

06. Dinamički brtvljeni spojevi

06. Dinamički brtvljeni spojevi.....	1
6.1 Osnove dinamičkih brtvi.....	2
6.1.1 Dinamičke brtve.....	2
6.1.2 Vrste i oznake dinamičkih brtvi –.....	2
6.1.3 Materijali za izradu dinamičkih brtvi –.....	2
6.1.4 Vrste i primjeri dinamičkih brtvljenih spojeva	2
6.1.5 Fizika dinamički brtvljenih spojeva.....	2
6.2 Usvajanje dinamičkih brtvljenih spojeva.....	26
6.2.1 Oblikovanje dinamičkih brtvljenih spojeva	26
6.2.2 Proračun dinamičkih brtvljenih spojeva –	26
6.2.3 Usvajanje dinamičkih brtvljenih spojeva.....	26
6.3 Primjena dinamičkih brtvljenih spojeva	26
6.3.1 Postupci brtvljenja dinamičkim brtvljenim spojevima –.....	26
6.3.2 Održavanje i popravke dinamičkih brtvljenih spojeva –.....	26
6.3.3 Dobri i loši dinamički brtvljeni spojevi	26
6.3.4 Prednosti i nedostaci dinamičkih brtvljenih spojeva.....	26
6.3.5 O-ringovi.....	28
6.3.6 Semerinzi	28
Dodatak.....	33
Literatura	39

1/81

Ishodi učenja:

1. **Razumijevanje osnova zupčanih prijenosnika** (*strojevi, prijenosnici, veličine gibanja*).
2. **Umjeti nacrtati zupčani par** (*geometrije zuba i zupčanih parova*)
3. **Usvojena znanja iz zupčanih parova** (*vrste/svojstva, proračun zupčanog para čelnika*).
4. **Usvojena znanja iz primjene zupčanih prijenosnika** (*montaža/demontaža, pogon/održavanje*).

6.1 Osnove dinamičkih brtvi

6.1.1 Dinamičke brtve

6.1.2 Vrste i oznake dinamičkih brtvi –

Brtvenice s vanjskom silom
Automatske brtvenice

6.1.3 Materijali za izradu dinamičkih brtvi –

6.1.4 Vrste i primjeri dinamičkih brtvljenih spojeva

6.1.5 Fizika dinamički brtvljenih spojeva

5. usvojiti temelje (definicija, primjer brtve: skica/stuktura/dimenzije/pogon) i klasifikaciju dinamičkih brtvi
6. umjeti na temelju originala, crteža ili fotografije opisati strukturu, dimenzije i pogon različitih dinamičkih brtvi
7. umjeti odabrati dinamičku brtvu sklopa
8. umjeti odrediti žlijeb za usvojeni o-prsten
9. umjeti izračunati curenje kroz brtvenicu s mekim brtvilom

1. Definicija dinamičkih brtvi

Brtvljenje – konstrukcijsko rješenje kojim se na mjestu spajanja elemenata sustava sprečava (*ograničava*):

- (a) miješanje fluida između različitih radnih prostora sustava,
- (b) istjecanje fluida iz radnih prostora sustava u okolinu i/ili
- (c) prodiranje nečistoća iz okoline u radne prostore sustava (*npr. voda ili prašina*).

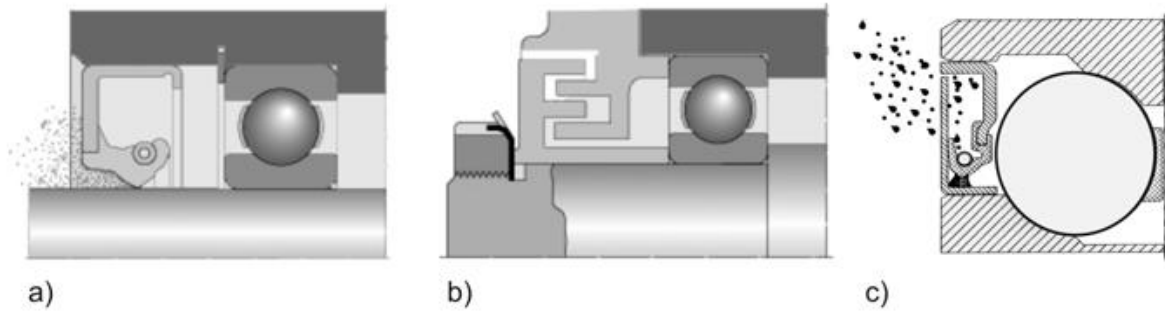
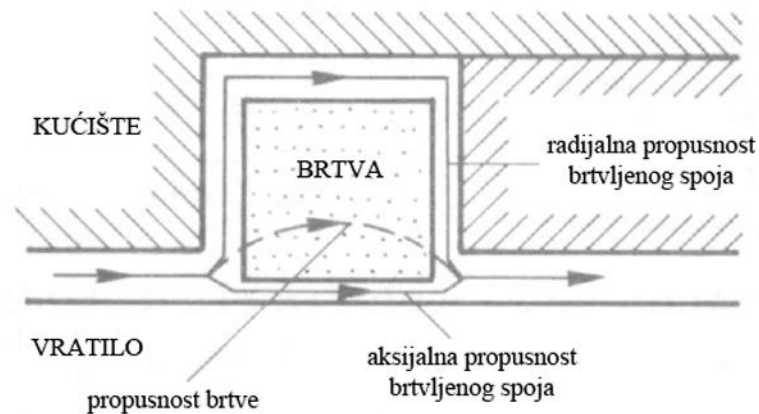


Abb. 12.1. Dichtungen mit verschiedenen Hauptfunktionen

a), Verhindern des Austritts von Fluiden aus einem abgeschlossenen Raum, hier mit einem Radialwellendichtring

b), c) Hauptfunktion Dichten gegen Verunreinigungen, Nebenfunktion: Dichten gegen den Verlust von Fett. b) mit einem Labyrinth, c) mit einer berührenden Elastomerdichtung

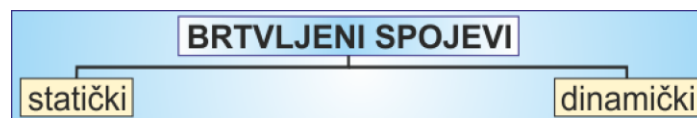
Do makro toka fluida između dva uzajamno spojena prostora (*miješanje, istjecanje*) dolazi kada u njima vladaju različiti tlakovi. Međutim, u konstruiranju uvijek treba analizirati i mogućnost pojave mikro toka – difuzije, osobito ako su u sustavu i/ili okolini prisutni zapaljivi, eksplozivni ili po zdravlje štetni fluidi.



Brtva – pomoćni element stroja koji osigurava nepropusnost spoja osnovnih elemenata sustava.

Brtvljeni spoj – obuhvaća relevantne dijelove osnovnih elemenata, pomoćnih elemenata i brtve koja se nalazi između elemenata.

Ovisno o gibanju elemenata brtvljenog spoja razlikuju se:



Kod statičkih brtvljenih spojeva svi elementi brtvljenog spoja miruju a kod dinamičkih bar se jedan element spoja giba. (*statički su brtvljeni spojevi obrađeni u Elementima strojeva 1.*)

Dinamičke brtve – elementi strojeva kojima se osigurava brtvljenje spojeva uzajamno pokretnih elemenata sustava.

Kod dinamičkih brtvi potrebno je optimalno uskladiti dva oprečna zahtjeva:

4 Elementi strojeva 2

- (1) što je moguće veći pritisak uzajamno pokretnih površina kako bi se postiglo što je moguće bolje brtvljenje,
- (2) što je moguće manji pritisak uzajamno pokretnih površina kako bi se postiglo što je moguće manje trenje (*ušteda energije*) i trošenje (*dug vijek trajanja*),

2. Vrste dinamičkih brtvi

Prema vrsti gibanja elemenata sklopova razlikuju:

DINAMIČKE BRTVE	
<i>vrsta gibanja elemenata sklopa</i>	
kružne	linearne

[Hering 2004, str. 405]

Dynamische Abdichtungen

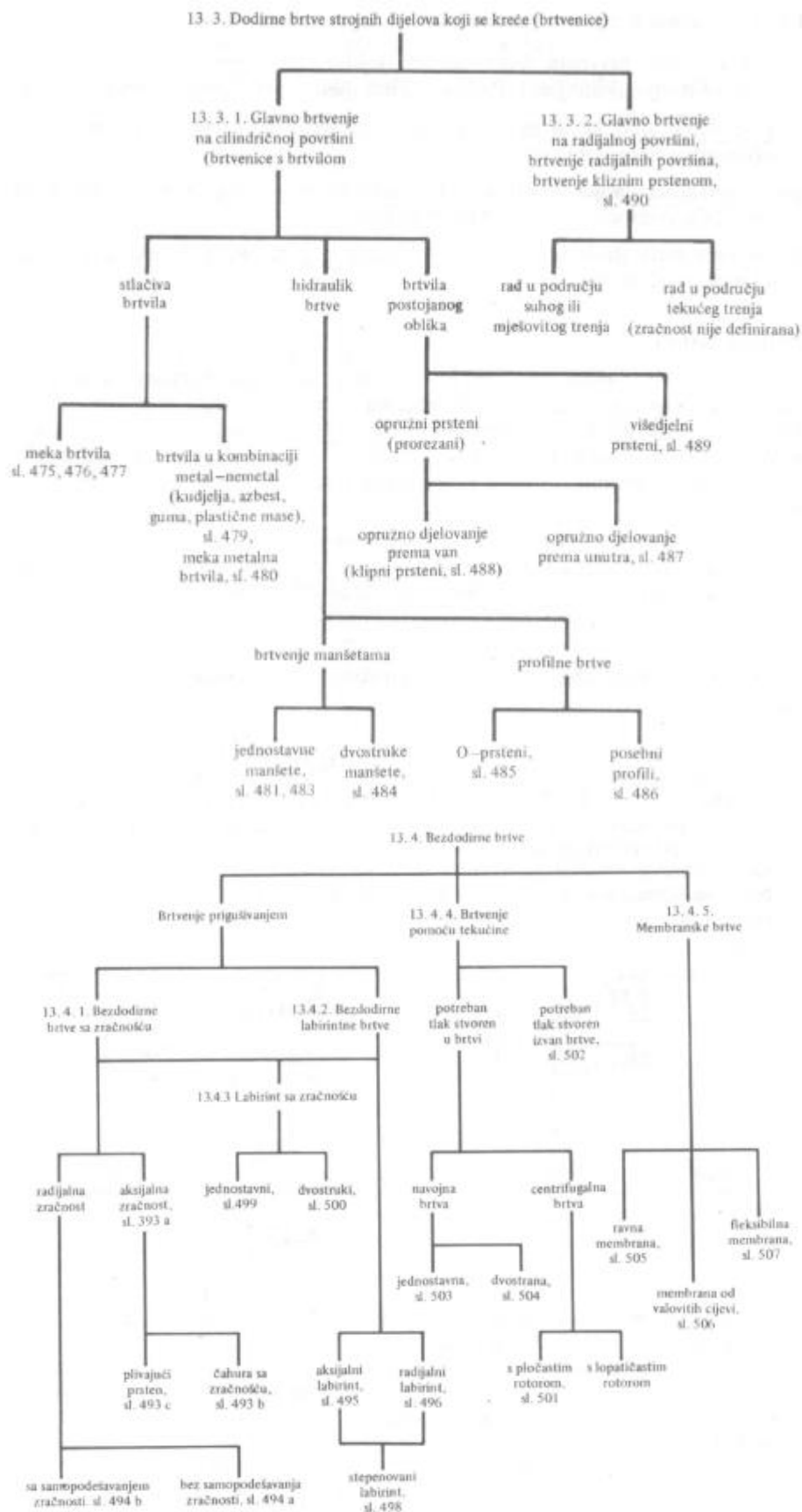
Bei dynamischen Abdichtungen kann ein Unterschied gemacht werden zwischen:

- *schiebenden* Teilen mit Abdichtung für Kolben, Kolbenstangen und Abstreifringen und
- *drehenden* Teilen mit Anwendungen für Öldichtringe und Stoffdichtringe.

