

## SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI

### 18.1 GENEL BİLGİLER

Endüstriyel uygulamalarda yağlayıcı akışkanın veya sistemde mevcut basınçlı akışkanın çalışma sırasında sistemden istenmeyen bir şekilde sızmasının önlenmesi istenir. Bu görevi yerine getirecek şekilde geliştirilmiş elemanlara **sızdırmazlık elemanları** denir. Yataklarda sızdırmazlık elemanlarının, yağlayıcı maddenin yatak dışına çıkmasını (sızmasını) önlemek ve dışarıdan yatağa toz, nem ve kirletici maddelerin girmesine engel olmak gibi görevleri vardır.

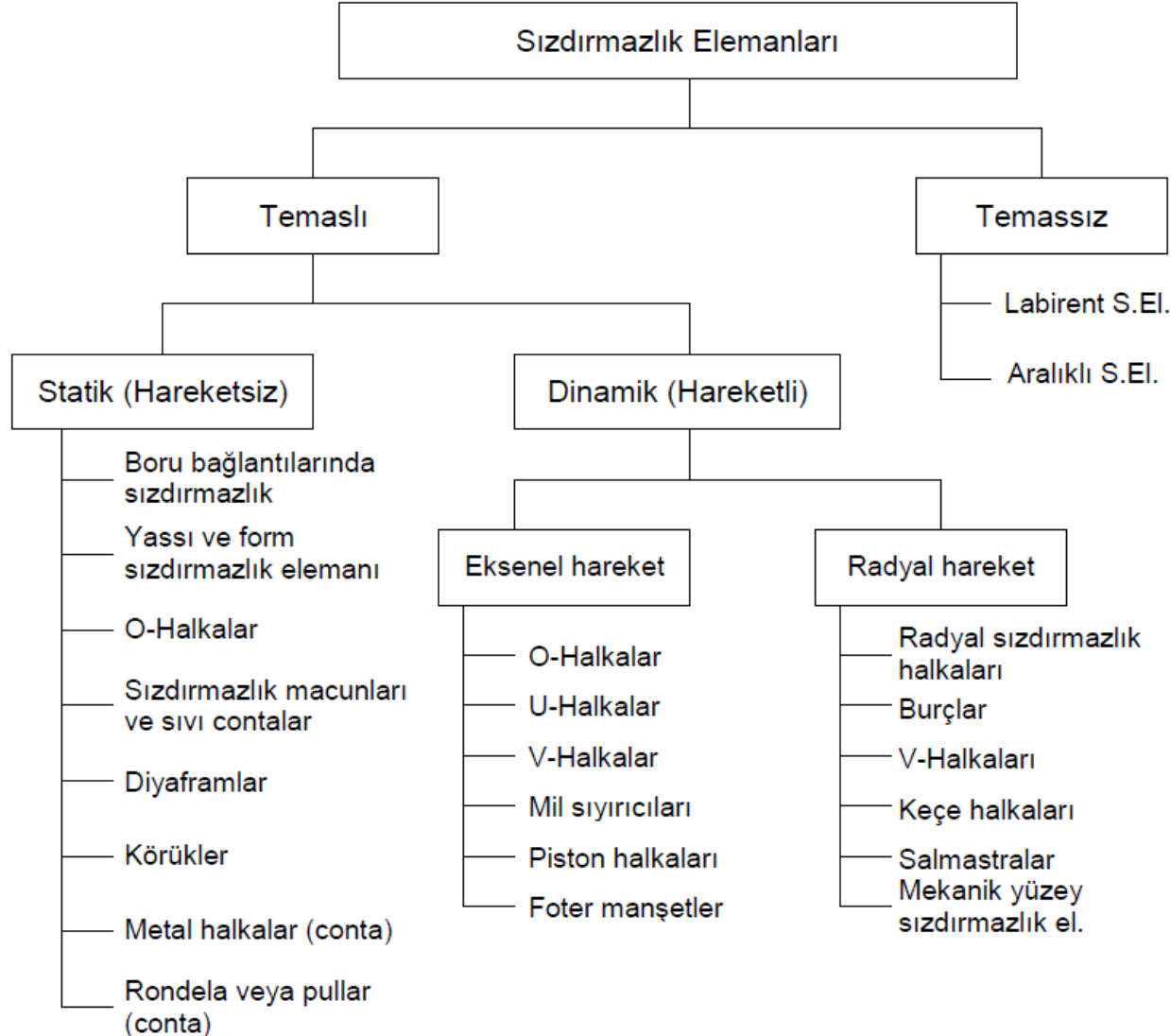
Konstrüksiyon şekli; sızdırmazlığın sağlanacağı yer, çalışma koşulları, sızması istenen akışkan (sıvı yağ veya gres), çeşitli sınırlamalar ve çevre koşulları gibi çeşitli parametrelere bağlı olup uygulamada çok çeşitli sızdırmazlık elemanları kullanılmaktadır. Sızdırmazlık elemanları **statik** ve **dinamik** sızdırmazlık elemanları olmak üzere iki grupta incelenebilir. Statik sızdırmazlık elemanları iki hareketsiz eleman arasında sızmayı önlemek amacıyla kullanılır. Dinamik sızdırmazlık elemanları ise birbirine göre izafi olarak hareket eden elemanlar arasındaki sızdırmazlığı sağlarlar. Dinamik sızdırmazlık elemanlarında, dönme hareketinde sızdırmazlık ve öteleme hareketinde sızdırmazlık olmak üzere iki tür sızdırmazlık fonksiyonu söz konusu olabilmektedir. Bazı sızdırmazlık elemanları hem statik hem de dinamik karakterli olabilmektedir.

Sızdırmazlık elemanları en genel anlamda **temaslı** ve **temassız sızdırmazlık elemanları** olarak da sınıflandırılabilir. Temaslı sızdırmazlık sistemlerinde mil ile gövde veya kapak arasına her ikisi ile temas halinde bulunan ve genellikle kauçuk gibi yumuşak malzemeden bir eleman konulmaktadır. Temassız sistemlerde ise çok dar kanalların yağ akışına karşı oluşturdukları dirençten yararlanılır. Şekil-18.1 uygulamada kullanılan sızdırmazlık elemanlarının sınıflandırılmaları ve seçilmiş örnekleri vermektedir.

Pahalı makina ve araçların, cihaz ve tesislerin uzun ömürlü olmaları ve uygun performansta çalışmaları, sözü edilen sistemlerin fiyatı ile karşılaştırılmayacak ucuzlukta olan sızdırmazlık elemanlarının doğru seçimine bağlıdır. Temassız sızdırmazlık elemanları iç ve dış bölge arasında basınç farkı olduğunda yeterli sızdırmazlığı sağlayamaz ve sisteme toz girişini tam engelleyemez. Temaslı sızdırmazlık elemanlarında ise temastan dolayı ilave bir sürtünme ve ısınma meydana gelir. Temassız sızdırmazlık elemanlarında sürtünme, aşınma olmadığı için sınırsız ömre sahip olabilmektedirler. Bu elemanlar daha çok yüksek devirle dönen ve gresle yağlanmış yataklarda kullanılır. Temaslı sızdırmazlık elemanlarında temas yüzeylerinin çok iyi işlenmiş olması gereklidir. Aşınma nedeniyle ömürleri sınırlıdır. Hem sıvı hem de gresle yağlanmış yataklarda sızdırmazlığı çok iyi sağlarlar. Özel amaçlarda kullanılan ve malzemelerdeki gelişmelere göre çok değişik yeni sızdırmazlık elemanları da üretilmektedir.

Sızdırmazlık elemanlarının çok değişik konstrüksiyonlarda üretilmesi ve kullanım alanlarının çok çeşitli olması nedeniyle burada temaslı ve temassız elemanlardan

özellikle yatak sızdırmazlığında çok kullanılan tipleri seçilerek kısaca analiz edilmiştir. Rulmanlı yataklar bölümünde verilmemiş olan sızdırmazlık tertibatları da burada verilmeye çalışılmıştır.



**Şekil-18.1** Sızdırmazlık elemanlarının sınıflandırılması

## 18.2 TEMASLI SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI

Statik ve dinamik olmak üzere iki grupta incelenen temaslı sızdırmazlık elemanlarının temassız tiplere göre bazı mahsurları vardır. Bunlar;

- Sürtünmeden dolayı güç kaybı
- Sınırlı mil hızı
- Mil yüzeyinin sertleştirilmiş ve taşlanmış olması
- Belirli bir işletme sıcaklığına kadar uygulanabilmesi
- Sızdırmazlık bölgesinde gres yağının bulunması

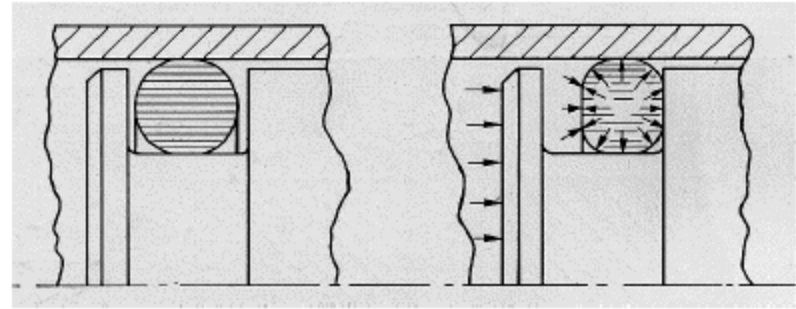
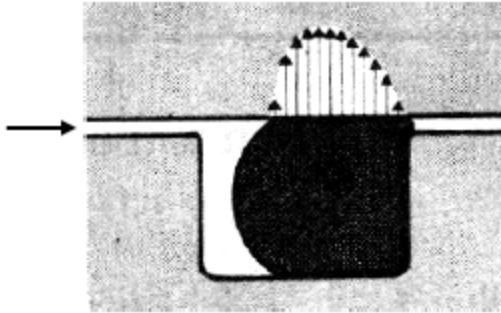
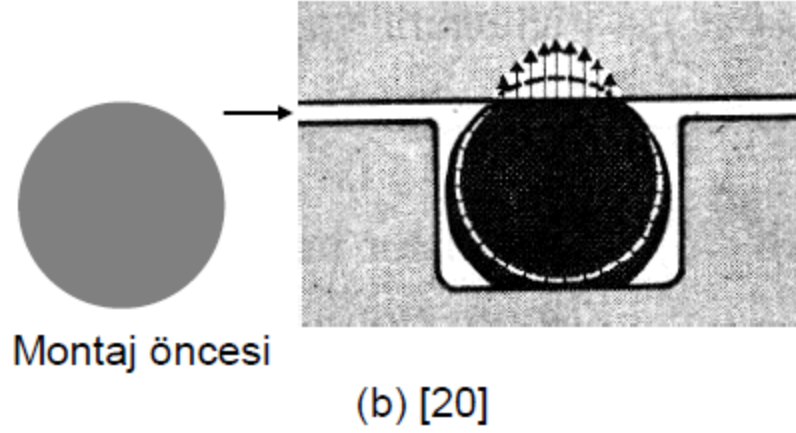
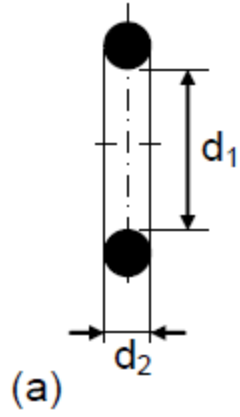
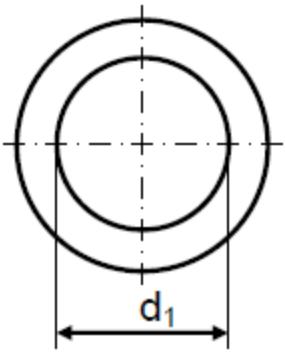
şeklinde özetlenebilir. Dinamik sızdırmazlık elemanları birbirine göre izafi hareket eden ve aralarında bir yağ filmi bulunan elemanlar olup sızıntı yolunun durumu ve konstrüksiyonları gereği radyal ve aksenal kaymalı sızdırmazlık elemanları olarak da adlandırılır. Mekanik yüzey sızdırmazlık elemanları konstrüksiyonları ve çalışma prensipleri açısından aksenal kaymalı yataklara benzeyen ve sızdırmazlığı hidrodinamik ve hidrostatik basınç oluşumu prensibiyle sağlayan elemanlardır. Bu bölümde mekanik sızdırmazlık elemanları da kısaca izah edilecektir. Temaslı sızdırmazlık elemanlarından seçilen örnekler aşağıda kısaca anlatılmıştır.

### 18.2.1 O-Halkaları

Statik ve dinamik durumlarda çeşitli makina parçaları arasındaki akışkan sızmasını önleyen O-halkaları ucuz, basit ve her iki yönde sızdırmazlık sağlayan elemanlardır. Bu elemanların bazı üstünlükleri aşağıda verilmiştir.

- Ucuz ve basit yapılıdır
- Yerden tasarruf sağlar, diğer sızdırmazlık elemanlarından daha az hacim gerektirir
- Her iki yönde de sızdırmazlık sağlar
- Montaj sırasında ters yönde monte edilme tehlikesi yoktur
- O-halka (O-ring) yuvası işlenmesi kolaydır.
- Statik uygulamada contalara göre daha kaba yüzeyde kullanılma imkanı sağlar

O-halkasının kesiti radyal ve aksenal yönde deformasyona uğrayarak sızdırmazlık sağlanmaktadır. Statik durumda sızdırmazlık ilk sıkışma ile sağlanır. Sıkıştırma oranı O-halka yuvasının derinliğine bağlıdır. Basınç arttıkça O-halka şekli bozulur, basıncı sızdırmazlık istenen yüzeye iletir. Çalışma boşluğu ya da basınç gerekenden fazla ise O-halka çalışma boşluğu arasında akmaya çalışır. O-halkası, geometrisi ve basınç etkisinde oluşan deformasyon durumu Şekil-18.2'de gösterilmiştir. Şekilden montaj öncesi O-halka kesiti ve basınç etkisinde kesit çapının radyal (b), aksenal ve radyal-aksenal (c,d) yönde preslenme biçimi görülmektedir.



