı ve ekipman tipine göre salmastra kesitinin belirlenmesi



Şekil 15.6 Basınç ve yumuşak salmastra tipine göre vanalarda ring sayısının tespiti

Çizelge 15.1 Yumuşak salmastra seçim tablosu

The table lists all the key operating data of Burgmann stuffing box packings, classified according to their various potential applications.

Packings for pumps (page 2 / 3)

Packings for valves (page 4 to 6)

Packing for plunger pumps (p. 7)
Packing for fans (p. 7)

	4001/2/3 BuraTex®	5946 Buralon®	6026 Hot water packing	6225 BuraSoft-L	6230 Thermolinn®	6235 Thermolinn® S	6335 BuraFlex® SF	6426 Aralon®	6430 K2 Spezial-Kombi®	6011A Isartherm®	6050 Isartherm® Flex	6226 Chemstar®	6225 L Chemstar® L	6232 Thermolinn® TR	0901 Rotatherm®	6430 K1 Spezial pl. packing	6030 Buragraf®						
p	25	20	10	25	20	25	25	20										bar	...Pumps				
v ₉₀	12	33	10	20	20	25	25	20											m/s				
p	100	100	100	100	100				300	500	500	350	500	1000					bar	...Valves			
v ₉₀	2	2	2	2	2	2			2	2	2	2	2	2					m/s				
p	20	100		250	250	50	100				250	250	800		500				bar	...Plunger pumps			
v ₉₀	1,5	1,5		2	2	2	1,5			1,5	1,5	2		3					m/s				
p									8	8				10					bar	...Fans, blowers (dry running)			
v ₉₀									5	2				10					m/s				
p	8	20		25	25	25	25	25	50	50	25	25	25	50					bar	...Mixers, agitators, kneaders, filters (dry running)			
v ₉₀	2	2		2	2	2	2	2	5	2	2	2	2	5					m/s				
pH	6-8	2-12	2-11,4	0-12	0-14	0-14	1-13	2-12	2-12	2-12	0-14	0-14	0-14	0-14	2-12	0-14					Chemical resistance		
t min. °C	-20	-50	-50	-200	-200	-40	-50	-100	-100	-40	-200	-200	-200	-200	-100	-60					Temperature resistance		
t max. °C	+100	+140	+280	+280	+280	+160	+250	+250	+250	+450*)	+500*)	+290	+290	+290	+550	+250	+500						
	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○	○	●	●	●	○	○				Water, industrial water, sewage	1.1	
	●	○	●	●	○	○	●	●	○	●	●	●	●	○	○	○	○					Sea water	1.2
	●	●	○	●	●	●	●	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○					Drinking water, foodstuffs, pharm. products	2
	●	●	○	●	●	●	●	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○					Hot water, boiler feed water, condensate	3
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Steam < 280 °C	4.1
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					< 450 °C	4.2
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					< 550 °C ¹⁾ < 700 °C ²⁾	4.3
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Neutral vapours, gases, air, nitrogen	5
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Acid gases	6
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Hydrogen	7.1
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Oxygen	7.2
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Volatile hydrocarbons, solvent vapours	8
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Diluted acids, inorganic/organic salt solutions	9
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Concentrated acids, inorganic/organic	10
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Diluted alkalis, salt solutions	11
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Concentrated alkalis	12
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Oils, greases, mineral oils, animal fats	13
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Heat transfer oils	14
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Solvents, aliphatic and aromatic hydrocarbons, aldehydes, alcohols, ester-ketones, chlorinated hydrocarbons, coolants	15
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Organic compounds, amines, nitrites	16
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Adhesive media, bitumens, glues	17.1
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Abrasive media, lime, sand, solids	17.2
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					Paints, lacquers, turbine oils	18

● very good resistance, use recommended ○ good resistance, use possible *) + 550 °C with steam

Design and operating data for braided packings start on page 10; for Rotatherm® pure graphite packings, see page 5.

Operating limits when used in ...