O-Ringe (siehe oben) sind in beschränktem Maße für dynamische Abdichtungen brauchbar. Hierfür befrage man die Lieferanten.

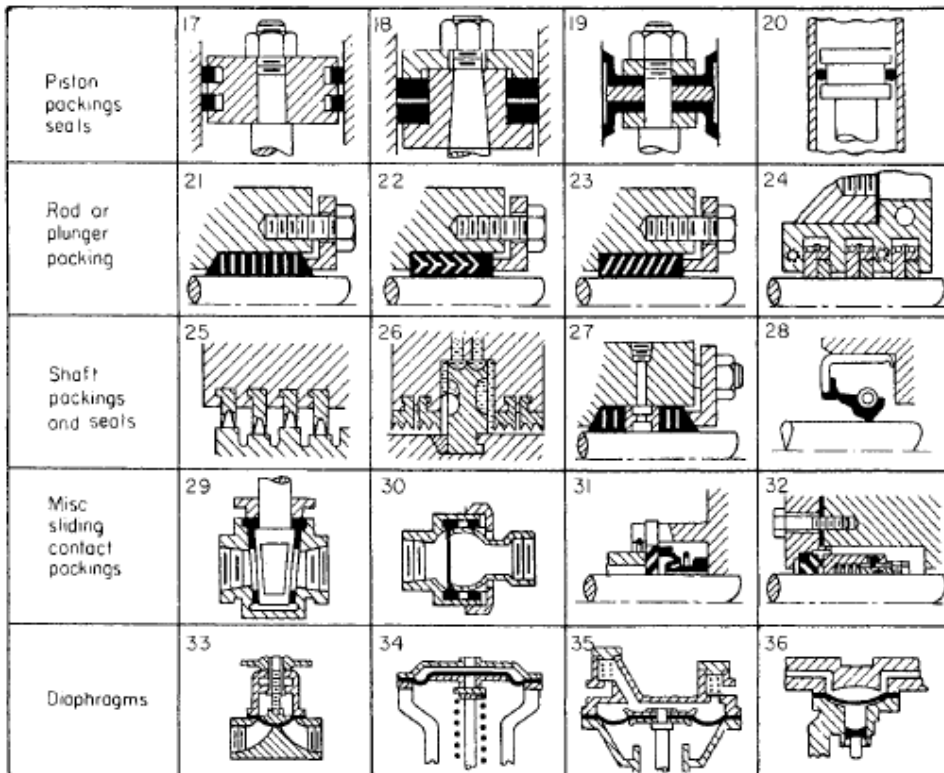
[Decker 1987, str. 465, 474]

DINAMIČKE BRTVE	
dodirne	bezdodirne



[Avallone 2006, str. 768]

6 Elementi strojeva 2

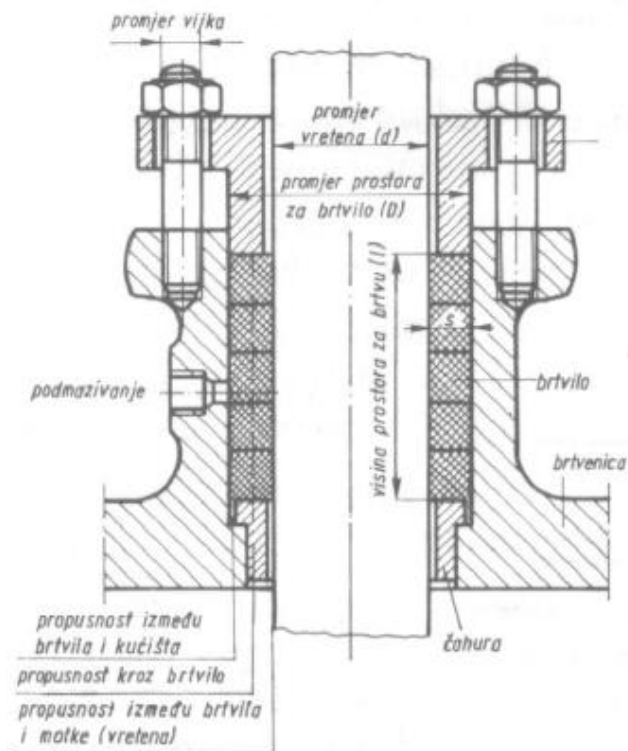


3. **Stlačiva brtvila**

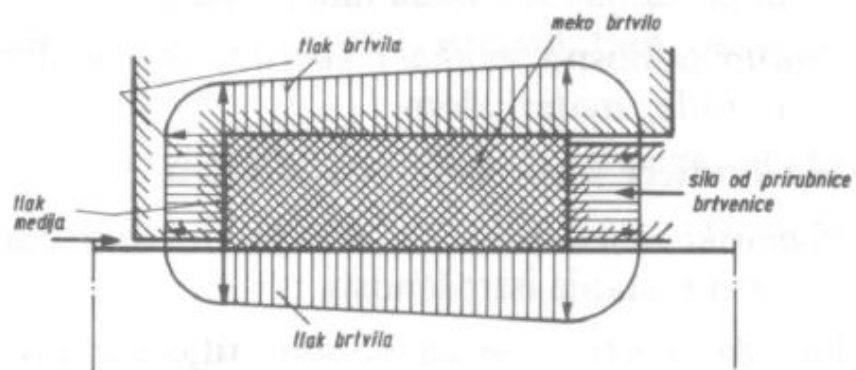
Stlačive brtve, kod kojih se brtveni efekt postiže poprečnim deformacijama dobivenim tlačenjem na brtvilo.

[Decker 1987, str. 466]

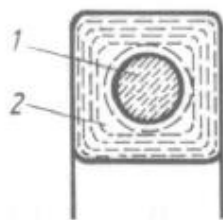
Brtvenice s mekim brtvilom postižu potreban tlak brtvenja vanjskom silom, prema primjeru na slici 475, vijcima. Plastičnom deformacijom brtvila dobiva se radijalni tlak brtvenja, koji smanjuje zračnost između brtvila i motke i brtvila i kućišta na mjeru potrebnu za brtvenje. Da brtveni medij ne bi izlazio, potrebno je da tlak brtvenja bude veći nego tlak medija koji se brtvi.



[Decker 1987, str. 468]



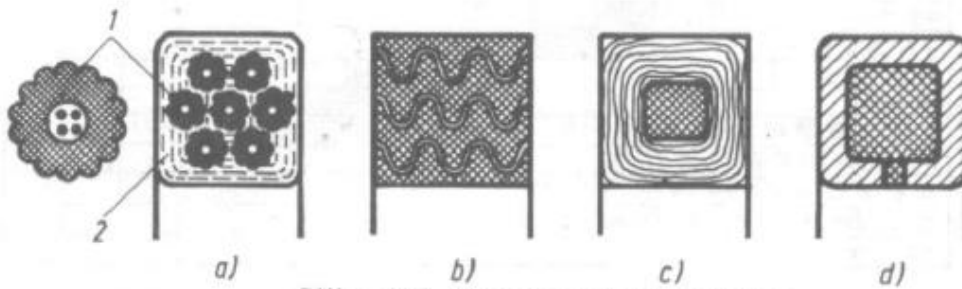
Slika 478. Shematski prikaz prostora i načina djelovanja meke brtve



Slika 477. Meka brtva s gumenom jezgrom 1 i pamučnim pletivom 2



Slika 480. Meka metalna brtva



Slika 479. Metal-nemetalne brtve

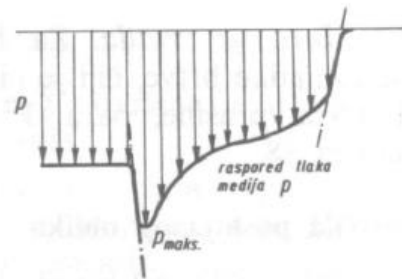
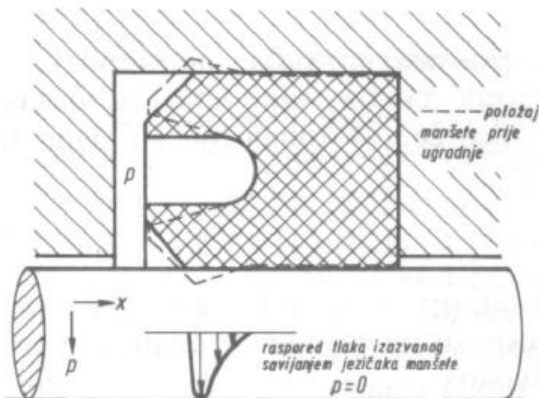
a) s metalnim žicama; b) s metalnim lamelama; c) s metalnim folijama; d) s metalnim šupljim prstenom

4. Automatske brtve

Automatske brtve (hidraulik brtve), kod kojih se potreban tlak brtvenja ostvaruje pogonskim tlakom.

[Decker 1987, str. 468]

Prilikom ugradnje brtve daje se određeno predopterećenje. Pogonskim tlakom dolazi do nalijeganja brtve na vratilo, odnosno motku.