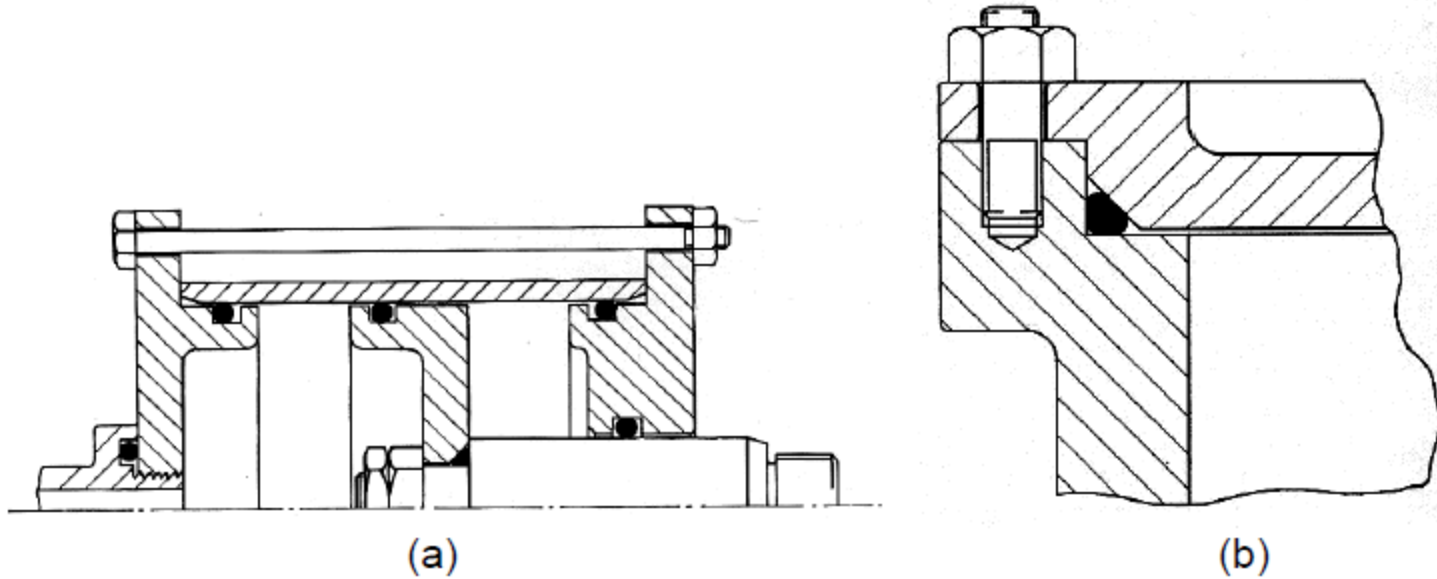
(c) [20]

(d) [42]

Şekil-18.2 O-halka geometrisi ve basınç etkisinde deformasyon

O-halkanın statik durumda yüzeye yaptığı basınç yağ filmini kırar ve yüzeyler arasında kuru temas oluşur. Dinamik uygulamada hareket başladığında O-halka hafifçe yuvarlanır ve halka ile metal yüzeyler arasında yeniden yağ filmi oluşur. Bundan sonra da kayma hareketi başlar. Aşınmayı azaltmak için O-halkalar yağlanmalı ve yuva yüzey kalitesi iyileştirilmelidir. Genelde O-halka elastomer veya kauçuktan yapılır. Bazı durumlarda PTFE (politetrafloretilen) veya ticari adıyla **teflon** malzemedен de üretilebilmektedirler. Basınç altındaki elastomer malzeme, metal parçalar arasındaki boşluktan akma eğilimi gösterir. Basıncın daha da yükselmesi durumunda akmaya karşı destek bileziği kullanılması gereklidir. Destek bileziği PTFE ya da başka sert bir malzemedен yapılır. Destek bileziği O-halkanın düşük basınçlı bölgesine konulmalıdır. Basınç her iki yönden etkiliyse O-halkanın her iki yanına destek bileziği monte edilir. Statik uygulamalarda O-halka kayma ya da dönme hareketi etkisindedir. Eksenel hareketlerde (piston-silindir sisteminde olduğu gibi) aynı anda hem kayma hem de

dönme olabilmektedir. O-halkaları iyi bir montajla ve doğru malzeme seçimiyle 1000 bar basınca kadar uygulama alanı bulabilmektedir. O-halka üretim kataloglarından hem yuva geometrisi hem de O-halka üretim boyutları seçilmektedir. Şekil-18.3'te değişik bölgelerde O-halka kullanımına örnekler verilmektedir.

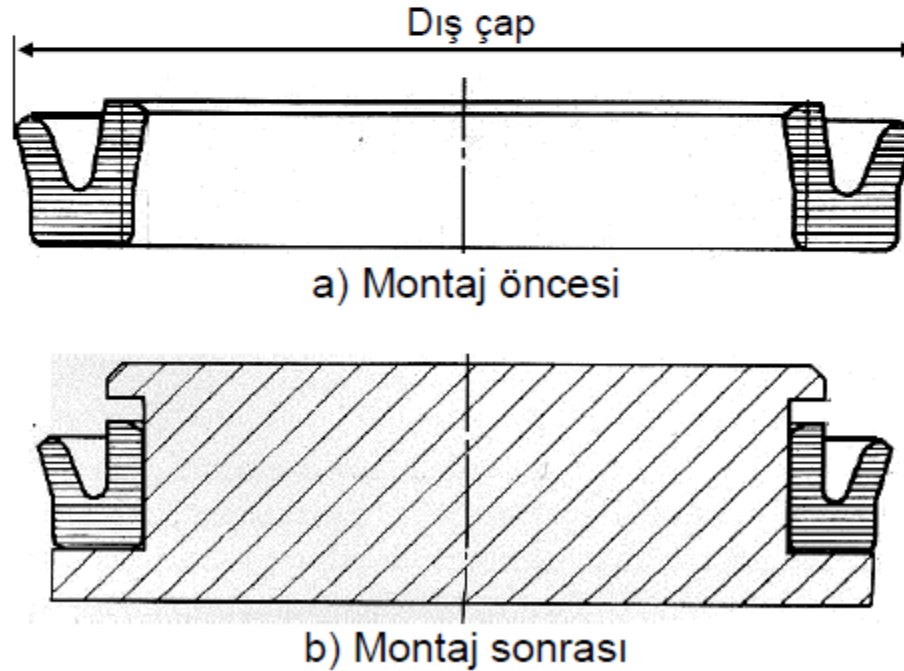


Şekil-18.3 O-halka uygulaması [42]

## 18.2.2 U-Halkaları

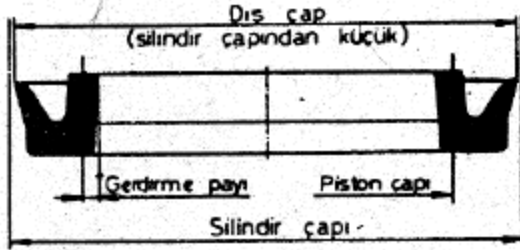
Basit sızdırmazlık elemanlarından O-halkaların yeterli olmadığı aksenal hareketli hidrolik ve pnömatik uygulamalarda basınca karşı (özellikle düşük ve orta basınçta) sızdırmazlık için kullanılan halkalardır. Bu elemanlar daha güç çalışma koşullarında daha geniş toleranslar içinde sızdırmaya ve aşınmaya karşı daha dirençli olabilmektedirler. Ancak bu elemanlar daha büyük ve işlenmesi daha pahalı yuva ve merkezleme bileziği gerektirirler. Şekil-18.4 sebest ve monte edilmiş halde tipik bir U-halkayı göstermektedir.

U-halkalarının tabanları yuvarlatılmış ya da düz, dudakları uzun veya kısa, çift dudaklı ve çalışma şekline göre içten ya da dıştan olabilmektedir. Şekil-18.5 dış ve iç dudaklı U-halka örneklerini vermektedir.

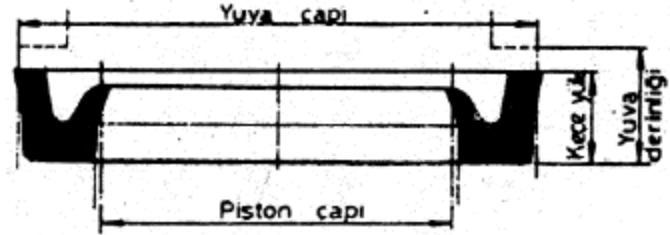


Şekil-18.4 U-halkanın montaj öncesi ve montajdaki durumu [42]

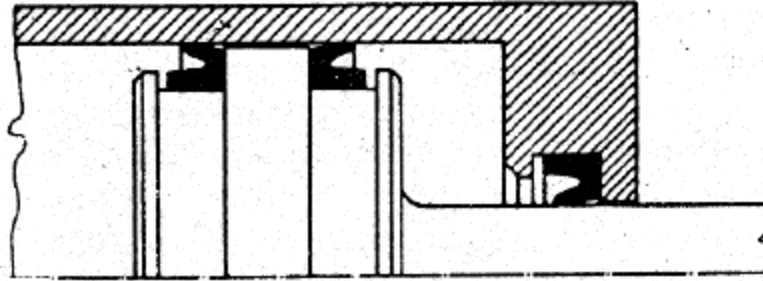
## SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI



a) Dış dudaklı



b) İç dudaklı

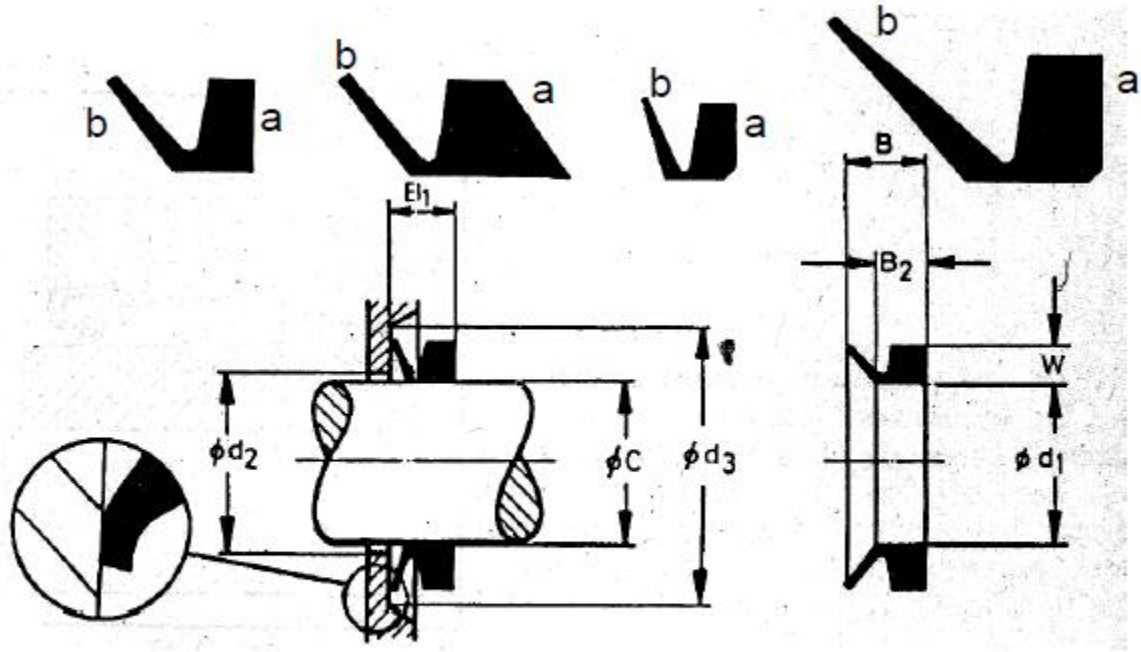


c) Uygulama

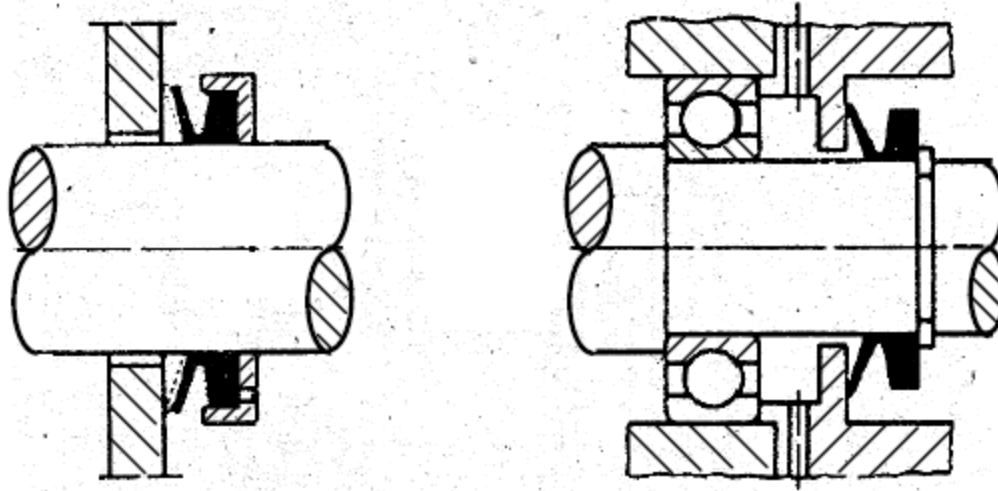
Şekil-18.5 İç ve dış dudaklı U-halkaları [43]