Main media groups (see Media Table on the page to the right)

16. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sanayide üretim sırasında makinelerin sağlıklı çalışabilmeleri ancak prostedeki makinelerin sızdırmazlık elemanlarının tam olarak görevlerini yerine getirebilmesiyle mümkündür. Bu elemanların görevlerini yerine getirememesi yani sızdırmazlığı sağlayamaması durumunda işletmenin durması bile söz konusu olmakta ve işletmeye üretim kaybından dolayı büyük bir ek yük getirmektedir.

Günümüzde pompa ve kompresörlerin çalıştığı proseslerde; dönen yüzeylerin yüksek basıncın ve proses akışkanlarının etkisinde kalan çeşitli sızdırmazlık elemanlarının yeterli olmadıklarından dolayı mekanik sızdırmazlık elemanları geniş bir kullanım seviyelerine ulaşmışlardır. Bu çalışmada; mekanik salmastraların tanımı, çalışma prensibi, elemanları ve görevleri açıklanarak seçimlerinin nasıl yapılması gerektiği konusunda bilgi verilmeye çalışılmış ve bu seçimde hangi kriterlerin göz önüne alınması gerektiği detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Ayrıca mekanik salmastralarla yumuşak salmastraların ekonomiklik ve performans açısından karşılaştırması yapılarak mekanik salmastraların neden daha uygun bir seçim olduğu açıklanmıştır. Fakat mekanik salmastralar da tamamen sorunsuz çalışan makine elemanları değildirler. Bazen mekanik salmastraların ömürleri öngörülenden daha kısa olmaktadır bunun temel nedeni salmastranın yada malzemelerinin yanlış seçilmiş olmasıdır. Mekanik salmastralarda ömrü artırmak ve sızdırmayı azaltmak doğrudan malzeme seçimiyle ilgilidir. Birçok sızdırmazlık elemanının çalışamayacağı durumlarda sızdırmazlığı sağlayabilen mekanik salmastralarda doğru yüzey malzemesi seçimi hayati bir önem arz eder. Malzeme seçilirken önemli olan ilk faktör maliyet değil ömrü artırmak ve bakım masraflarını asgariye indirmek olmalıdır. Bu şekilde mekanik salmastranın sökölüp takılması esnasında oluşabilecek hasarlar ve bakım sırasında üretim kaybı olmayacaktır.

Mekanik salmastraların güvenilirliğinin artırılmasıyla kullanımları artmış ve makinelerin vazgeçilmez bir parçası haline gelmişlerdir. Mekanik salmastralar için şu anda kullanılan standartların geliştirilmesi ve yeni standartlar oluşturulmasıyla oluşabilecek bir çok problem de daha başından bertaraf edilmiş olacak ve bunun sonucunda sanayideki güvenilirlikleri artarak ülke ekonomisine ve verimliliğe katkıları da artacaktır. Ayrıca salmastra seçimi yapılırken bu işin uzmanlarına danışılması mutlaka uyulması gereken bir kuraldır çünkü her salmastranın her akışkana uygun olması veya aynı akışkan dahi olsa farklı şartlar altındaki çalışma durumunda salmastranın iyi bir performansla çalışması beklenemez.

KAYNAKLAR

Akgül, H., (1986) “Sızdırmazlık Elemanları”, T.M.M.O.B Makine Mühendisleri Odası, İstanbul.

Cleaver, T. N., (1992), “Mechanical Seal Practice for Improved Performance”, MEP Publications LTD.,London.

Lebeck, A. O., (1991) “Principles and Design of Mechanical Face Seals”, John Wiley and Sons Inc., New York

Mayer, E., (1977), “Mechanical Seals”, Butterworth, London.

Önal, İ.,(1985), “Dönen Miller İçin Merkezci Dudaklı Keçeler”, Mühendis ve Makine Dergisi,Cilt 26, Sayı 304, İstanbul.

Ütebay, S., (1997), “Yumuşak ve Mekanik Salmastra Seminer Notları”, Burgmann Türkiye, İstanbul.



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	17.01.1977	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1990-1993	Kabataş Erkek Lisesi
Lisans	1993-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1998-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Çalıştığı kurumlar

1997-1999	Mas Pompa Sanayi A.Ş.
1999-2000	Grup Mekanik LTD. ŞTİ.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULTAYI
DOKÜMANTASYON BAKANLIĞI