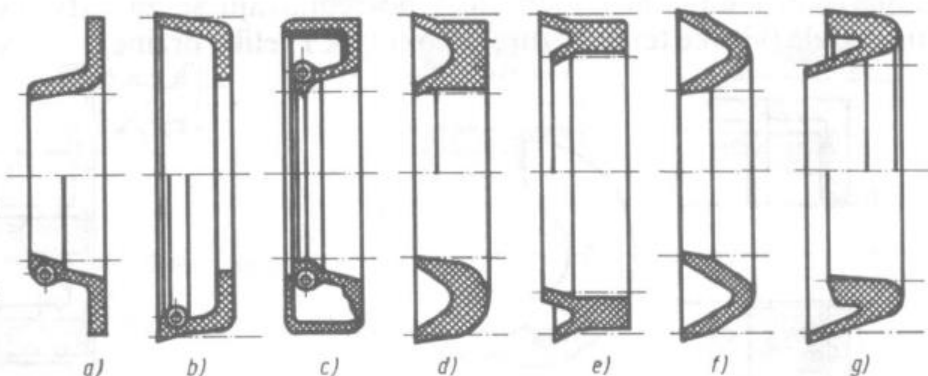


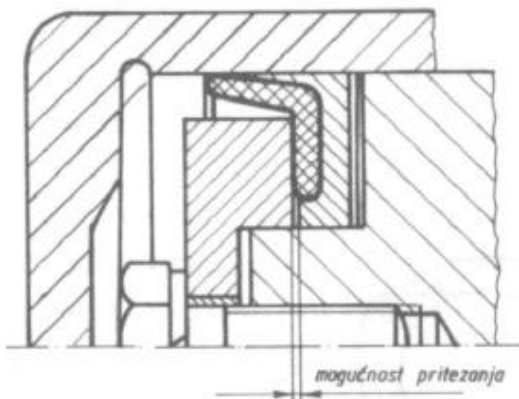
Slika 481. Način djelovanja manšete pri brtvenju

Slika 482.

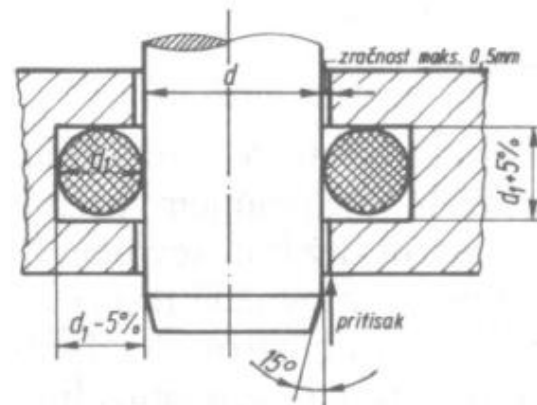
Manšete za brtvenje

- a) u obliku šešira;
- b) u obliku lonca;
- c) manšete za brtvenje vratila;
- d) i e) manšete s utorom;
- f) manšete u obliku strehe;
- g) manšete s usnicama

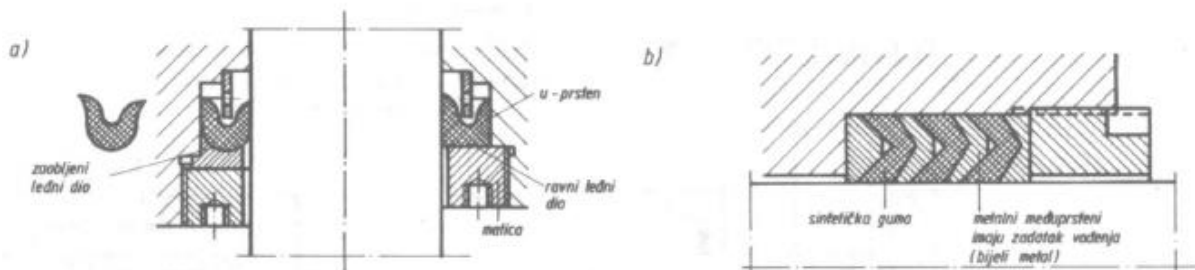




Slika 483. Jednostavna manšeta u obliku šešira



Slika 485. Brtvenje O-prstenom



Slika 484. Primjer ugradnje dvostruke manšete
a) s ravnim i zaobljenim leđnim dijelom;
b) manšete od sintetičke gume u obliku strehe

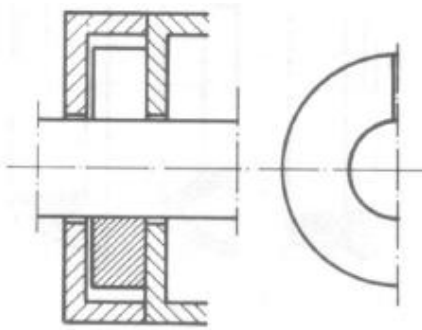
5. Brtve postojanog oblika

Brtve postojana oblika (tvrda brtvila), kod kojih se potreban tlak brtvenja ostvaruje pomoću pogonskog tlaka medija.

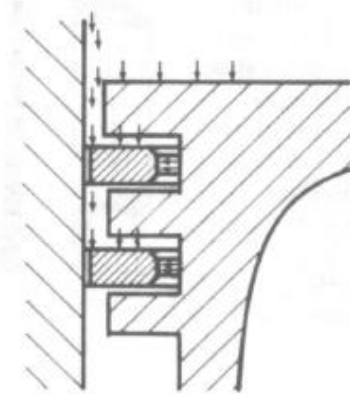
[Decker 1987, str. 470]

Za razliku od brtvila koja se deformiraju, ostvaruje se brtvenje brtvilima postojana oblika svođenjem presjeka propusnosti na najmanju moguću mjeru i dobrim prilagođavanjem obiju brtvenih površina.

Materijal su legure bijele kovine, specijalne bronce, sivi lijev, umjetni uglj, sinterirani i umjetni materijali. Upotrebljavaju se za brtvenje u teškim uvjetima rada (visoke temperature, visoki tlak i velike brzine).



Slika 487. Prorezani prsten s opružnim djelovanjem prema unutra, za visoke temperature



Slika 488. Prorezani prsten s opružnim djelovanjem prema van (klipni prsten)

[Wittel 2011, str. 676]

Ringdichtungen

Zu den Ringdichtungen gehören die Kolbenringe und PTFE-Ringe.

Kolbenringe sind meist einfach radial geschlitzte rechteckige Ringe aus in der Regel Sonderguss, die durch die Eigenfederung dicht an der Zylinderwand anliegen. Die wirksame Dichtpressung wird wie bei den Formdichtungen durch den Betriebsdruck erzielt. Sie werden vorwiegend in Verbrennungsmotoren und bei dynamisch hochbelasteten Kolben- und Stangendichtungen eingesetzt. Neben der Druckabdichtung werden sie auch als Führungs- und in Sonderbauform als Ölabbstreifring eingesetzt.

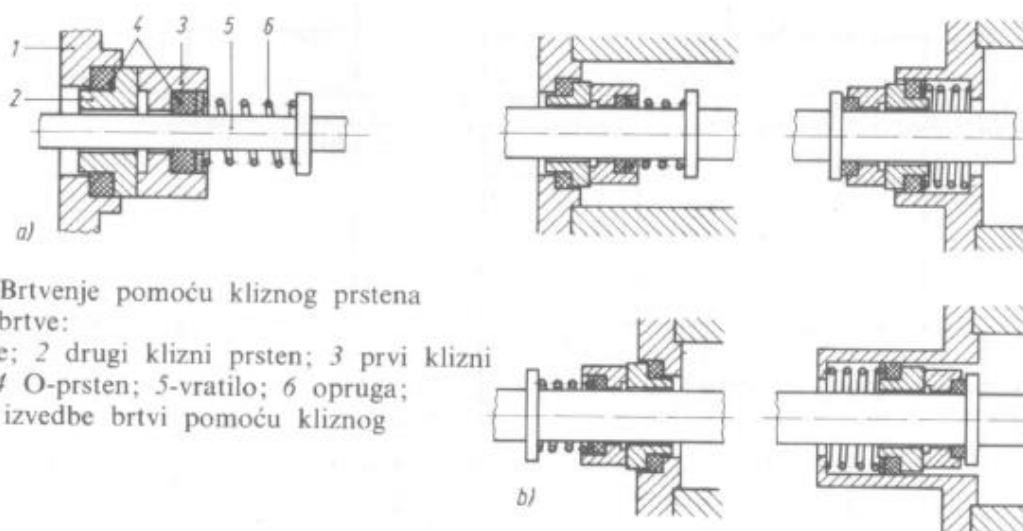
PTFE-Ringe bestehen aus einem Laufring aus PTFE, der von einem O-Ring, der im Nutgrund liegt, angepresst wird, **Bild 19-29**. Wie bei den Kolbenringen ist die Reibung auch bei hohen Drücken sehr niedrig. Deshalb und da der Anlauf auch bei schlechterer Schmierung ruckfrei erfolgt (kein Stick-Slip-Effekt), verdrängen sie zunehmend die Manschettendichtungen.

6. Aksijalne brtve

[Decker 1987, str. 471]

Razlikuju se u osnovi od ostalih brtvi. Brtvena površina je u ravnini okomitoj na os vrtnje, a ne na cilindričnoj površini vratila.

Namijenjene su isključivo rotirajućim strojnim dijelovima, pretežno za brtvenje tekućine (ali mogu brtviti plinove i pare), na temperaturi do 200 °C (i više). Upotrebljavaju se kod centrifugalnih pumpi, zupčastih pumpi, bubnjeva za sušenje, miješalica. Gubici zbog propusnosti su niski, nije potrebno posebno održavanje, a efekt brtvenja nezavisan je od trošenja, te malog aksijalnog i radijalnog pomicanja vratila.



Slika 490. Brtvenje pomoću kliznog prstena

a) dijelovi brtve:

1 kućište; 2 drugi klizni prsten; 3 prvi klizni prsten; 4 O-prsten; 5-vratilo; 6 opruga;

b) različite izvedbe brtvi pomoću kliznog prstena

[Wittel 2011, str. 672]

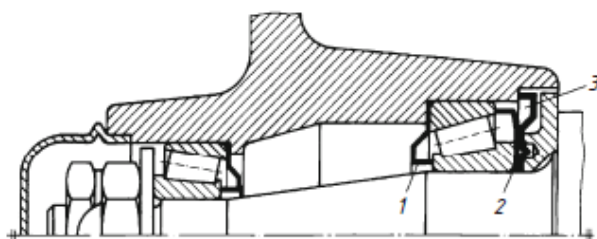


Bild 19-21

Federnde Abdeckscheiben (Werkbild):