### 18.2.3 Eksenel V-Halkaları

Mil ve yatak sızdırmazlığında uygulanan eksenel V-halkalarında sızdırmazlık dudağı eksenel yöndedir. Bu şekilde dinamik sızdırmazlık radyal yerine eksenel doğrultuda sağlanmaktadır. Şekil-18.6 değişik V keçe tiplerini göstermektedir. V-keçe veya halkasının a ile gösterilen kısmı düz veya konik olabilmektedir. Dinamik sızdırmazlık, V-halkasının dudağı (b) ile mil eksenine dik bir yüzey arasında gerçekleşmektedir. Bu yüzey bir fatura veya disk olabilmektedir. V-halkası bir ön gerilme ile mil üzerine sabit yerleştirilerek mil ile birlikte dönebilir veya sabit parçalar üzerine monte edilerek dönen elemanlara karşı sızdırmazlık sağlar. Yüzey hızının 8 m/s'yi geçmesi durumunda keçe eksenel ve radyal (çapsal) olarak sabitleştirilebilir (Şekil-18.7). Keçe malzemesi aşınmaya dirençli nitril kauçuk olup 100<sup>0</sup>C'nin üzerindeki sıcaklıklarda fluoroelastomer kauçuk kullanılır. Bu keçeler mile sıkı geçirilerek, mil üzerinde kaymadan mil ile birlikte dönmeleri sağlanır. Keçede dudak basıncı çok az olduğunda sürtünme kuvveti ve güç kaybı çok azdır. Bu elemanlar metal parça olmadığından basit, ucuz ve montajları kolaydır. Milde aşınma yaratmazlar. Çalıştıkları yüzeyin çok düzgün olması zorunlu değildir. Mildeki salgı ve eksen kaçıklığına ve eksenel harekete duyarlı değildirler. 40 m/s yüzey hızına kadar başarılı bir şekilde kullanılırlar. Şekil-18.8 çamaşır makinasında V-halka veya keçe uygulamasını göstermektedir. V-55 tipli halka, yıkama suyunun mil ile temasını önlemekte, V-38 ve V-50 ise rulmanlı yatağı nem ve diğer yabancı maddelerden korumaktadırlar.



Şekil-18.6 Aksenal çalışan V-halka veya keçe tipleri [43]



a) Eksenel ve radyal sabitleştirme      b) Eksenel yönde sabitleştirme

**Şekil-18.7** V-halkalarının aksel ve radyal doğrultuda sabitleşirmeleri [43]

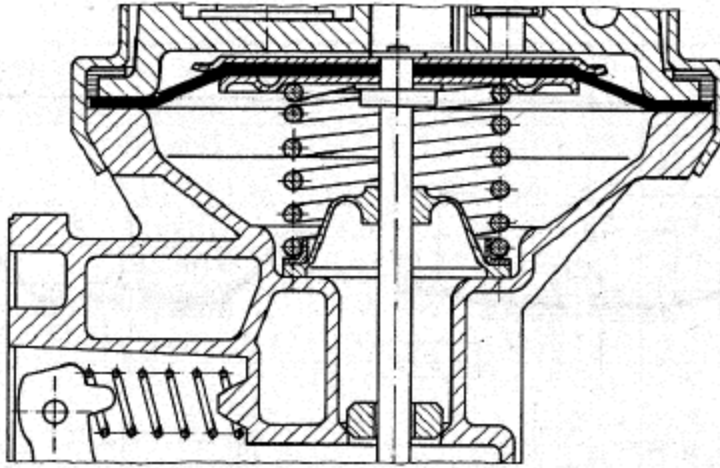
### 18.2.7 Diyafram ve Körükler

İşletme basıncı 1 bardan fazla olmayan yerlerde tek taraflı ve iki taraflı basınç altında çalışan çeşitli formlarda üretilen özel tip sızdırmazlık elemanları diyafram olarak bilinir. Hidrolik, pnömatik kontrol cihazlarında,  lme tekniği ve çeşitli göstergelerde uygulama alanı vardır. Konstrüktif olarak düz veya yassı, çukurlu, tabak şeklinde ve yuvarlanmalı tipleri olan diyaframlardan seçilmiş uygulama örnekleri şekil-18.12'de verilmiştir.

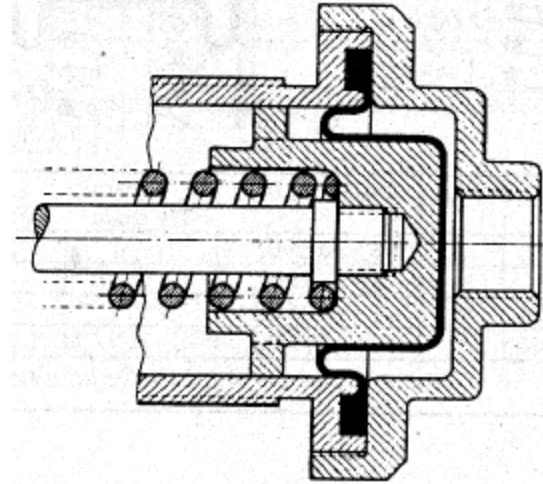
Körükler aksenal hareketli milleri veya vites kolu gibi eksene paralel ve eksenle belli bir açı yapacak şekilde hareket eden milleri toz, kir, su vb dış etkenlerden korumak

## SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI

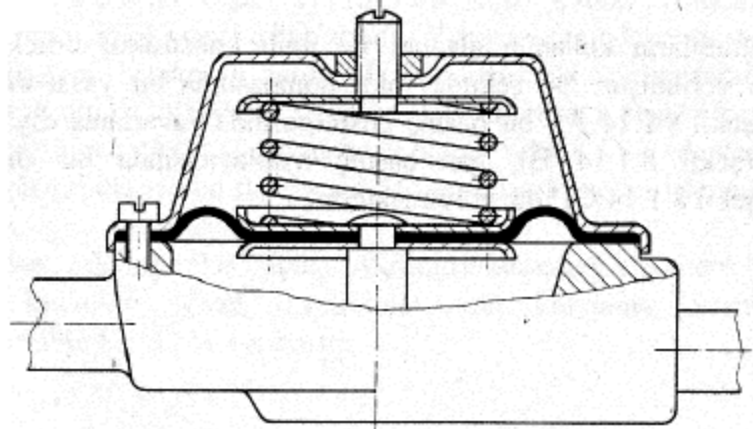
amacıyla kullanılan esnek elemanlardır. Esnek yapılı körük hareketli orta kısım ve sabitleştirmek için iki uçtan oluşur. Körük ana kısmı silindirik, konik ya da daha değişik biçimde, uç kısımları ise segman ile bağlantılı ya da sıkı geçme için uygun şekillerde olabilirler. Silindirik bir parçaya takılan körük uçları iç çapları genelde parça çaplarından 1-2 mm daha küçük olmalıdır. Eksenel hareket nedeniyle körük içinde basınç birikimini önlemek için dil şeklinde bir yarık veya uygun yerde delik açılarak havalandırma sağlanmalıdır. Körükler de kauçuk veya PTFE malzemeden yapılır. Şekil-18.13'te körükler için çeşitli konstrüksiyon örnekleri verilmiştir.



a) Yassı diyafram (yakıt pompasında)

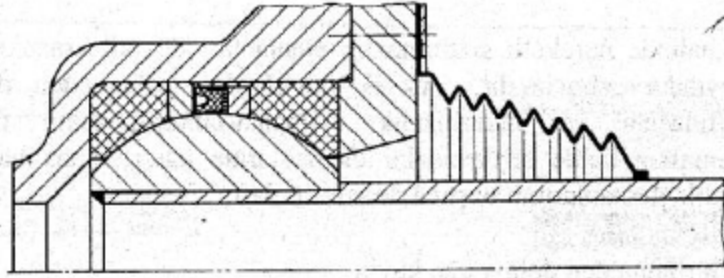


b) Yuvarlama diyafram (basınç göstergesinde)

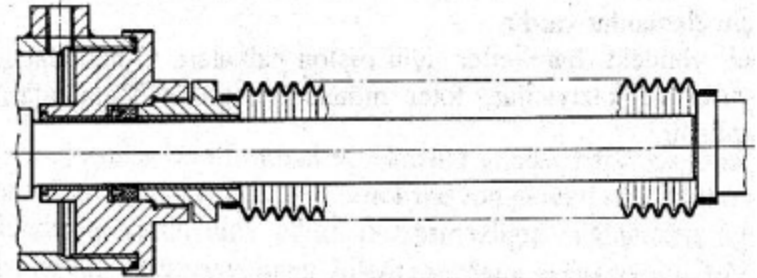


c) Çukurlu diyafram (gaz basınç ayarlamasında)

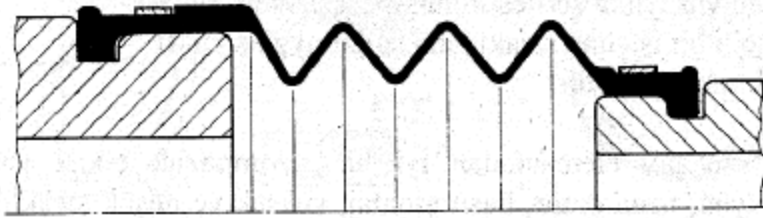
**Şekil-18.12** Çeşitli diyafram konstrüksiyonları [20]



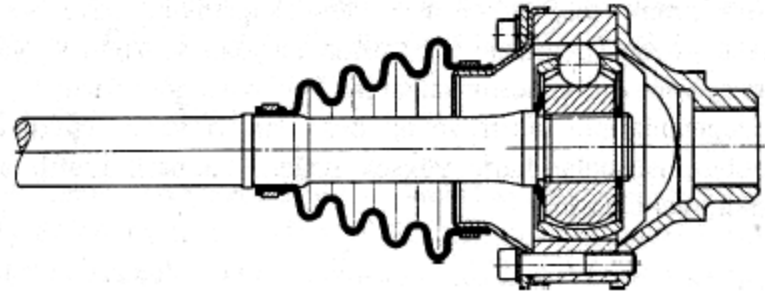
a) Küresel mafsalda körük



b) Piston kolunda körük



c) İki boru ucunun elastik bağlanması



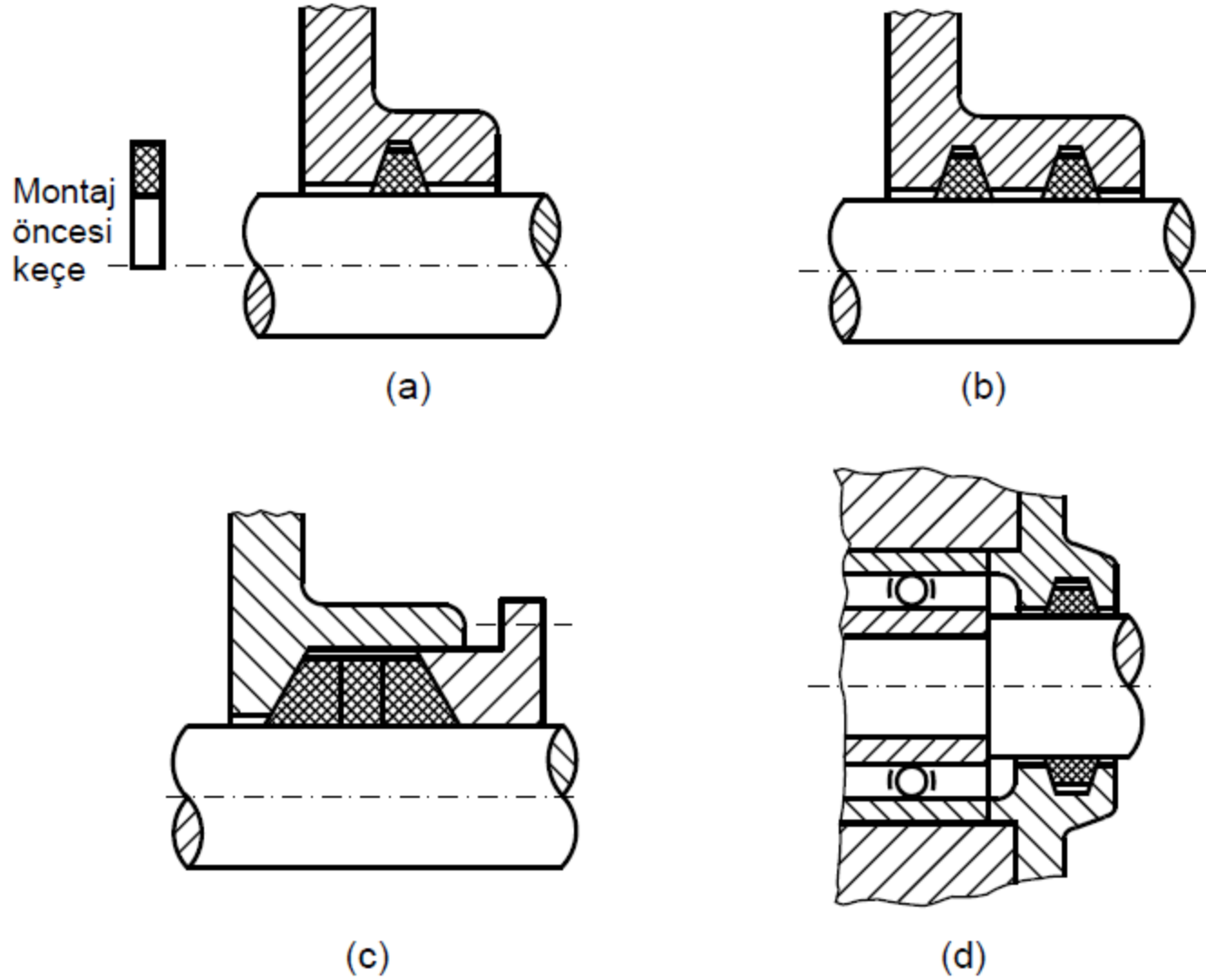
d) Aksta körük

Şekil-18.13 Körük uygulamaları [20]

### 18.2.8 Keçe Halkalar

Temaslı sızdırmazlık elemanlarının en basit şekilli olanı keçe adını taşıyan dikdörtgen kesitli keçe halkadır. Çevresel hız 4 m/s değerini aşmadığı durumlarda milde keçe halka yeterli olabilmektedir. Bu keçeler rulmanlı yatakların sızdırmazlığında yaygınca kullanılırlar (Şekil-18.14d).

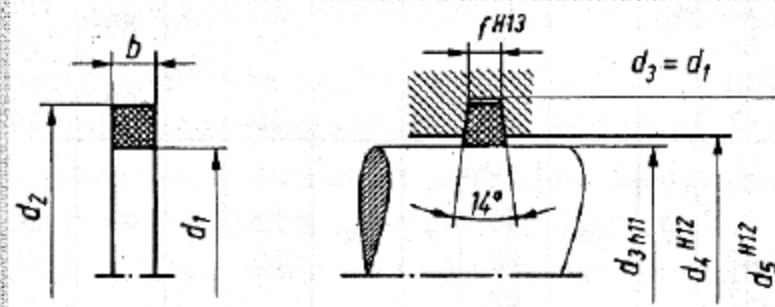
Asbest, tekstil, kauçuk gibi malzemelerin karışımından yapılan keçe, montajdan önce dikdörtgen kesitli olup yağ emdirildikten sonra yamuk geometrisine sahip yuvaya yerleştirildiğinde mile bastırır ve sızdırmazlığı sağlar (Şekil-18.14a). Sızdırmazlıkta daha iyi netice almak için arka arkaya birkaç keçe veya salmastra kutusu gibi bir araya getirilmiş çok sayıda keçe kullanılır (Şekil-18.14b,c). Çoklu keçe uygulamasında bir baskı kapağı ile desteklenmesi çok iyi netice vermektedir (c). Keçe halka ve yuva boyutları Çizelge-18.1'den alınabilir.



Şekil-18.14 Keçe halka geometrisi ve uygulama şekilleri

Keçeler için işletme sıcaklığı -40 ile 100°C arasında, mil çevresel hızı ise  $n = 4$  n/s'den küçük olmalıdır. Keçe halkasından istenen performansı göstermesi istendiğinde kayma yüzeyi taşlanmış ve parlatılmış, mil çapı ise h11 toleransı ile imal edilmesi tavsiye edilmektedir. Keçe montaj öncesi gres veya sıvı yağ ile iyice yağlanır (yağ emdirilir).

Çizelge-18.1 Keçe halkalarının ve yuvalarının boyutları [19]



$d_1$	17	20	25	26	28	30	32	35	36	38	40	42	45	48	50	52	55	58	60	65	70	72	75	78
$d_2$	27	30	37	38	40	42	44	47	48	50	52	54	57	64	66	68	71	74	76	81	88	90	93	96
b	4		5							6,5							7,5							
$d_4$	18	21	26	27	29	31	33	36	37	39	41	43	46	49	51	53	56	59	61,5	66,5	71,5	73,5	76,5	79,5
$d_5$	28	31	38	39	41	43	45	48	49	51	53	55	58	65	67	69	72	75	77	82	89	91	94	97
f	3		4							5							6							
$d_1$	80	82	85	88	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	
$d_2$	98	100	103	108	110	115	124	129	134	139	144	153	158	163	172	177	182	187	192	197	202	207	212	
b	7,5		8,5			10				11			12											
$d_4$	81,5	83,5	83,5	89,5	92	97	102	107	112	117	122	127	132	137	142	147	152	157	162	167	172	177	182	
$d_5$	99	101	104	109	111	116	125	130	135	140	145	154	159	164	173	178	183	188	193	198	203	208	213	
f	6		7			8				9			10											

### 18.2.9 Radyal Sızdırmazlık Elemanları

Dönen bir mil ile sabit gövde arasında sızdırmazlığı sağlamak için kullanılan sızdırmazlık elemanları genel olarak **yağ keçesi** veya **radyal dudaklı keçe** olarak tanımlanır. Bu elemanlar mil çevresel hızının 8 m/s değerine kadar olan hızlarda kullanılır ve **conta** veya **manşet** olarak da bilinirler. **Çapsal yüklü dudaklı yağ keçesi** ismi de kullanılmaktadır. Dinamik tipte sızdırmazlık elemanı olarak değerlendirilen bu keçelerde genel olarak çalıştığı iç basınç 0.5 bar civarındadır. Şekil-18.15 tipik radyal sızdırmazlık elemanlarını göstermektedir. Yağ keçesi metal koruyucu bir kafes içine de yerleştirilmektedir (Şekil-18.15c). Bu elemanlar mil üzerine dairesel bir yay yardımıyla bastırılmaktadır (Şekil-18.16). Mil ile keçe dudağının yeterli teması ve keçe dudağının mil üzerinde gerekli basıncı sürekli sağlaması uygun yay baskısına bağlıdır. Yayın olmaması durumunda sızdırmazlık yalnızca ön yükleme ile sağlanır. Ön yükleme de mil üzerinde sıkı geçme miktarına bağlıdır.

Keçenin üst ve yan yüzeylerinde rijitliği arttırmak için metal bilezik kullanılır (Şekil-18.16). Yayın bulunduğu taraf veya dudak tarafı (açık taraf) sızdırmazlığı sağlanacak bölüme bakacak biçimde yerleştirilir.

Dudaklı keçeler kauçukların imal edilen manşetleri olarak da bilinen radyal sızdırmazlık elemanları olup DIN 3760'a göre A ve AS tipleri standartlaştırılmıştır (Şekil-18.17).

Bu sızdırmazlık elemanlarında mil çapı, dönme hızı, keçe malzemesi, ortam vb. çeşitli etkenlere bağlı olarak çapsal yük her keçe için belli sınırlar içinde olmalıdır. Ayrıca bu elemanların seçiminde sızdırmazlığı sağlanacak maddeye göre milin çevresel hızı, işletme sıcaklığı, basıncı ve dışarıdan gelebilecek yabancı maddeler gibi faktörler dikkate alınır. Çizelge-18.2 standart radyal yağ keçesi geometrik büyüklüklerini göstermektedir.



(a)

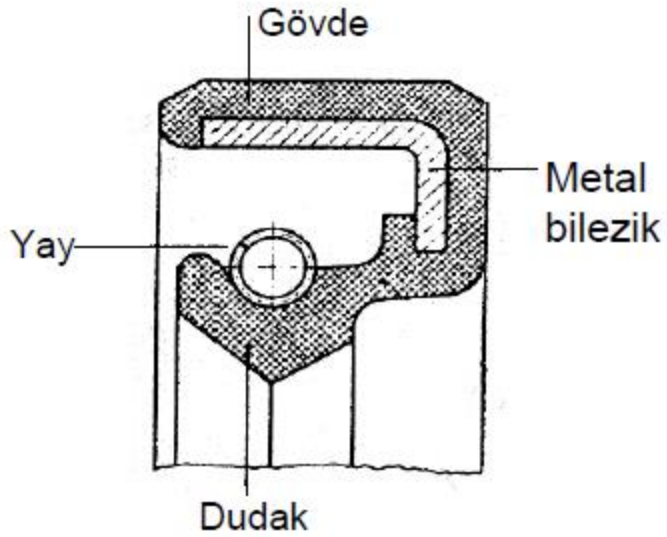


(b)

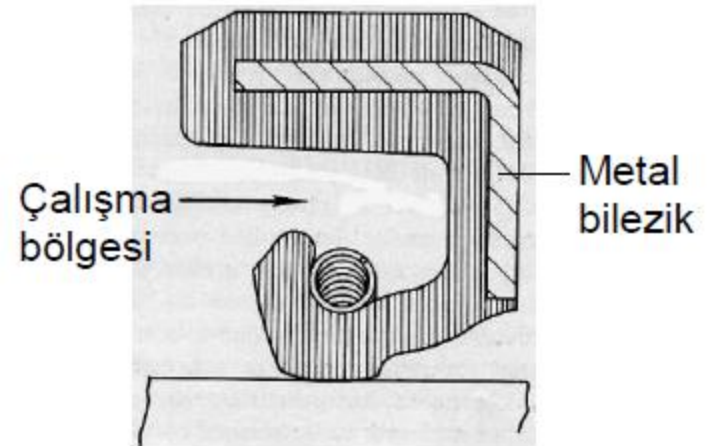


(c)

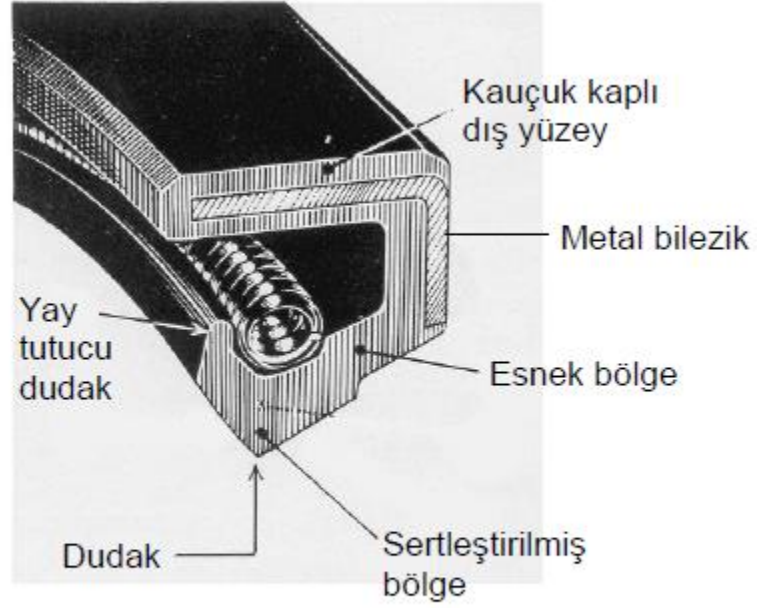
Şekil-18.15 Radyal sızdırmazlık elemanları [42]



(a) [20]

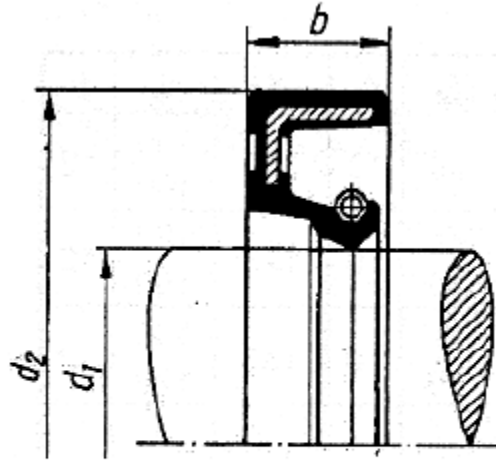


(b)

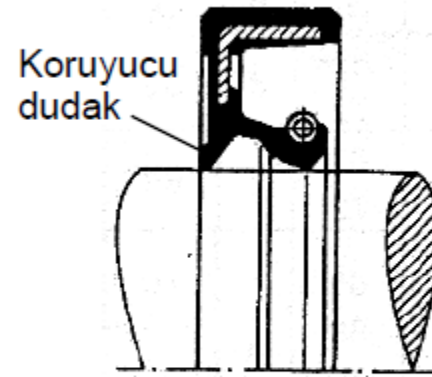


(c)

Şekil-18.16 Radyal sızdırmazlık elemanı geometrik yapısı ve çalışma şekli [42]



a) Form A



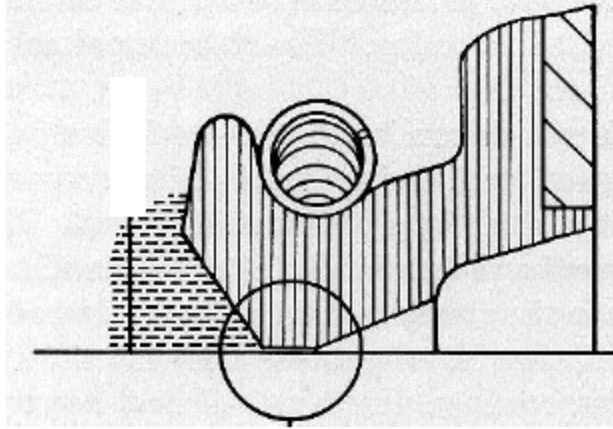
b) Form AS- koruyucu dudaklı

**Şekil-18.17** Standartlaştırılmış radyal dudaklı keçeler [DIN3760,19]

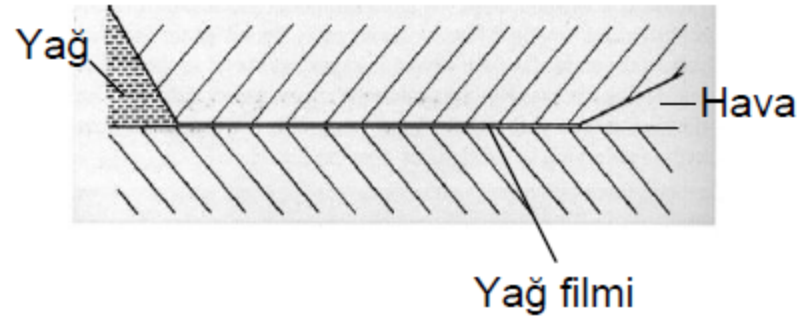
<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>b</b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>b</b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>b</b>
10	22	7	30	48	8	48	80	10
15	30	7	30	55	10	50	65	8
15	35	7	30	62	10	50	70	10
17	28	6	32	45	7	50	80	8
17	30	7	32	52	7	52	72	8
17	40	7	35	50	7	55	72	8
19	30	7	35	52	10	55	75	10
20	28	6	35	62	7	58	75	10
20	32	7	35	62	10	58	80	8
20	35	10	35	72	7	60	80	8
20	42	7	36	50	7	60	85	10
22	35	7	38	50	7	62	90	10
23	40	10	40	52	7	65	90	10
24	35	7	40	60	10	70	100	10
25	35	7	40	65	10	75	100	10
25	40	7	40	72	7	80	105	13
25	40	8	40	80	10	90	120	12
25	42	10	42	62	8	100	125	12
25	47	10	45	60	7	120	150	12
26	42	7	45	62	8	130	160	12
30	40	7	45	72	8	180	210	15
30	47	10	45	80	10	190	220	15