1 am Innenring schleifend, 2 am Außenring schleifend, 3 mit Fettkammer

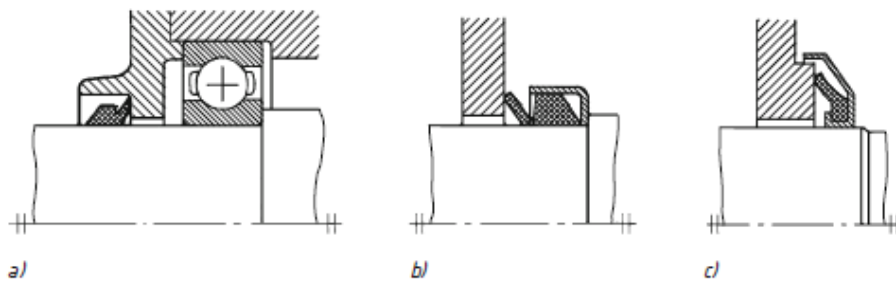


Bild 19-22 V-Ringe. a) Grundform, b) mit Haltering, c) Gamma-Ring

12 Elementi strojeva 2

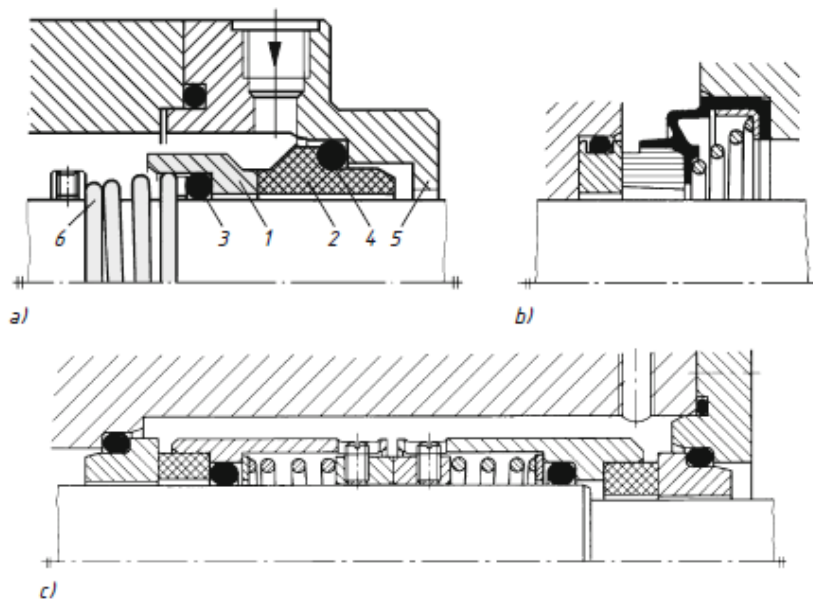


Bild 19-23 Axial-Gleitringdichtung. a) mit Welle umlaufend, nicht entlastet, Innenanordnung, b) stationär, nicht entlastet, mit Welle umlaufend, c) doppelwirkend, die dem Medium abgewandte Seite druckentlastet durch Wellenabsatz (Werkbilder)

7. Materijali za izradu dinamičkih brtvi

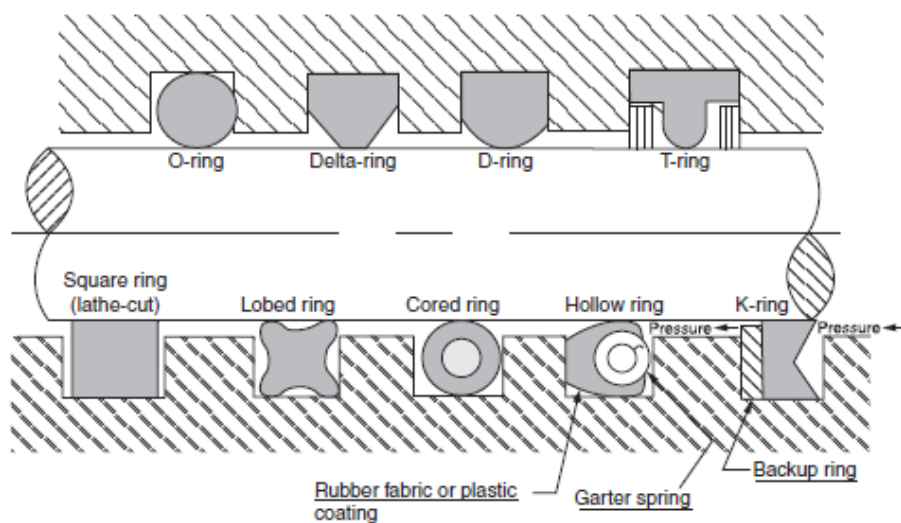
[Avallone 2006, str. 769]

Type	Service principally for
Sheet rubber	Water
Cloth-inserted rubber sheet	Water
Cork composition, cellulose fiber sheet	Oil, low-pressure
Rubberized cloth (Fig. 8.6.9)	Hot water (boiler manholes, etc.)
Compressed fiber sheet	All services up to 750°F (400°C)
Corrugated sheet metal with filling (Fig. 8.6.5)	Steam, oil at high temperatures
Metal jacket over compressible fiber center (Fig. 8.6.6)	Steam, oil at high temperatures
Spirally wound steel strip with intervening graphite layers (Fig. 8.6.7)	Steam, oil at high temperatures

*Asbestos material may be found in old equipment; current, new, and/or replacement parts are made of other materials suitable to the service.

8. Prstenaste brtve

[Avallone 2006, str. 769]



9. **Brtvljenje kliznim prstenom**

Filzringe		vgl. DIN 5419 (1959-09)											
Einbaumaße:		Abmessungen			Einbaumaße			Abmessungen			Einbaumaße		
d_1	d_2	b	d_3	d_4	f	d_1	d_2	b	d_3	d_4	f		
20	30	4	21	31	3	60	76	6,5	61,5	77	5		
25	37	5	26	38	4	65	81	6,5	66,5	82	5		
30	42	5	31	43	4	70	88	7,5	71,5	89	6		
35	47	5	36	48	4	75	93	7,5	76,5	94	6		
40	52	5	41	53	4	80	99	7,5	81,5	99	6		
45	57	5	46	58	4	85	103	7,5	86,5	104	6		
50	66	6,5	51	67	5	90	110	9,5	92	111	7		
55	71	6,5	56	72	5	100	124	10	102	125	8		

d_1 von 17...180 mm

f H13

⇒ Filzring DIN 5419 M5-40: Filzring mit $d_1 = 40$ mm, Filzhärte M5

[Wittel 2011, str. 671]

Dva su primjera ugradbe prstenaste profilne brtve od filca u dinamičke brtvljene spojeve:

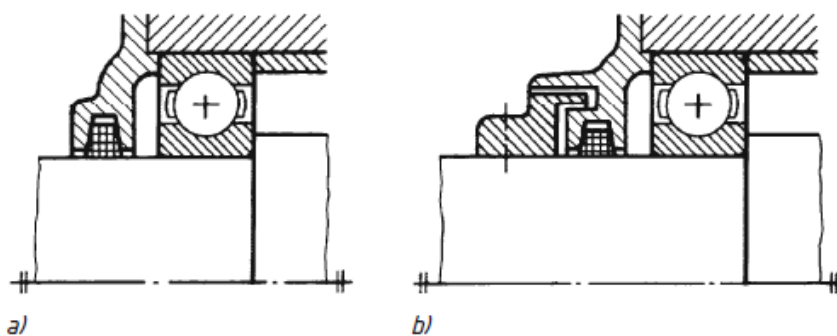


Bild 19-20
 Filzringdichtung.
 a) als Hauptdichtung
 b) als Zusatzdichtung

10. **O-prsteni**

14 Elementi strojeva 2

O-Ringe vgl. DIN 3771-1 (1984-12) und -5 (1993-11)

Einbaumaße nach DIN 3771-5:

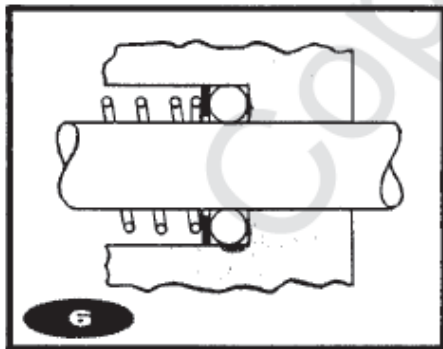
d_1 von 1,8...670 mm,
 d_2 von 1,8...7 mm

d_1	d_2	d_1	d_2	d_1	d_2	d_1	d_2
5		18		56		85	
6		20		58		90	
8	1,8	25	2,65 3,55	60		95	
9		28		63		100	
10		30		67	3,55 5,3	103	3,55 5,3
14		40		69		106	
15		45		71		109	
16	1,8 2,65	50	3,55 5,3	75		112	
17		53		80		115	

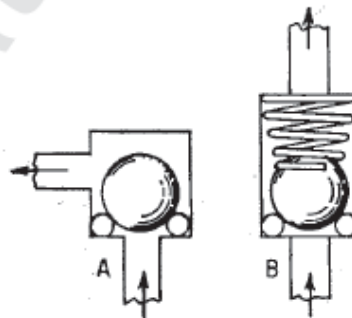
Einbaumaße bei ruhender Belastung

d_2	r_1	r_2	innen- und außendichtend			axialdichtend	
			b	innen	außen	b	h
				h			
1,8	0,3	0,2	2,4	1,4	1,3	2,6	1,3
2,65			3,6	2,1	1,95	3,8	2
3,55	0,6	0,2	4,8	2,85	2,65	5	2,75
5,3			7,1	4,3	4,15	7,3	4,25

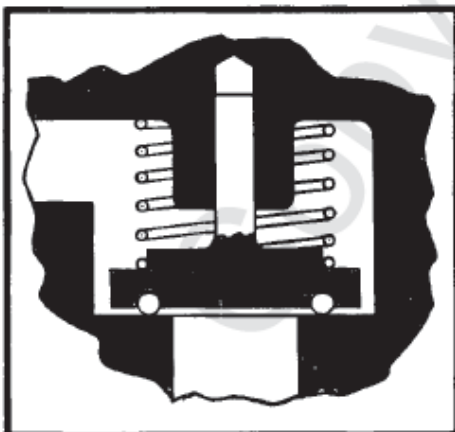
11. **Primjeri korištenja o-prstena**
[Parmley 2005, str. 17-4]



Single-ring gland . . .
is ideal for low pressures and high-viscosity fluids. If necessary, another ring may be installed.

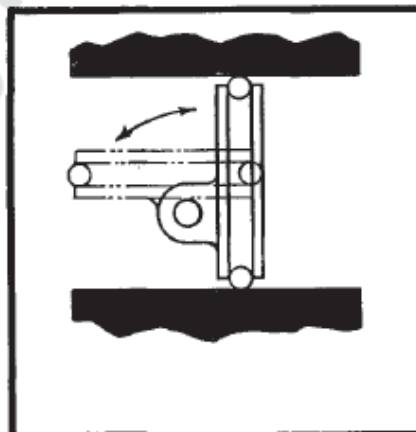


13



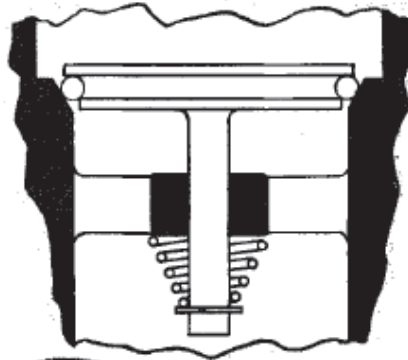
15

High-pressure check valve . . .
shown here cannot allow release of back-pressure but could be easily modified to do this by letting valve stem protrude.