Çalışma anında dudakla mil arasında hidrodinamik yağ filmi oluşur (Şekil-18.18). Bu filmin kalınlığı genelde 0.0025 mm kadardır. Bu yağ filmi yüzey gerilimi ile keçeeye tutunur ve yağın dışarı akışını önler. Yağ filminin varlığı keçe dudağını sürekli yağladığından sürtünme ısısı ve aşınma azaltılmış olur. Sızdırmazlığın sürmesi için yağ film kalınlığının sabit kalması, yağ filminin kırılmaması gerekir. Bunun için mil yüzey kalitesi istenen değerde olmalıdır. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü, mil yüzeyindeki tepeciklerin yağ filmini yırtarak keçe dudağı ile kuru temas yapmasına ve sonuçta ısınma ve aşınmaya neden olur. Sıcaklığın elastomer malzemelere olumsuz etkisi nedeniyle keçe malzemesi çalışma sıcaklığının üstünde sıcaklığa dayanıklı olmalıdır. Keçe dudağı hiçbir zaman kuru çalışmamalıdır. Montajdan önce keçe ve mil gresle veya sıvı yağla yağlanmalıdır. Kirli ve tozlu ortamda çalışan keçelerde keçe dudağını

korumak ve temas bölgesinde aşınmayı önlemek için toz dudaklı keçe (veya koruyucu dudaklı keçe-AS form) kullanılmalıdır. Yağ keçelerinde eksen kaçıklığına da müsaade edilmemelidir. Eksen kaçıklığı keçe dudağının düzgün aşınmasına ve ömrün kılmasına neden olur. Keçe yuvaya pres geçme toleransı ile monte edilmelidir.



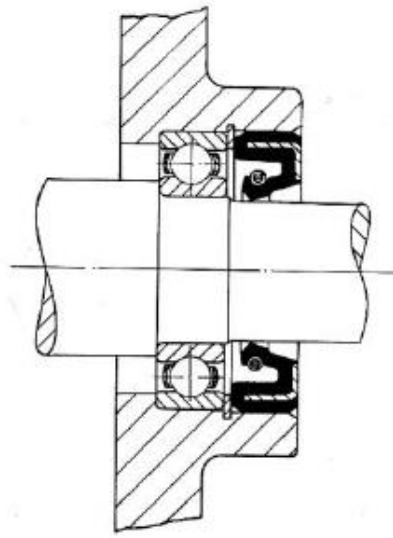
(a)



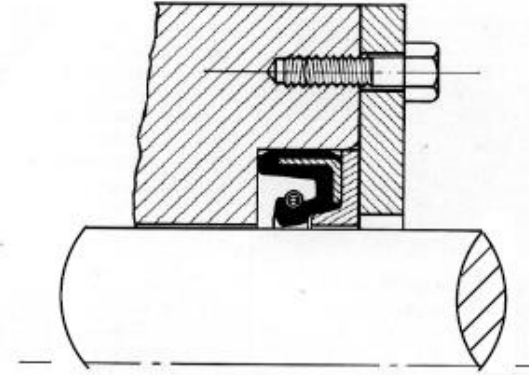
(b)

**Şekil-18.18** Keçe dudağı altında hidrodinamik yağ filmi [42]

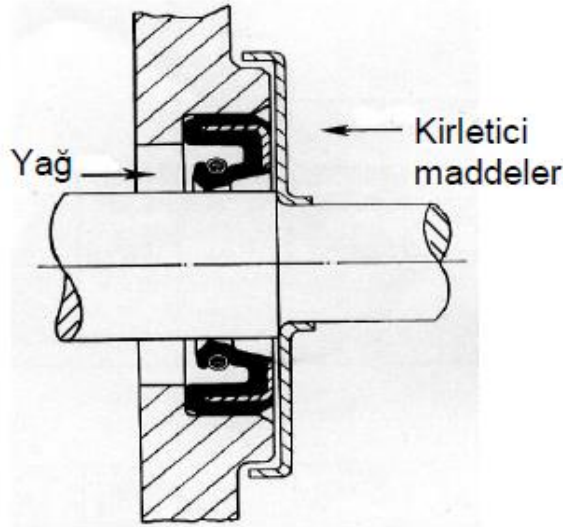
Dudaklı keçe uygulama örnekleri (özellikle rulmanlı yatak sızdırmazlıkları) Şekil-18.19 ve 18.20'de verilmiştir. Sızdırmazlık dudağı dış tarafa getirilerek dışardan sisteme girecek toz, su vb. kirli maddeler önlenmiş olmaktadır (Şekil-18.20d).



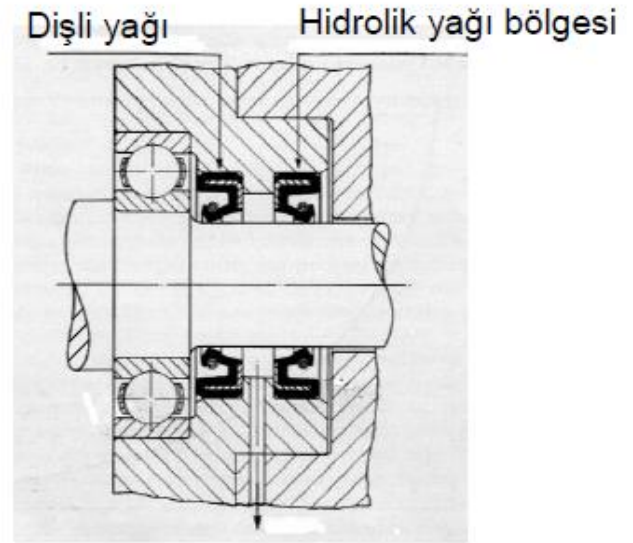
(a)



(b)



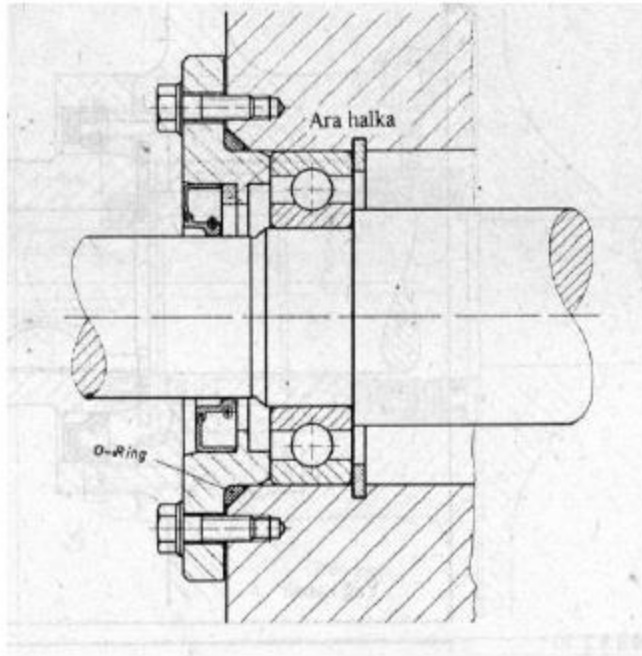
(c)



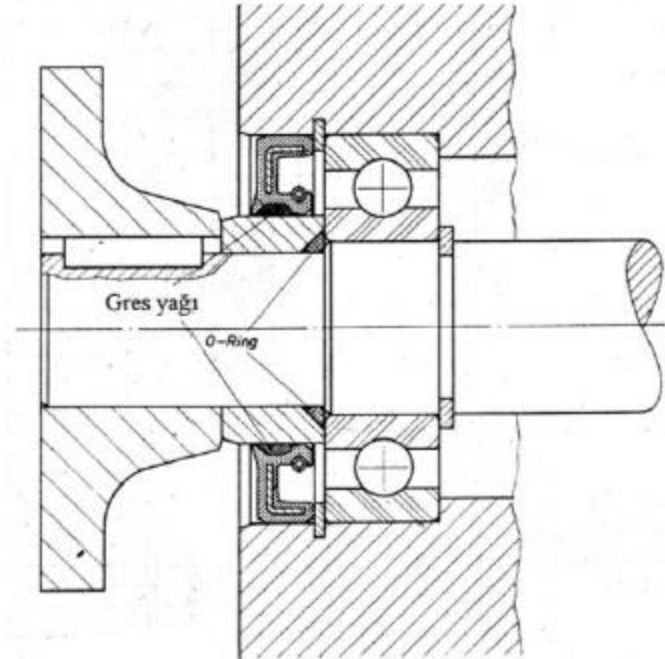
(d)

Şekil-18.19 Radyal sızdırmazlık elemanları uygulaması [42]

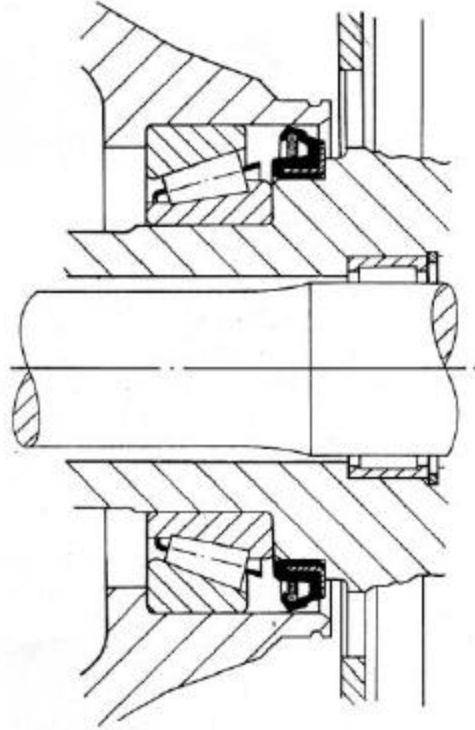
## SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI



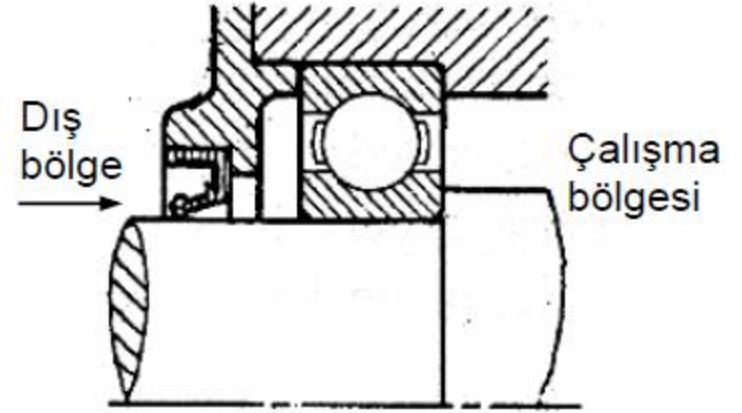
(a) [20]



(b) [20]



(c) [42]



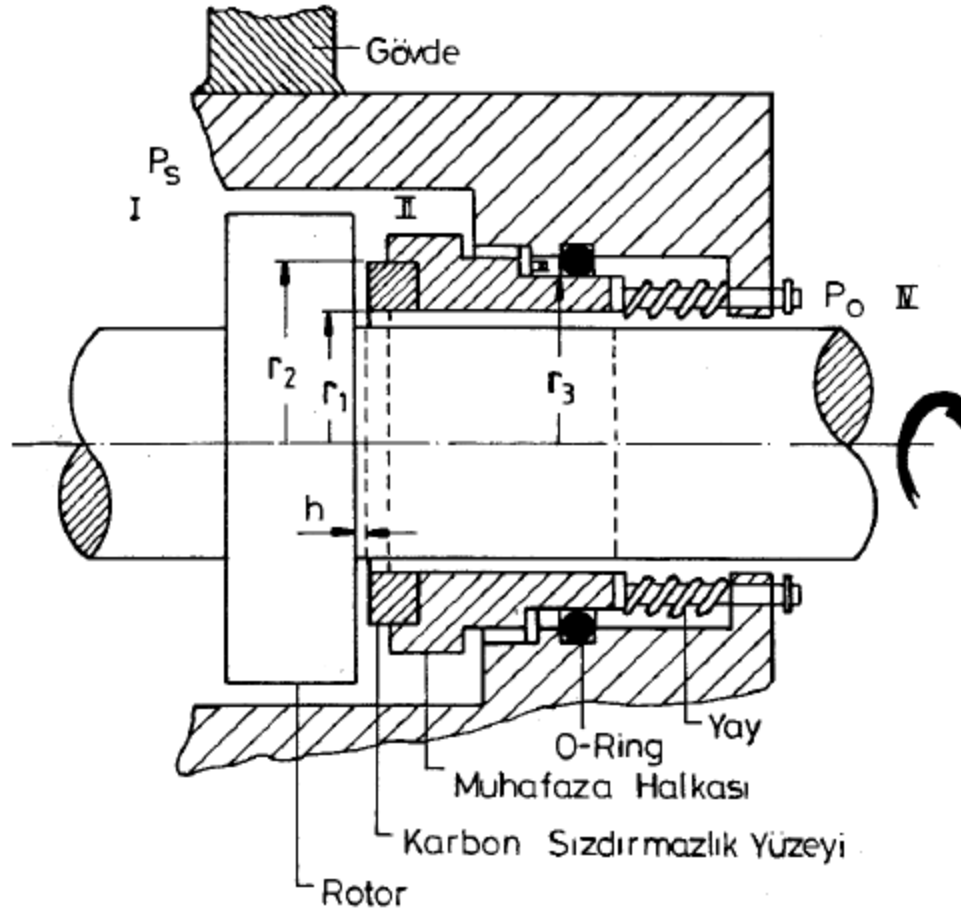
d) [19]

Şekil-18.20 Radyal sızdırmazlık elemanları uygulaması

### **18.2.10 Mekanik Sızdırmazlık Elemanları**

**Yapısı ve çalışma prensipleri:** Mekanik sızdırmazlık elemanları; mekanik keçe, mekanik radyal yüzey sızdırmazlık elemanları veya kayma halkalı alın sızdırmazlık elemanları şeklinde de tanımlanırlar. Bu elemanlarda akışkan sızma doğrultusu veya sızdırmazlık düzlemi dönüş eksenine dik olup biri sabit diğeri hareketli iki halkadan oluşmaktadırlar. Sızdırmazlık halkası denen ve aksenal doğrultuda hareket edebilen eleman karşı yüzey veya halkaya yay kuvveti ile bastırmakta ve sızdırmazlık sağlanmaktadır. Mekanik sızdırmazlık elemanları akışkanın sistem dışına sızmasını hidrodinamik ve hidrostatik basınç oluşumu prensibiyle önleyen elemanlardır. Tasarımları ve çalışma prensipleri açısından aksenal kaymalı yataklara benzerlik göstermektedirler.