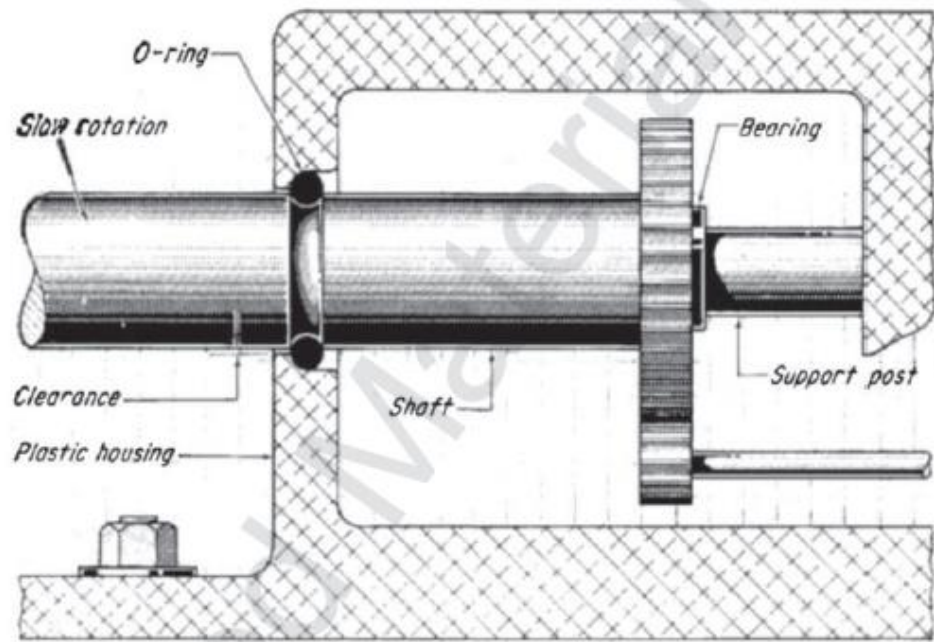
16

Butterfly valve . . .
can become a check valve if it is unbalanced; otherwise, it will act as normal two-way valve.



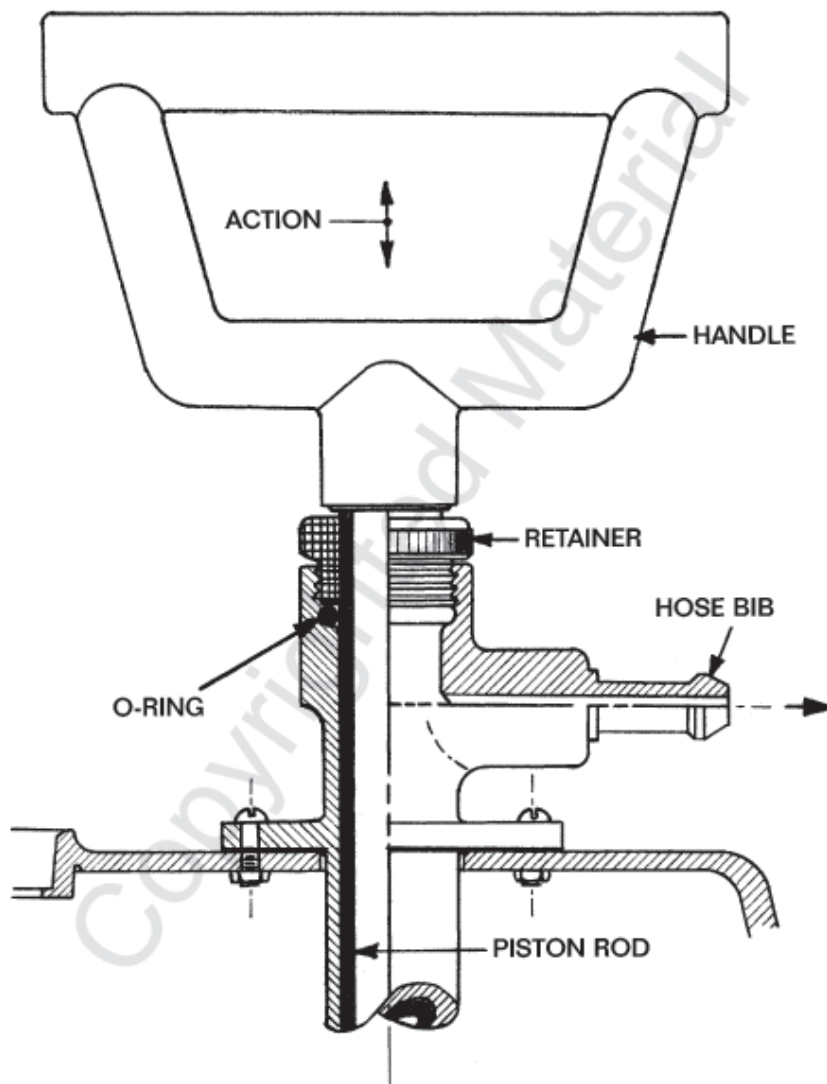
14

Checkvalves . . .
 may have ball free (A); or spring-loaded (B). Back pressure will always force ball onto seat provided that gravity first helps locate ball on seat. Heavier-duty checkvalve (14) can be opened to allow back pressure to escape if necessary for shutdown etc.



1

SEAL FOR SLOWLY ROTATING SHAFT



C-Manual Pump Seal

The O-ring, which is seated by the threaded retainer, provides a water-tight seal for the up & down action of the piston rod.

12. **Prstenaste profilne brtve**
[Wittel 2011, str. 670]

Prstenaste profilne brtve za dinamičke brtvljene spojeve izrađuju se u različitim oblicima uz korištenje različitih materijala:

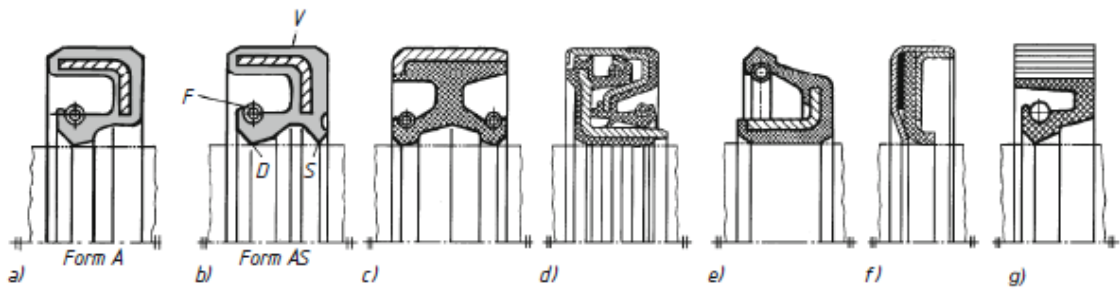


Bild 19-17 Bauformen der Radial-Wellendichtringe. a) und b) nach DIN 3760 ohne (Form A) und mit Staublippe (Form AS), c) mit Metallsitz und zwei Dichtlippen zum Trennen zweier unterschiedlicher Medien, d) Kassettendichtung für sehr große Schmutzbelastung, e) außendichtend vorzugsweise für umlaufende Außenteile, f) für höhere Drücke und mit PTFE-Dichtlippe, g) mit Gewebeeinlage anstelle Metallring für große Durchmesser (auch geteilt)

Radial-Wellendichtringe		vgl. DIN 3760 (1996-09)													
Form A		Form AS		d_1	d_2	b	d_3	d_1	d_2	b	d_3	d_1	d_2	b	d_3
10	22	26	7	8,5	28	40	52	7	25,5	50	65	72	8	46,5	
	25	-				47	-				68	-			
12	22	30	7	10	30	40	47	8	27,5	55	70	80	8	51	
	25	-				42	52				72	-			
14	24	30	7	12	32	45	52	8	29	60	75	85	8	56	
	26	35				47	-				80	-			
15	30	-	7	13	35	47	52	8	32	65	85	90	10	61	
	30	-				50	55				70	90			95
16	30	35	7	14	38	50	55	8	35	75	95	100	10	70,5	
	30	-				52	62				80	100			110
18	30	35	7	16	40	55	62	8	37	85	110	120	12	80,5	
	35	-				55	-				90	110			120
20	35	47	7	18	42	55	62	8	38,5	95	120	125	12	90,5	
	40	-				60	65				120	125			
22	35	47	7	19,5	45	62	-	8	41,5	100	120	130	12	94,5	
	40	-				62	-				125	-			
25	40	52	7	22,5	48	62	-	8	44,5	100	125	-	12	94,5	
	40	52				48	62				125	-			

Einbaumaße:
 ✓ = drallfrei
 mit Ra0,2 bis Ra0,8 oder Rz1 bis Rz5
 $b + 0,3_{\min}$
 $0,85 \cdot b_{\min}$
 $R0,5_{\max}$
 10° bis 20°
 15° bis 30° a)
 d_2, HB
 $d_1, H11$
 d_3
 a) = Kanten gerundet
 d_1 von 6 ... 500 mm

⇒ RWDR DIN 3760 – A25 x 40 x 7 – NB: Radial-Wellendichtring (RWDR) der Form A mit $d_1 = 25$ mm, $d_2 = 40$ mm und $b = 7$ mm, Elastomerteil aus Nitril-Butadien-Kautschuk (NB)

[Wittel 2011, str. 676]

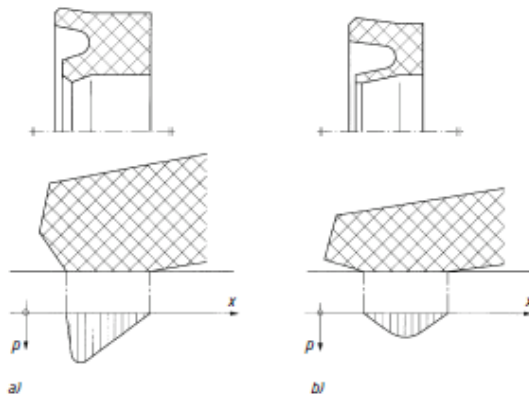


Bild 19-28 Form der Dichtlippe und Presungsverteilung bei Nutringen. a) für Hydraulik und b) Pneumatik

[Wittel 2011, str. 670]

Tri su primjera ugradbe prstenastih profilnih brtvi u dinamičke brtvljene spojeve:

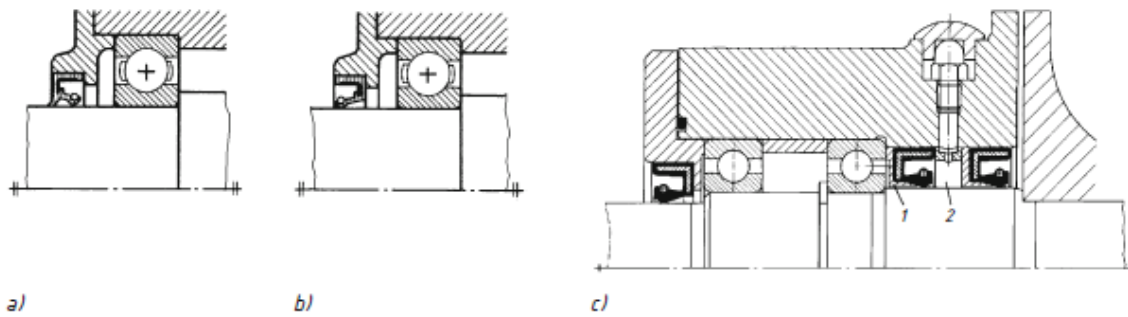


Bild 19-18 Einbaubeispiele für RWDR mit Abdichtung gegen: a) Schmiermittelaustritt, b) vorzugsweise Spritzwassereintritt, c) Wasser mit leichter Druckbeaufschlagung: 1 Stützring, 2 Fettfüllung

13. **Kombinierte brtve**
 [Wittel 2011, str. 677]

Der Nachteil der Ringdichtungen ist der gegenüber den Formdichtungen relativ große Leckverlust, der durch entsprechende Formgebung etwas verringert werden kann. Wenn geringe Leckverluste gefordert werden, werden häufig Dichtsysteme eingesetzt, z. B. eine Kombination von Abstreifer, Nutring als Sekundärdichtung, PTFE-Ring als Hauptdichtung und Führungsring, **Bild 19-29**. Der PTFE-Ring dichtet den Druck ab, der dann nur mit geringem Druck beaufschlagte Nutring sorgt für das Abstreifen des Ölfilms, und der Abstreifer schützt die Dichtungen vor Verschmutzung. Da nicht metallische Dichtungen keine Führung von Wellen, Kolben bzw. Stangen übernehmen dürfen, sind ein oder zwei Führungsringe immer erforderlich.