Şekil-18.21 tipik bir sızdırmazlık düzenini göstermektedir. Burada  $P_s$  sistem basıncını  $P_0$  ise akışkanın sızmasının istenmediği ortamın basıncını (atmosfer vb) göstermektedir. Sistem birbiri üzerine yay ve akışkan basıncı kombinasyonu ile bastırılan bir çift yüzeyli halkadan oluşmaktadır. Bu yüzey çiftleri şekilde karbon sızdırmazlık yüzeyi ile rotorun bu yüzeye paralel olan düz yüzeyinden ibarettir. Hareketli parça mil üzerine monte edilebileceği gibi milin kademeli yapılmasıyla da doğrudan elde edilebilir. Sabit eleman ise muhafaza halkasının içerisine yerleştirilmiştir. Sabit ve hareketli yüzeyler muhafaza halkasının arka yüzeyine radyal olarak yerleştirilen bir yay ile birbirine bastırılmıştır. Böylece sızdırmaz yüzeylere bir ön yükleme verilmektedir. Muhafaza halkası ile sabit gövde arasına yerleştirilen bir O-halka ile bu bölgede oluşabilecek aksenal akışkan kaçağı engellenmiştir.



**Şekil-18.21** Tipik bir sızdırmazlık düzeni

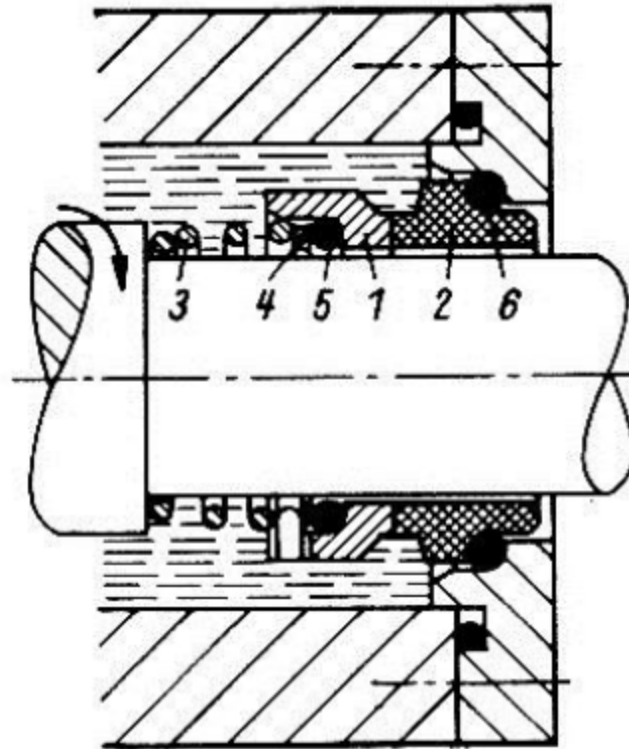
Bu tip sistemlerde akışkan dört değişik bölgede düşünülebilir. Şekilde I. bölge sistemdeki basınçlı akışkanın söz konusu olduğu ortamı, II bölge sızdırmazlığın temin edildiği bölgeyi (sızıntıyı önleyecek yüzey çiftinin bulunduğu bölge), III. bölge sabit elemanı kademeli yüzeylerden hareketli elemana iten hidrostatik sistem basıncının etkili olduğu bölgeyi, IV. bölge ise akışkanın sızmasının istenmediği ortamı göstermektedir.

Sistem basıncının etkisiyle ortaya çıkan kuvvet, yüzeyler arasındaki aralığı ( $h$ ) kapamaya çalışacaktır. Kapama kuvvetinin yanında yayın etkisi ihmal edilebilecek düzeydedir. Kapama kuvvetine karşı, aralık içerisindeki akışkan filmi bir basınç alanı oluşturarak sızdırmaz yüzeyleri birbirinden ayırmaya çalışan bir açma kuvveti ortaya çıkarmaktadır. Eksenel kapama kuvveti ne sızdırmazlık aralığını gereğinden fazla kapayarak metal-metal sürtünmesine izin verecek kadar fazla, ne de aralıktan akışkan kaçacağına sebep olacak kadar az olmamalıdır. Uygun yağ film kalınlığının sağlanabilmesi için sistem üzerinde etkili olacak açma ve kapama kuvvetlerinin ve bunlardan doğacak momentlerin dengelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle yağ filminin kalınlığı bu tip sistemlerin performansında önemli bir parametredir.

Şekilde hidrodinamik basınç alanı, sızdırmazlık çiftinin  $r_1$  iç yarıçap ve  $r_2$  dış yarıçapıyla gösterilen halka yüzeyi üzerinde meydana gelmektedir.  $r_3$  ise bu yüzeylerin birbirine temas etmesine neden olan hidrostatik basınç alanının etkidiği halka yüzey alanının yarıçapını göstermektedir.

## SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI

Şekil-18.22'de başka bir mekanik sızdırmazlık elemanı konstrüksiyonu gösterilmiştir. Mekanik sızdırmazlık; hareketli (mille dönen ve aksenal doğrultuda hareketli) halka (1), sabit yüzey (2), yay (3), rondela (4) ve ikincil sızdırmazlık elemanları (5,6) (O-halkaları) yardımıyla gerçekleştirilmektedir.



Şekil-18.22 Mekanik radyal yüzey sızdırmazlık elemanı [44]

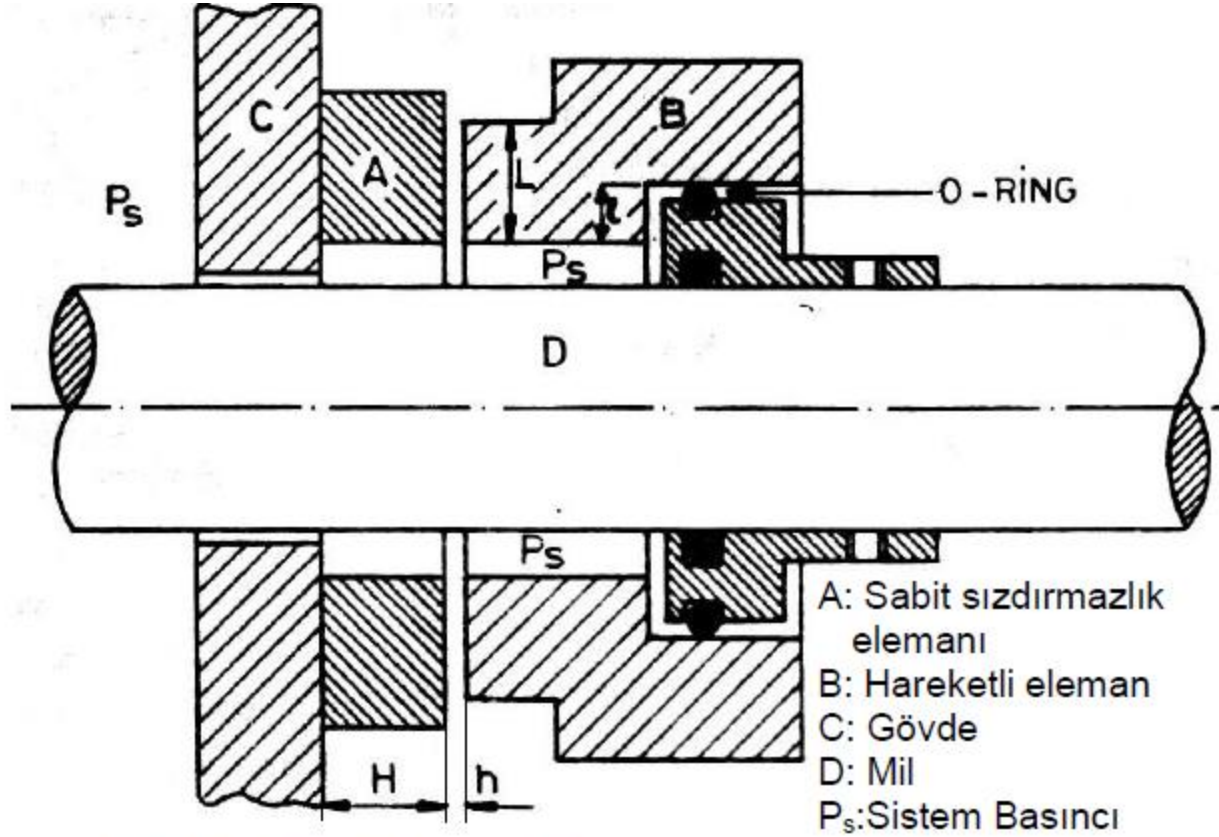
Hidrodinamik yağlama rejimine göre çalışan mekanik keçelerin birtakım kullanım üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir.

- Yüksek basınç ve hızlarda etkilidir
- Ağır işletme şartlarında güvenilir ve emniyetlidir
- Keçe yüzeyi dudaklı keçelere göre daha geniş olduğundan tozlu ve kirli ortamdan daha az etkilenir
- Montajı kolaydır ve daha az bakım ister
- Maksimum tasarım hızına kadar uzun ömürlüdür
- Eksenel boyu kısadır
- Sürtünme kaybı azdır
- Mil yüzeyinin sertleştirilmesi ve hassas işlenmesi gerekmez
- Milde aşınma yaratmaz
- Sıvı ve gaz sızdırmazlığı, çok değişik çalışma koşulları için tasarlanabilir
- Milde eksen kaçıklığı, eksenel hareket, titreşim ve aşınma koşullarına uyum sağlar
- Her iki yön için uygulanabilir

Mekanik radyal yüzey sızdırmazlık elemanlarının kullanım alanını belirleyen en önemli büyüklük PV (basınç x hız) değeridir. PV sınırı sızdırmazlık halkası ve karşı yüzey malzemesine bağlı olarak değişir. Mekanik keçeler PV değerinin yüksek olduğu pompa ve benzeri ağır çalışma şartlarının söz konusu olduğu makinalarda kesin sızdırmazlık sağlayacak özelliktedir. Bu elemanlarla etkili sızdırmazlık; sıcaklık, soğutma, hidrolik kapama yükü, basınç değişimi, çalışma aralığı, halka ve karşı yüzey kalitesi, eksen kaçıklığı ve malzeme gibi parametrelerin uygun seçilmesi veya kontrolü ile mümkün olabilmektedir. Ortam basıncının düşük olduğu otomobil endüstrisinde su soğutma pompalarında, çamaşır ve bulaşık makinalarında, orta basınç seviyeli kalorifer sistemlerindeki su pompalarında, rafinerilerde, kuyu suyu pompaları ve kimya endüstrisinde ve yüksek basınçlı (25...100 bar) ortamlarda mekanik sızdırmazlık elemanları tercih edilmektedir. İşletme basıncı 500 bar'a kadar yükselebilen sızdırmazlık elemanları da vardır.

**Hidrolik denge:** Sızdırmazlık elemanının hem hidrolik yük dengesine, hem de minimum akışkan kaçağı için, optimum sayılabilecek bir yağ filmi kalınlığına sahip olması arzu edilir. Mekanik radyal yüzey sızdırmazlık tertibatı, birbirine göre izafi harekete ve yüzey eğimine sahip bir çift düz yüzeyli halkadan oluştuğundan sızdırmazlık, uygulama esnasında bu iki yüzey arasında hidrodinamik ve hidrostatik basınç oluşumu prensibiyle sağlanmaktadır. Yüzeyler arasındaki izafi eğim veya eksen kaçıklığı, aralıkta hareket yönünde fiziki “daralan yağ kaması” mekanizmasının oluşmasını sağlamaktadır. Oluşan bu hidrodinamik basınç kuvveti, kapama kuvveti karşısında aralığı açmaya çalışacaktır.

Düzgün ve paralel yüzeyli mekanik elemanlarda hidrostatik denge için Şekil-18.23'deki sistemde görüldüğü gibi  $l/L$  oranı esas alınabilir.