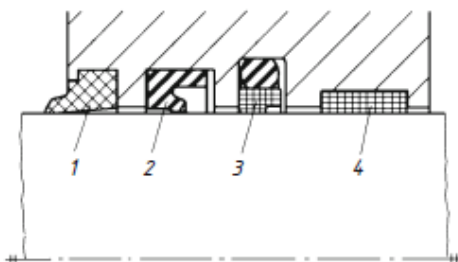
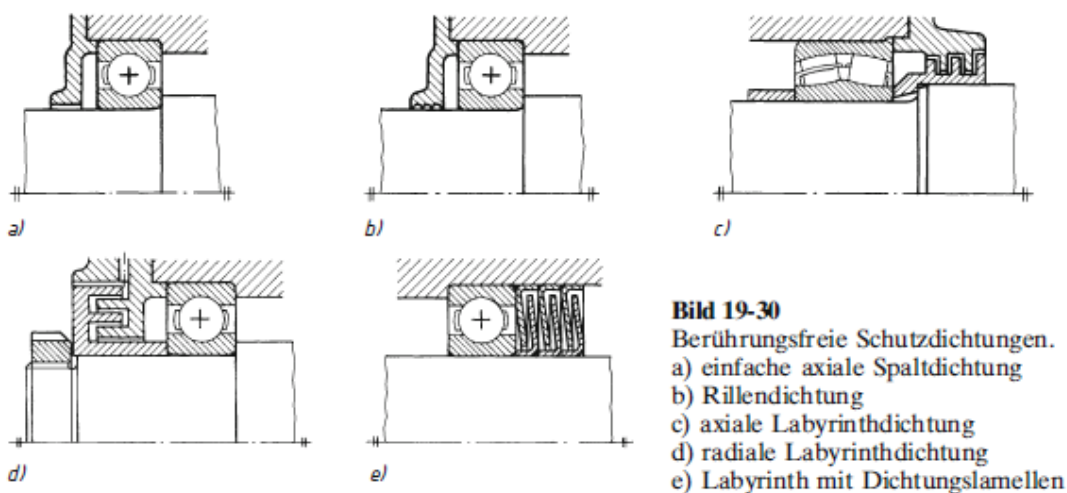


Bild 19-29
 Dichtsystem.
 1 Abstreifer, 2 Nutring, 3 PTFE-Ring, 4 Führungsring

14. **Bezdirne dinamičke brtve sa zračnošću**

BEZDIRNE BRTVE SA ZRAČNOŠĆU	
aksijalne	radijalne

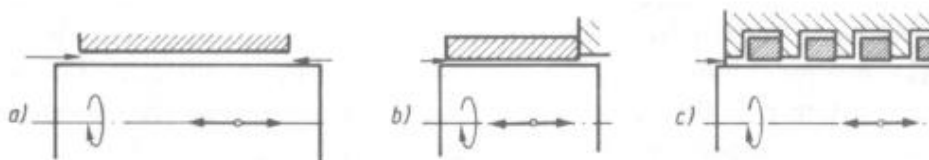
[Wittel 2011, str. 678]



[Decker 1987, str. 473]

AKSIJALNE

To su najjednostavniji oblici bezdodirnih brtvi. Zavisno od toga da li je strujanje laminarno ili turbulentno, pad tlaka nastaje unutarnjim trenjem ili unutarnjim vrtloženjem fluida (sl. 493a, b, c). Teškoće pri upotrebi ovdje su u održavanju uskih granica zračnosti. Međutim samocentriranje, za koje se potrebne sile mogu točno izračunati, javlja se kao važno svojstvo zračnosti.



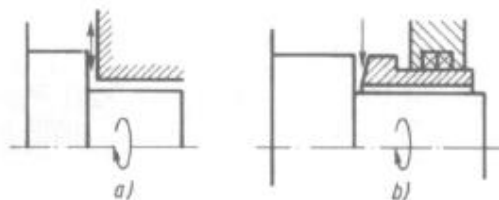
Slika 493. Shematski prikaz bezdodirnih aksijalnih brtvi
a) jednostavna; b) s tuljkom; c) s plivajućim prstenom

RADIJALNE

Radijalne bezdodirne brtve sa zračnošću, a bez mogućnosti nastavljanja zračnosti (sl. 494a) razlikuju se od aksijalnih samo položajem ravnine zračnosti; ovdje je zračnost u vertikalnoj ravnini.

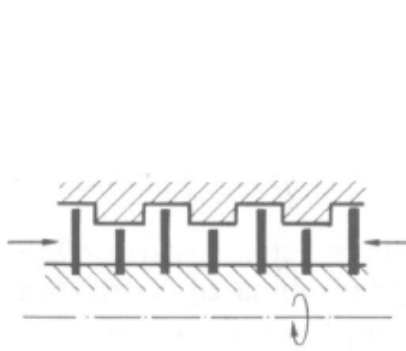
Slika 494. Shematski prikaz bezdodirnih radijalnih brtvi

a) bez mogućnosti nastavljanja zračnosti;
b) s mogućnošću nastavljanja zračnosti

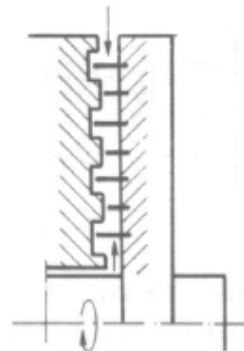


15. **Labirint brtve**
[Decker 1987, str. 474]

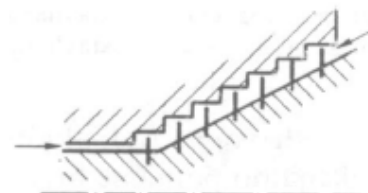
Dobivaju se serijskim razmještajem prigušnih mjesta na kojima se energija tlaka pretvara u energiju gibanja. Stvorena energija gibanja poništava se, zapravo pretvara u slijedećoj komori zbog vrtloženja i udara u toplinsku energiju. Da bi se ostvarilo potpuno vrtloženje, a time prije slijedećeg mjesta vrtloženja i brzina blizu nule, potrebne su promjene smjera. To se postiže pregradnim stijenama (labirintima). Količina protoka zavisi, osim od pada tlaka od širine zračnosti prigušnog mjesta, a prije svega od broja z serijski uzastopno smještenih prigušnih mjesta. Kod nestlačivih medija:



Slika 495. Aksijalna labirintna brtva



Slika 496. Radijalna labirintna brtva



Slika 498. Stepenovana labirintna brtva

[Wittel 2011, str. 678]

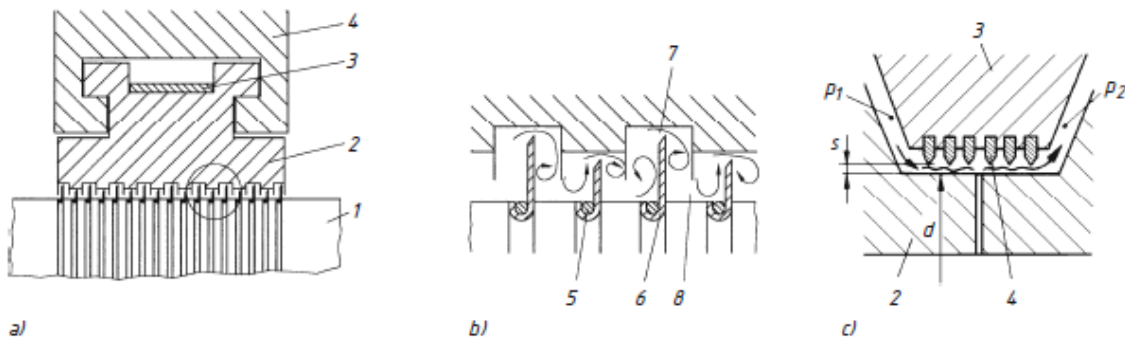


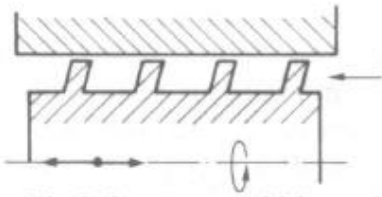
Bild 19-31 Strömungsdichtung an einer Dampfturbine. a) Teil der Abdichtung des Turbinengehäuses am Wellendurchmesser: 1 Welle, 2 federnde Buchse, 3 Feder, 4 Gehäuse, b) Ausschnitt: 5 Stemm-draht, 6 Drosselblech, 7 Spalt (Drosselstelle), 8 Ringkammer, c) Abdichtung des Leitrades gegen die Welle: 2 Laufrad auf Welle, 3 Leitrad, 4 Messingscheiben

16. Labirint brtve sa zračnošću

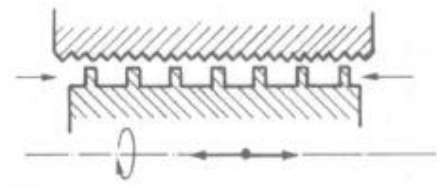
[Decker 1987, str. 475]

Predstavljaju sredinu između brtvenja pomoću zračnosti i pravog labirintnog brtvenja. Pri tome postoje prigušna mjesta s manjom ili većom brzinom. Protoci su kod ovih brtvi niži nego kod brtvi sa zračnošću. Prednost je u nesmetanoj međusobnoj aksijalnoj pomičnosti.

Prema učešću površina brtvenih zračnošću određeno je ponašanje brtve kao više slično brtvenju zračnošću, odnosno više slično labirintnom brtvenju. Zbog mnogih utjecajnih veličina danih načinom oblikovanja zračnosti, određivanje propusnosti nije moguće bez pokusa, što čini razliku u odnosu na prethodne brtve.