Şekil-18.23 Sızdırmazlık elemanının hidrolik dengesi

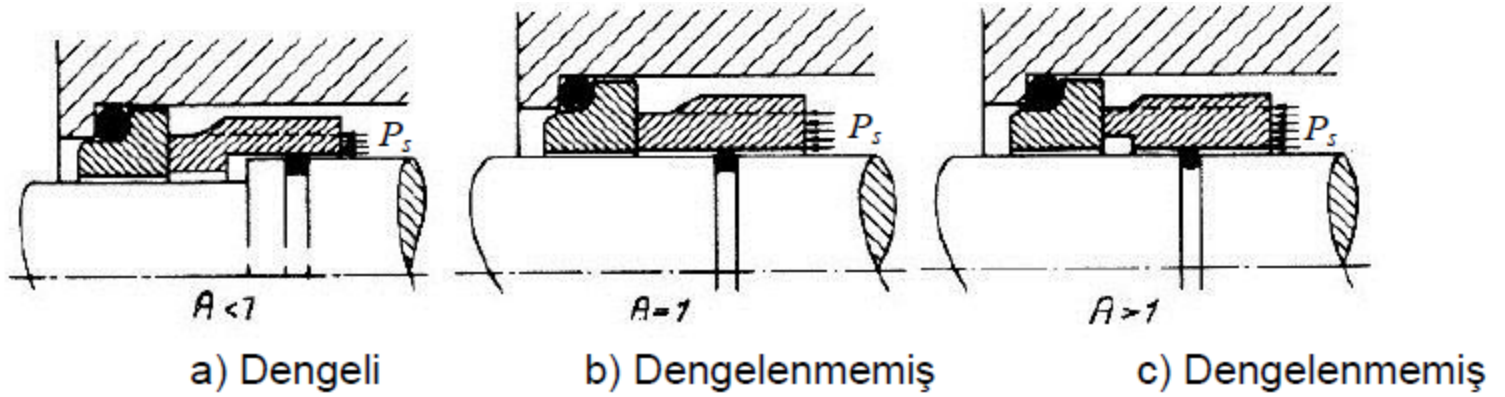
Sızdırmaz yüzeyler arasındaki yağ filminin geliştirdiği basınç tarafından yüzeye etki eden kuvvet ( $P_s \cdot L/2$ ) basınç dengesini sağlayan  $l$  radyal genişliğindeki elemandan gelen  $P_s \cdot l$  kuvvetini dengelemelidir. Bu nedenle yüzeylerin eğrilik ve düzgünsüzlükleri ihmal edilirse şekilde tarif edilen,  $P_s$  sistem basıncının etkili olduğu alanlar oranı  $l/L$  şeklinde yazılabilir. Eğer bu oran 1'den büyükse "dengelenmemiş" ve 1'den küçükse "dengelenmiş" sistemden bahsedilir. İki yüzey arasındaki aralığı kapamaya çalışan kuvvet  $l=L/2$  ise dengede tutulabilecektir. Ancak  $l>L/2$  olduğunda dahi metal-metal sürtünmesinin olmadığı deneylerle gösterilmiştir.

Yüzeylerin eğimsiz ve pürüzsüz olduğu kabul edilen durumda yüzeyler arasındaki yağ filmi yük taşıyıcı hidrodinamik basınç alanı oluşturamayacaktır. Aksenal kapama kuvvetinin ( $P_s \cdot l$ ) arttığı durumlarda da bu sebepten metal-metal sürtünmesi kaçınılmaz olacaktır. Bu tehlikeyi ortadan kaldırmak için yüzeyler arasında bir miktar eğimin mevcut olması istenir. Ancak eğimin çok büyük olması ve de film üzerine gelen yükün artması halinde sistemin hidrodinamik dengesi bozulabilecektir. Bu nedenle yağ filminin teşkil edeceği eğimli daralan kamanın dengeyi sağlayacak büyüklükte olması istenir.

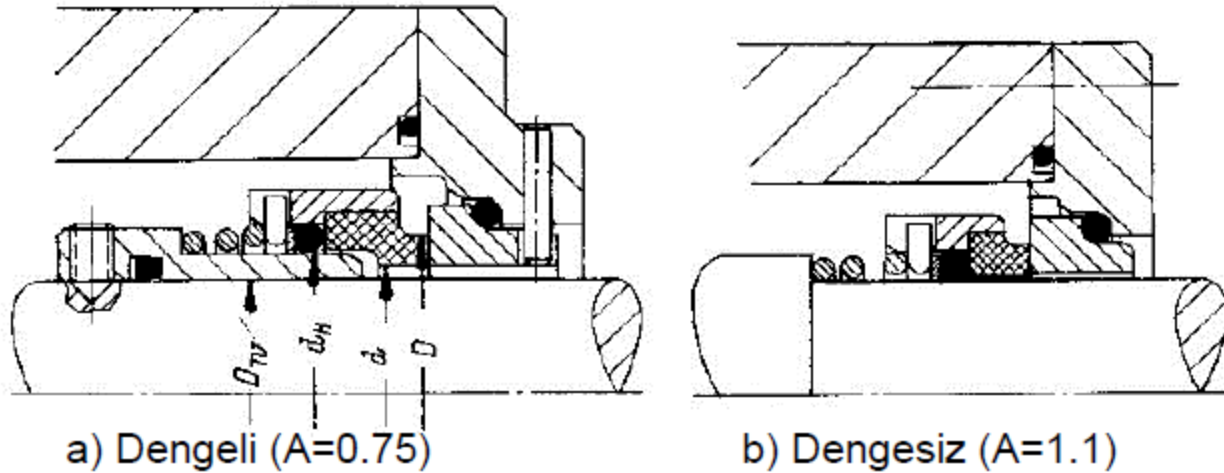
Yukarıdaki model esas alındığında, statik durumda, sızdırmazlık halkasının karşı yüzeye yaptığı basıncın yay yükü ile sağlandığı görülür. Bu durumda kapama kuvveti sızdırmazlığı sağlanan bölgedeki ortam basıncından doğan açma kuvvetinden daha büyüktür. Ancak temas veya kapama kuvvetini belli değerler arasında tutmak gerekmektedir. Aksi halde izafi çalışan yüzeyler arasında yağ film oluşumu engellenir. Basınç dengesi sızdırmazlık halkasının şekli veya çapı değiştirilerek ve mil kademeli

## SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI

yapılarak elde edilebilir. Şekil-18.24 değişik yapıları mekanik sızdırmazlık elemanlarında hidrolik denge durumları hakkında fikir vermektedir. Şekilde sızdırmazlık halkasının sistem basıncı etkisindeki yüzey alanı (hidrolik piston alanı)  $A_p$ , karşı yüzeyle temasta olan alan da  $A_k$  olmak üzere denge parametresi  $A = A_p / A_k$  şeklinde tanımlanırsa (Yukarıdaki analizde  $l < L$  oranı) denge durumu analiz edilebilir.  $A < 1$  olduğunda dengeli,  $A \geq 1$  olduğunda da dengelenmemiş keçe elde edilmektedir. Genelde dengesiz veya dengelenmemiş keçelerde A faktörü 1...1.2, dengeli keçelerde ise 0.7...0.9 arasında tasarlanır. Burada da keçe seçiminin ortamdaki akışkana, basınca, sıcaklığa, dönme hızı ve keçe malzemesine bağlı olduğu açıktır. Şekil-18.25 iki değişik A parametresine sahip (dengeli ve dengesiz) mekanik sızdırmazlık elemanları için konstrüksiyon örneklerini vermektedir.



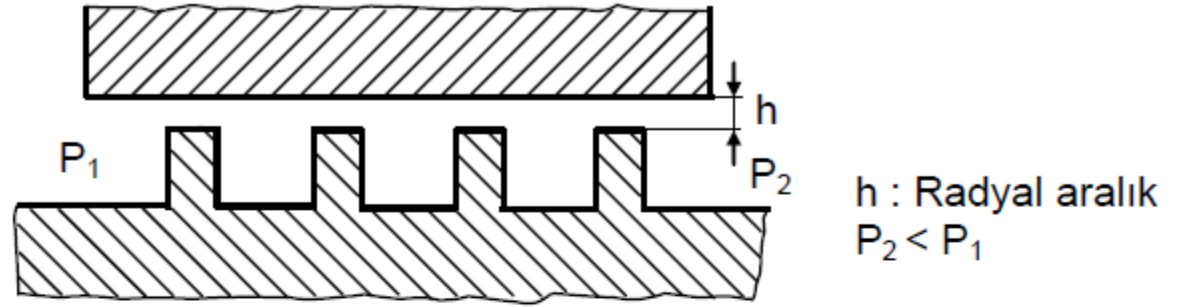
**Şekil-18.24** Mekanik keçede hidrolik denge durumu [44]



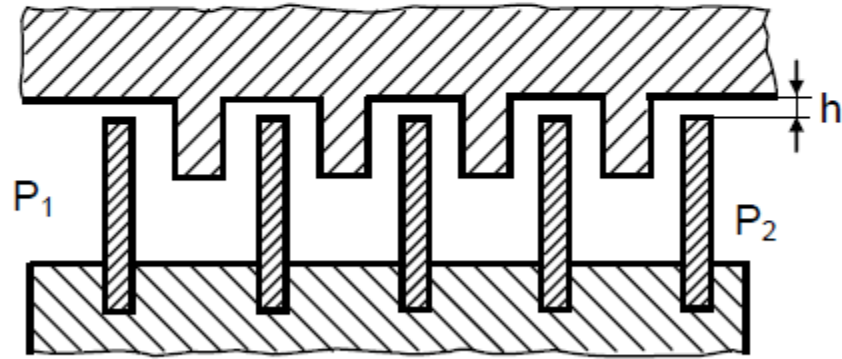
**Şekil-18.25** Dengeli ve dengesiz mekanik sızdırmazlık elemanları [44]

### 18.3 TEMASSIZ SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI

Temassız sızdırmazlık elemanlarında çok dar aralıkların akışa karşı oluşturdukları dirençten yararlanılarak sızdırmazlık gerçekleştirilir. Genelde iki paralel yüzey arasında belirli uzunlukta ve kalınlıktaki aralıkta basınç düşüşü sızdırmazlık sağlayan konstrüksiyon olarak değerlendirilebilir. Akışkan basıncı dar geçiş yolu üzerinde sürtünme nedeniyle düşebileceği gibi akışkanın aniden geniş bir alana açılması halinde de basınç düşüşü gerçekleşir. Sızdırmazlıktaki etkinlik boşluk miktarı ve akış yolunun uzunluğuna bağlıdır. Akış yolu üzerinde engeller artırılırsa (dirsek, ani genişleme ve daralma gibi) daha fazla basınç düşmesi yaratılır. Şekil-18.29 bu prensiple basınç düşmesi ve dolayısıyla sızdırmazlık sağlanmasının nasıl olduğu hakkında fikir vermektedir. Şekil-18.30'da her iki yüzeyde akış boyunca oluşturulabilecek engeller, boşluk ve aralıklar gösterilmiştir. Bu şekilde düzenlenen sızdırmazlık elemanları **labirent sızdırmazlık** elemanları olarak bilinir. Labirentlerin iç içe geçen veya tek taraflı engel oluşturan tipleri de bu şekillerden görülebilmektedir.

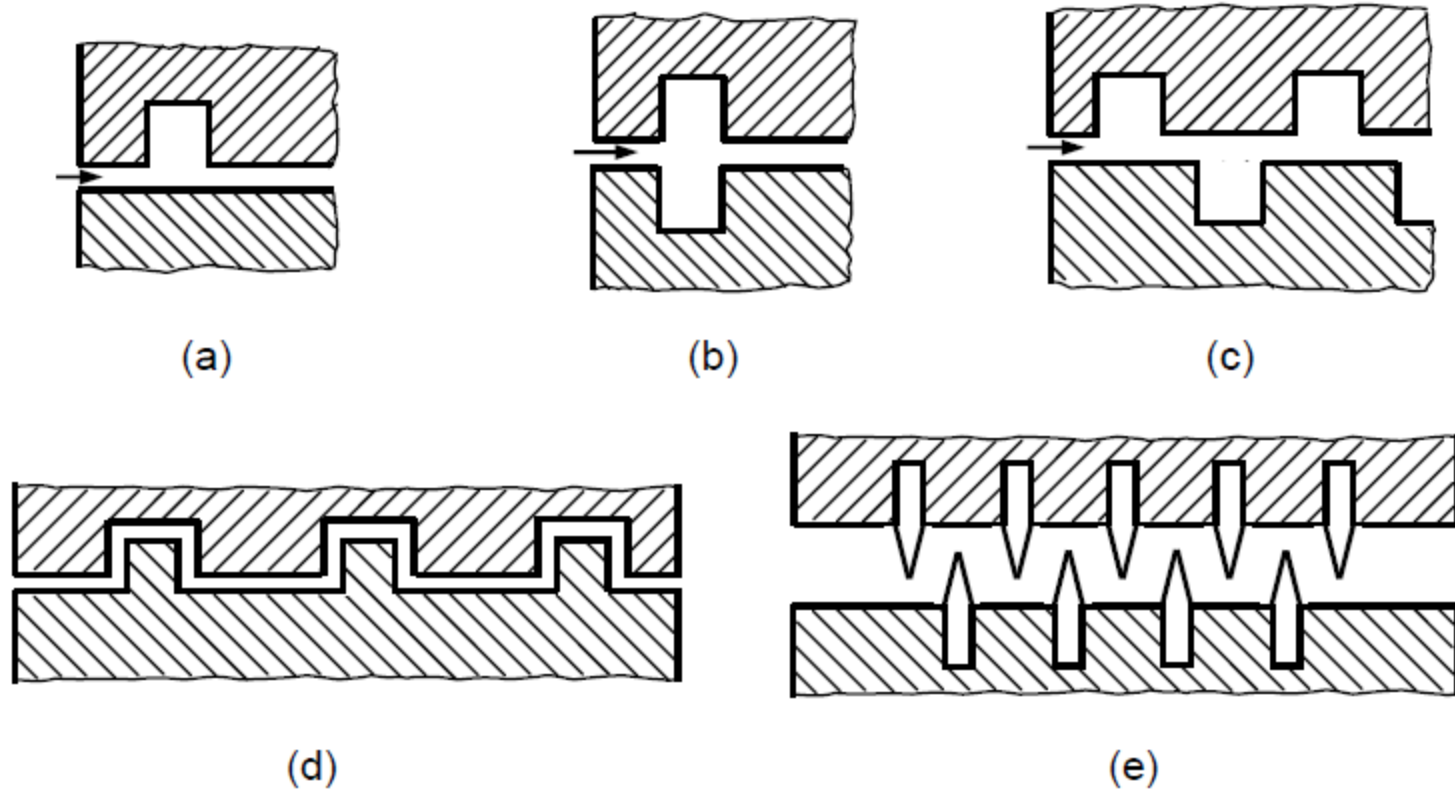


(a)