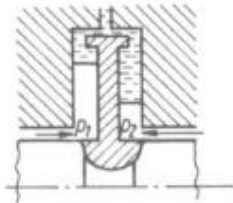
Slika 499. Jednostavna labirintna brtva



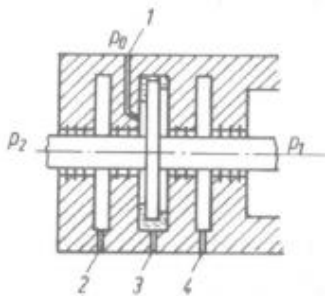
Slika 500. Dvostruka labirintna brtva

17. **Brtve s tekućinom**
[Decker 1987, str. 475]

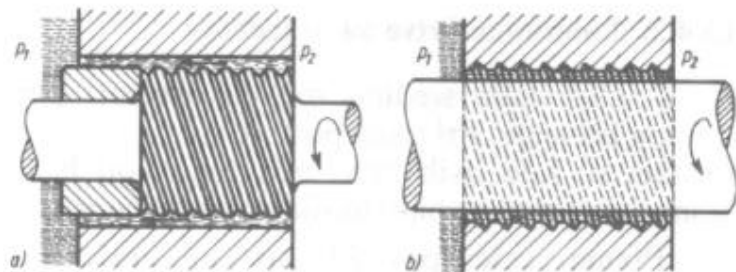
Za potpuno brtvenje, kao što je npr. potrebno kod brtvenja otrovnih medija, upotrebljava se tekućina kao sredstvo za zatvaranje prolaza medija koji se brtvi. Kod brtvenica se potreban tlak za brtvenje ostvaruje u samoj brtvi, a kod brtvenja pomoću tekućine dovodi se taj tlak tekućini izvana. Za niski tlak kojeg treba brtviti dovoljna je statička visina tekućine kojom se brtvi. Tlak se može povećati upotrebom žive.



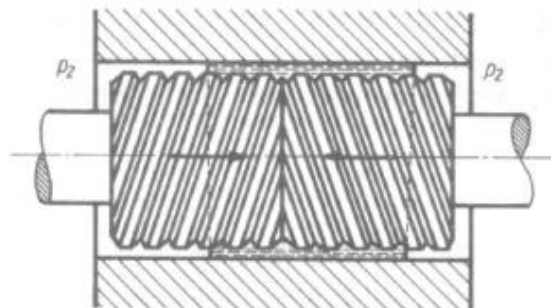
Slika 501. Brtvenje pomoću vodenog prstena



Slika 502. Brtvenje pomoću tekućine s pretlakom
1 ulaz tekućine, 2 ulaz plina koji se brtvi, 3 izlaz tekućine, 4 isisavanje plina



Slika 503. Brtvenje jednostavnim navojem
a) na vratilu; b) u kućištu



Slika 504. Brtvenje dvostranom brtvom s navojem

18. **Membranske brtve**
[Decker 1987, str. 476]

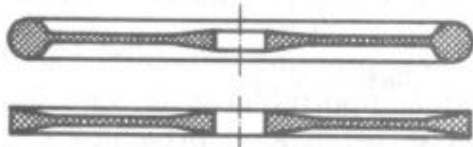
Ove se brtve mogu samo uvjetno ubrojiti u bezdodirne brtve. One su zapravo posebna grupa brtvi. Za dijelove koji se kreću tamo-amo s malim brojem hodova u jedinici vremena upotrebljavaju se dijelovi koji se mogu jako deformirati – valovite cijevi, membrane od tombaka, mesinga, nemetala, nehrđajućeg čelika, umjetne gume, koje povezuju pomični dio s dijelom koji stoji. Prednost tih brtvi je potpuna nepropusnost. Kod okretnih gibanja može se ovim brtvama ograničeno brtviti.

Prema obliku razlikujemo:

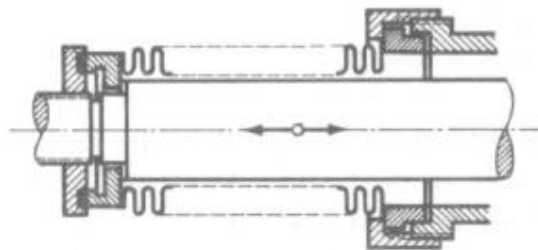
Valovite cijevi izrađene od tvrdih materijala (čelik, tombak) ili mekih guma, teflona, upotrebljavaju se najčešće za brtvenje zapornih organa i za najveći tlak. Na slici 506 prikazana je takva brtva od valovite cijevi.

Plosnate ravne i valovite membranske brtve. Poznate su ravne membrane kod membranskih pumpi ili valovite membrane kod manometara. Na slici 505 prikazane su plosnate membrane od gume za male razlike tlaka i male hodove. Ove brtve imaju često pored funkcije brtvenja i funkciju klipa.

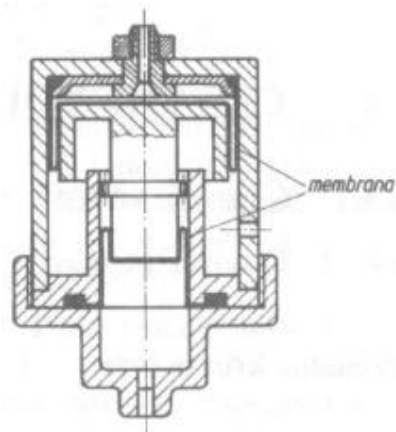
Pregibne membrane dolaze u obzir za veće hodove, posebno u području hidrauličke i pneumatske regulacione tehnike. To su tankostijene fleksibilne lončaste posude izrađene od perbunana, s ulošcima. Upotrebljavaju se za brtvenje klipova i vretena. Na slici 507 prikazana je pregibna klipna brtva.



Slika 505. Plosnata membranska brtva



Slika 506. Membransko brtvenje pomoću valovite cijevi



Slika 507. Brtvenje pregibnom membranskom brtvom

19. **Oblikovanje dinamičkih brtvi**
 [Wittel 2011, str. 674]

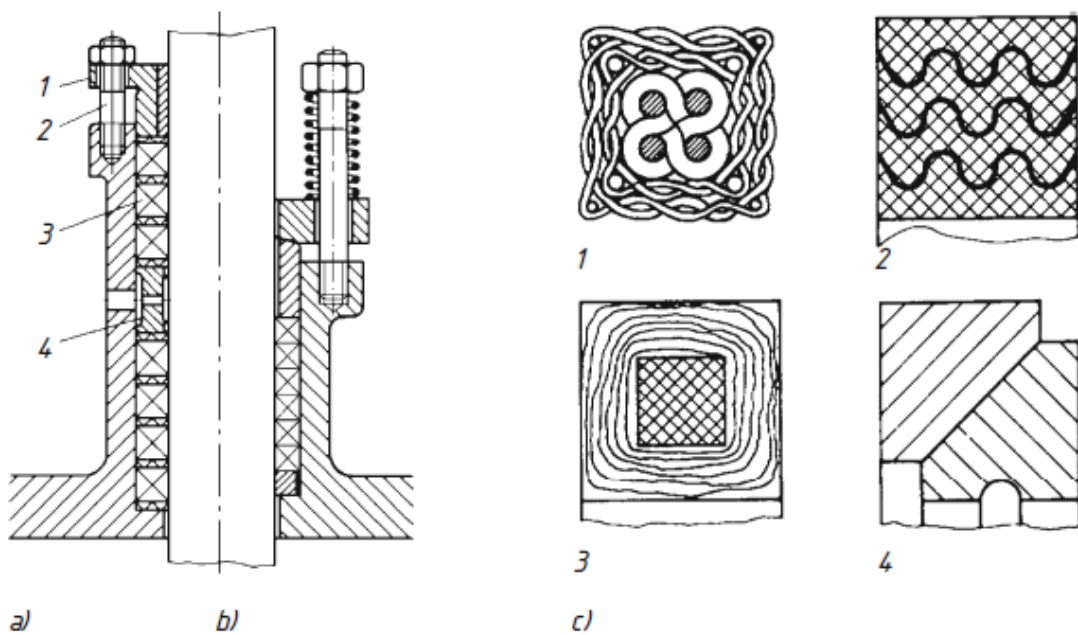


Bild 19-25 Stopfbuchsen. a) Aufbau mit Schmierlaterne, b) mit selbsttätiger Nachstellung über Federn, c) Stopfbuchspackungen: **1** Geflechtpackung, **2** und **3** Metall-Weichstoffpackungen, **4** Weichmetallpackung (Kegelpackung)

[Wittel 2011, str. 675]

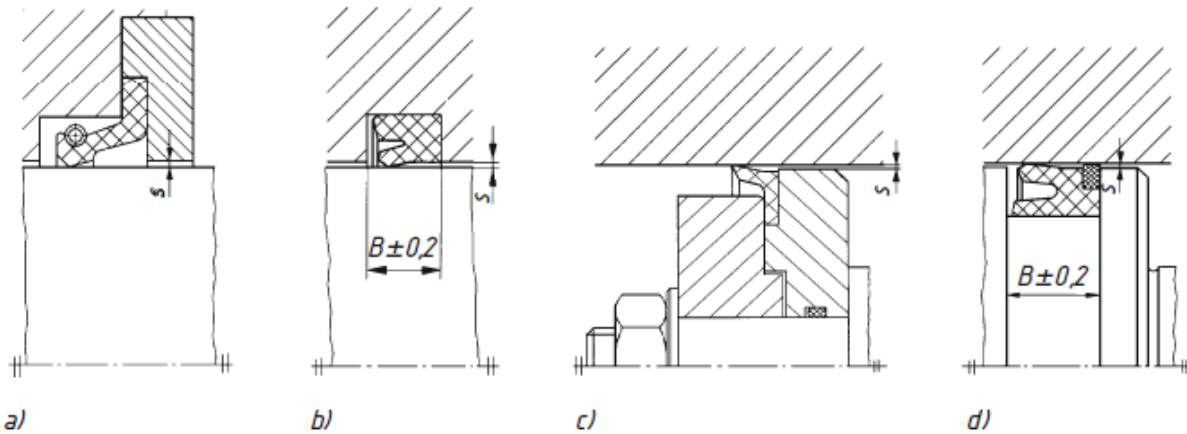


Bild 19-26 Lippendichtungen. a) Hutmanschette mit Feder, b) Nutring, c) Topfmanschette, d) Nutring mit Backring

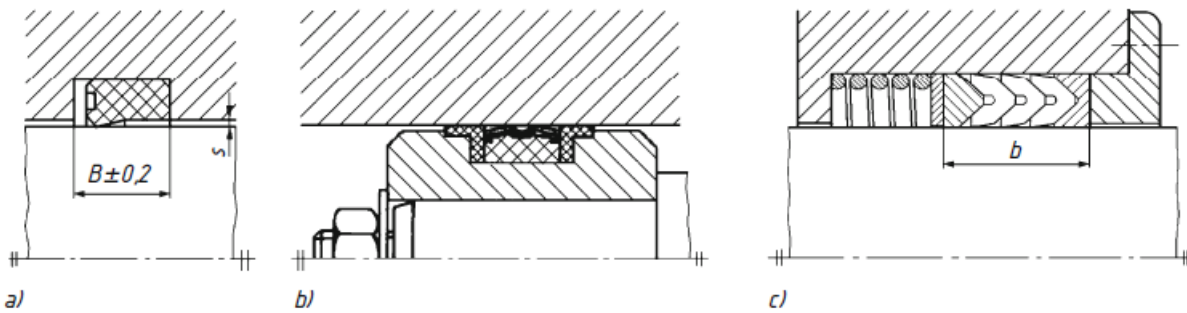
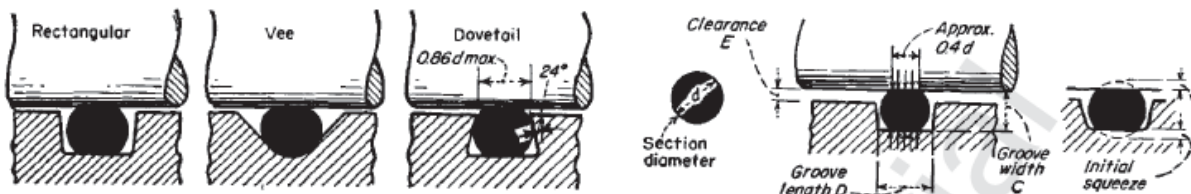