(b)

**Şekil-18.29** Temassız sızdırmazlık sağlayan labirent oluşumu



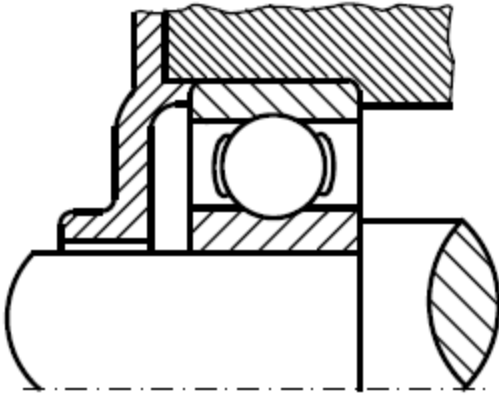
**Şekil-18.30** Değişik labirent formları

Temassız sızdırmazlık elemanlarında sızdırmazlığın sağlandığı kısımda parçalar temas etmediklerinden sürtünme olmaz, aşınma meydana gelmez ve bu nedenle bu elemanlar sınırsız ömre sahip olabilmektedir. Yüksek hızlı millerde grese yağlanmış yatak sızdırmazlığında labirentli sızdırmazlık elemanları sıkça kullanılmaktadır. Temassız sızdırmazlık elemanlarının sahip oldukları ilave üstünlükler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

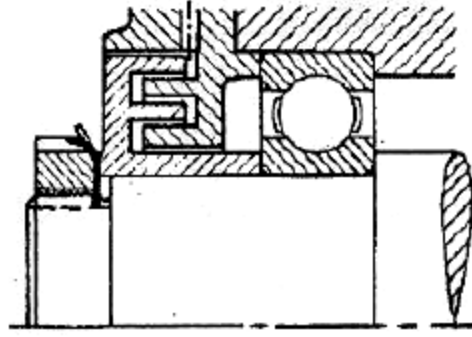
- Sınırsız devir sayılarında uygulanabilirler.
- Mil yüzeyinin sertleştirilme ve taşlanma zorunluluğu yoktur.
- Montajları kolaydır.
- Metal malzemedenden yapıldıklarından yüksek sıcaklıklarda kullanılabilirler.

Bu üstünlüklere karşılık, temassız sızdırmazlık elemanları metalden yapıldıklarından korozyona karşı dirençli malzeme seçilmesi zorunluluğu, sıvı yağlarda kesin sızdırmazlığın sağlanamaması ve yüksek sıcaklıklarda ısıl genleşme nedeniyle sürtünmenin oluşabilmesi gibi sakıncaları da vardır.

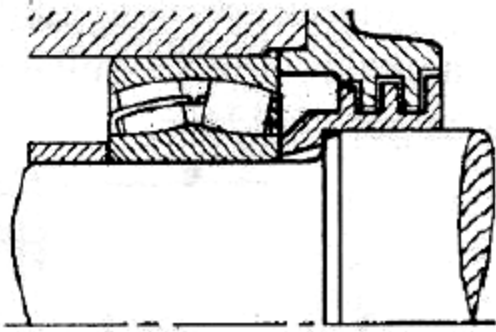
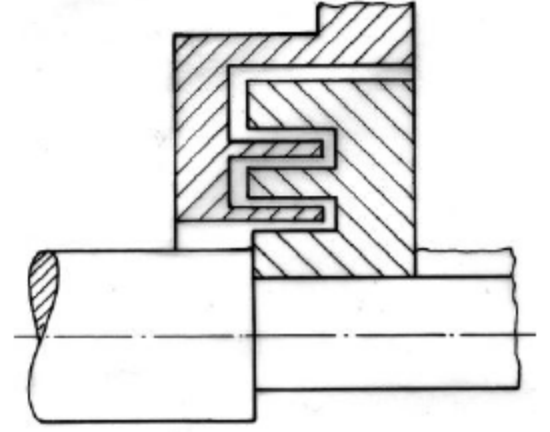
Temassız sızdırmazlık elemanlarının en basit şekli mil ile arasında çok dar bir kanal (boşluk) oluşturan konstrüksiyon olup bunlar devir sayısının düşük, ısınmanın az olduğu yerlerde kullanılmaktadırlar (Şekil-18.31a). Bu sızdırmazlık elemanı dışardan sisteme fazla toz gelmesinin beklenmediği hallerde tercih edilir. Yüksek sıcaklıklarda gres incelik boşluklardan dışarı kolayca sızabileceği için fazla yüksek sıcaklıklarda kullanılması tavsiye edilmez. Labirent sızdırmazlık elemanları radyal ve aksenel yapıda olabilir. Yatak gövdesi parçalı ise radyal (Şekil-18.31b), tek parçadan oluşuyorsa aksenel labirentler (Şekil-18.31c) kullanılır. Bu elemanların çok geniş kullanım alanı vardır. Bu tip sızdırmazlık elemanları labirent boşluğu grese doldurularak monte edilir. İç yüzeyine çepeçevre dairesel veya vida şeklinde çok küçük yuvalar açılmış temassız sızdırmazlık elemanları daha da etkili sızdırmazlık sağlarlar (Şekil-18.31d,e). Bu elemanlar genel olarak silindirik yivli labirentler olarak da bilinir. Vida şeklindeki konstrüksiyon sıvı yağla yağlanan yataklarda kullanılır ve milin dönüş yönüne göre vida ilerleme yönü uyumlu seçilir (vida yönü öyle seçilir ki mil dönerken vida içindeki yağ hep yatağa doğru hareket eder).



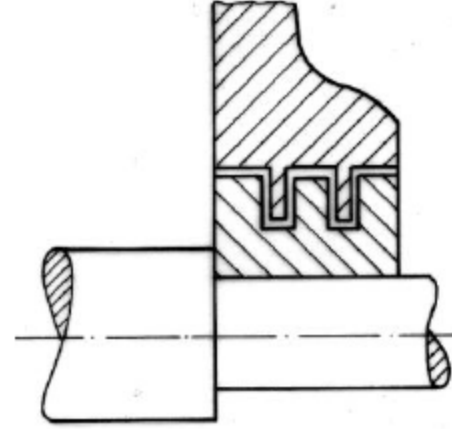
(a)



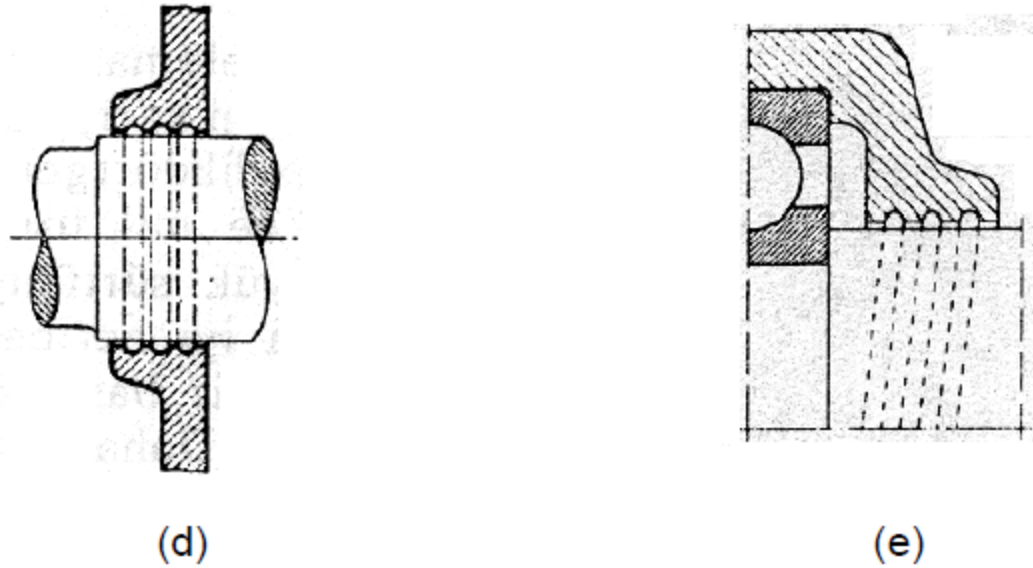
(b)



(c)

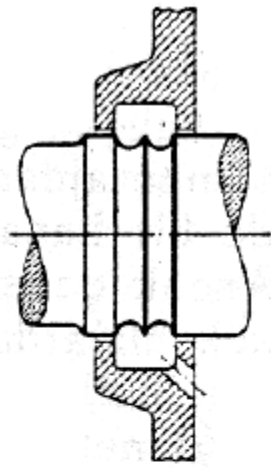


Şekil-18.31 Seçilmiş labirent sızdırmazlık elemanları

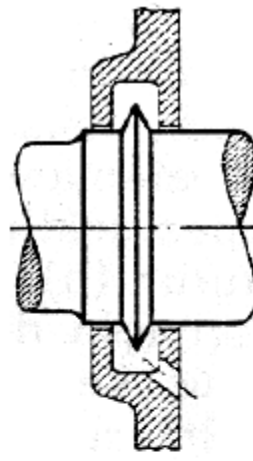


Şekil-18.31'in devamı

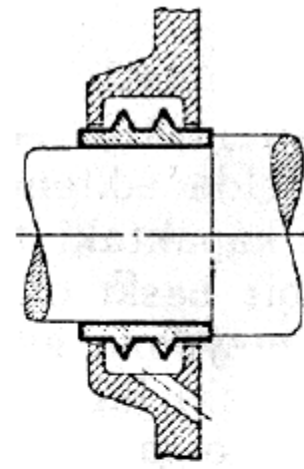
Sıvı yağlarla yağlanan yataklarda mil üzerine yuvalar (yivler) açılarak veya tepelikler oluşturularak faturalı veya dişli mil şeklinde labirentli sızdırmazlık elemanları oluşturulur (Şekil-18.32a,b,c). Bu elemanlarda merkezkaç kuvvetle yağın tekrar geri dönmesi sağlanabilmektedir. Yataklarda aksenal kuvvetin çok büyük olmadığı basit konstrüksiyonlarda sızdırmazlık Z lamelleri ile de sağlanır (Şekil-18.32d). Bu lameller çelik malzemelerden olup preste imal edilirler ve etkili, ucuz bir labirent oluştururlar. İç içe geçmiş dişlerden oluşan labirentli sızdırmazlık elemanlarında dişler düz veya açılı olabilmektedir (Şekil-18.32f-açılı diş). Dişli hazır labirent halkası da kullanılmaktadır (Şekil-18.32e). Yabancı maddelerin veya pisliğin yoğun olduğu yerlerde farklı sızdırmazlık elemanlarından oluşmuş karma sistemler de uygulanabilmektedir (Şekil-18.33).



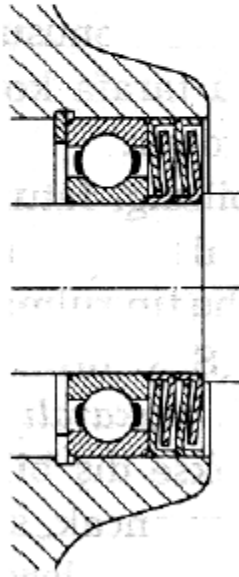
(a)



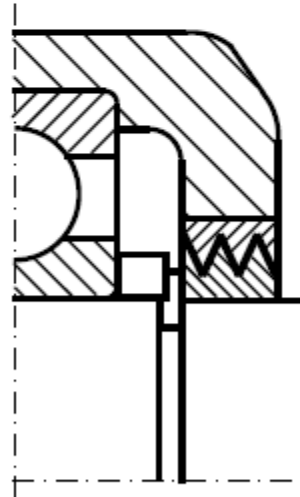
(b)



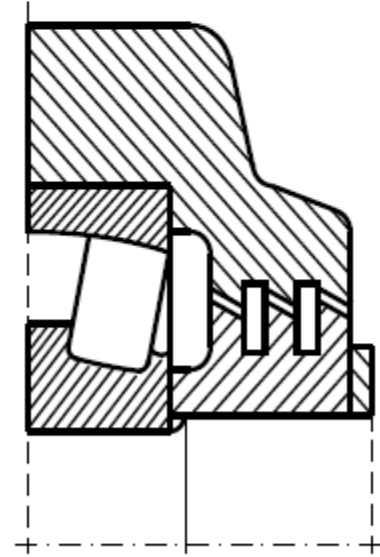
(c)



(d)



(e)



(f)

**Şekil-18.32** Seçilmiş labirent sızdırmazlık elemanları [1, 38]