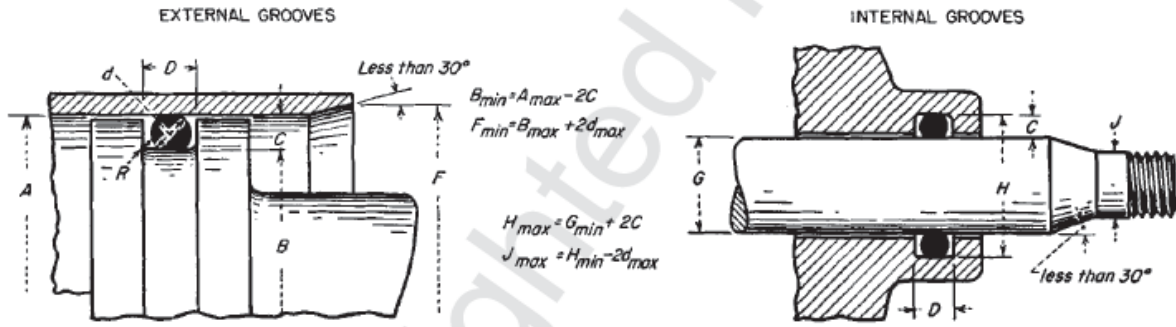
Bild 19-27 Kompaktdichtungen. a) Grundtyp, b) Kolbendichtung mit Führungsbackringen, c) Dachmanschettensatz

[Parmley 2005, str. 17-14, 17-15]



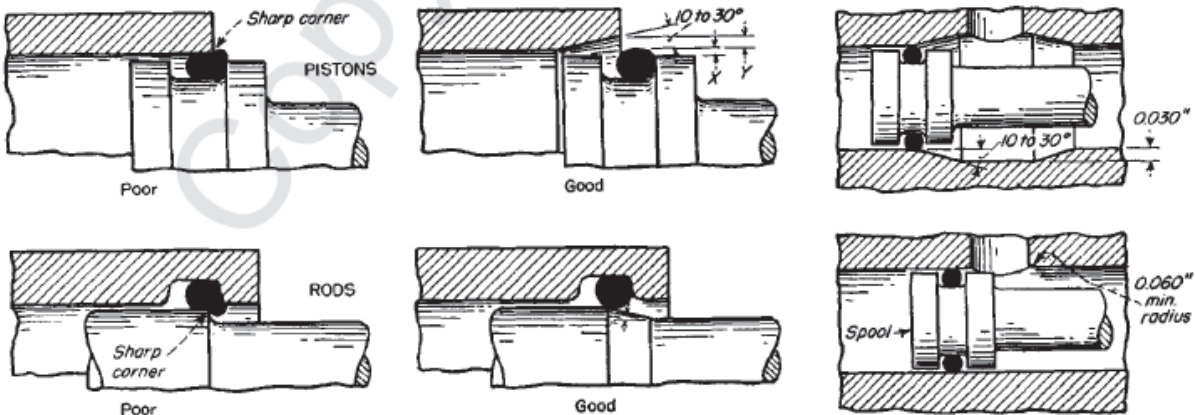
1 Rectangular grooves are recommended for most applications, whether static or dynamic. Slightly sloping sides (up to 5 deg) facilitate machining with form tools. Where practical, all groove surfaces should have the same degree of finish as the rod or cylinder against which the O-ring operates. The Vee type groove is used for static seals and is especially effective against low pressures. The dovetail groove reduces operating friction and minimizes starting friction. The effectiveness of the seal with this groove is critical depending upon: pressure, ring squeeze and angle of undercut. In general, the groove volume should exceed the maximum ring volume by at least 15 percent.

2 To insure a positive seal, a definite initial squeeze or interference of the ring is required. As a rule, this squeeze is approximately 10 percent of the O-ring cross sectional diameter d . This results in a ring contact distance of approximately 40 percent under zero pressure and can increase as much as 80 percent of the cross section diameter depending on pressure and composition of the ring. Starting friction can be reduced somewhat by decreasing the amount of squeeze but such a seal would be only moderately effective at pressures above 500 psi. Table I lists the recommended dimensions and tolerances for O-ring grooves for both static and dynamic applications.



3 On small diameters, to facilitate machining, O-ring grooves should be located on the ram or rod rather than on an inside surface. For larger diameters, grooves can be machined either way. One important factor is that the rubbing surfaces must be extremely smooth. The recom-

mended dimensional data in Table I and listed under dynamic seals should be used for these applications. All cylinders and rods should have a gradual taper to prevent damage to the O-ring during assembly. Equations are listed for calculating limiting dimensions for both external and internal grooves.



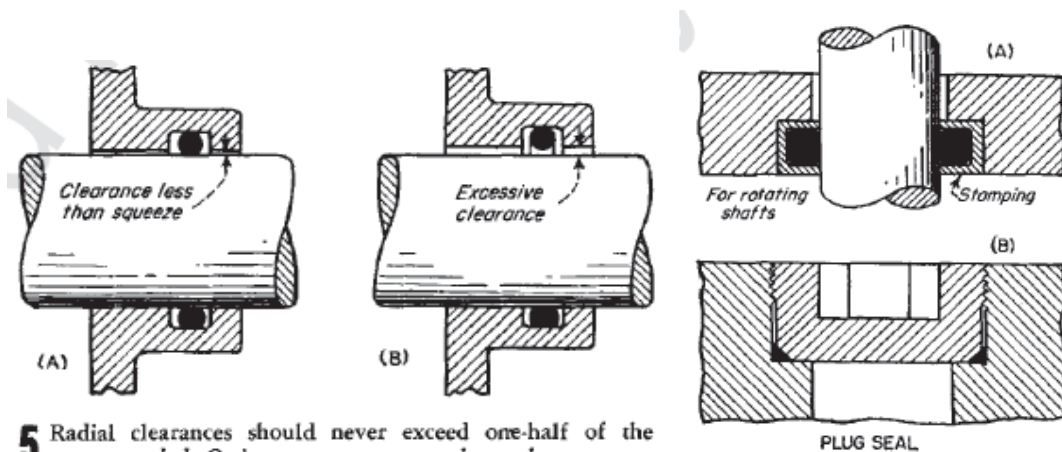
6 To facilitate assembly, all members which slide over O-rings should be chamfered or tapered at an angle less than 30 degrees. An alternative method is to use a generous radius. Such details prevent any possibility of pinching or cutting the O-ring during assembly.

7 Undercut all sharp edges, or cross-drilled ports over which O-rings must pass. While under pressure, rings should not pass over ports or grooves.

Table I—Dimensional Data for Standard AN or J.I.C. O-Rings and Gaskets

Specification AN 6227 or J. I. C. O-Ring Dash Number	Nominal Ring Section Diameter	d Actual Section Diameter	For Static Seals		For Dynamic Seals		D Groove Length**	R Minimum Radius	2E Diametral Clearance (maximum)	Eccentricity (maximum)
			Diametral Squeeze* (minimum)	Groove Width +0.000 -0.005	Diametral Squeeze* (minimum)	Groove Width +0.000 -0.001				
1 to 7	1/16	0.070±0.003	0.015	0.052	0.010	0.057	3/32	1/64	0.005	0.002
8 to 14	3/32	0.103±0.003	0.017	0.083	0.010	0.090	9/64	1/64	0.005	0.002
15 to 27	1/8	0.139±0.004	0.022	0.113	0.012	0.123	3/16	1/32	0.006	0.003
28 to 52	3/16	0.210±0.005	0.032	0.173	0.017	0.188	9/32	3/64	0.007	0.004
53 to 88	1/4	0.275±0.006	0.049	0.220	0.029	0.240	3/8	1/16	0.008	0.005
AN 6230 or J. I. C. gaskets 1 to 52	1/8	0.139±0.004	0.022	0.113	—	—	3/16	1/32	0.006	0.003

Note: All dimensions are in inches.
 * Diametral squeeze is the minimum interference between O-Ring cross section diameter d and gland width C.
 ** If space is limited, the groove length D can be reduced to a distance equal to the maximum O-Ring diameter d plus the static seal squeeze.



5 Radial clearances should never exceed one-half of the recommended O-ring squeeze even where the pressure does not require the use of a close fit between sliding parts. Under these conditions, if the shaft is eccentric (A), the ring will still maintain its sealing contact. (B) Excessive clearance results in the loss of sealing contact of the O-ring.

9 Simple stamping (A) pressed in housing is for low speeds and pressures. (B) Chamfered corners of plug makes a recess for an O-ring.

6.2 Usvajanje dinamičkih brtvljenih spojeva

6.2.1 Oblikovanje dinamičkih brtvljenih spojeva

6.2.2 Proračun dinamičkih brtvljenih spojeva –

6.2.3 Usvajanje dinamičkih brtvljenih spojeva

20. Usvajanje dinamičkih brtvi

6.3 Primjena dinamičkih brtvljenih spojeva

6.3.1 Postupci brtvljenja dinamičkim brtvljenim spojevima –

6.3.2 Održavanje i popravke dinamičkih brtvljenih spojeva –

6.3.3 Dobri i loši dinamički brtvljeni spojevi

6.3.4 Prednosti i nedostaci dinamičkih brtvljenih spojeva

21. Postupci brtvljenja dinamičkim brtvljenim spojevima

[Chandsekaran 2010, str. 134]

Ispravno skladišten o-prsten može se koristiti i nakon 10 ÷ 20 godina, ovisno o vrsti gume od koje je izrađen.

Montaža o-prstena:

[Chandsekaran 2010, str. 133÷134]

1. Do not open the original packing of the 'O' ring until required for installation.
2. Avoid exposure to sunlight and keep in a dry atmosphere. Ultraviolet rays and a damp atmosphere will accelerate aging and lead to dimensional change.
3. After opening the package, check whether any foreign material is attached to the seal.
4. Do not keep rubber seals around any electrical devices, since electric discharge produces ozone.
5. Do not tie the rings with a thread to hang in a rack.
6. While in storage, dust the rings with dusting powder, such as talc, to protect against attack by oxygen.

Montaža prstenaste profilne brtve u dinamičkom brtvljenom spoju:

[Wittel 2011, str. 671]

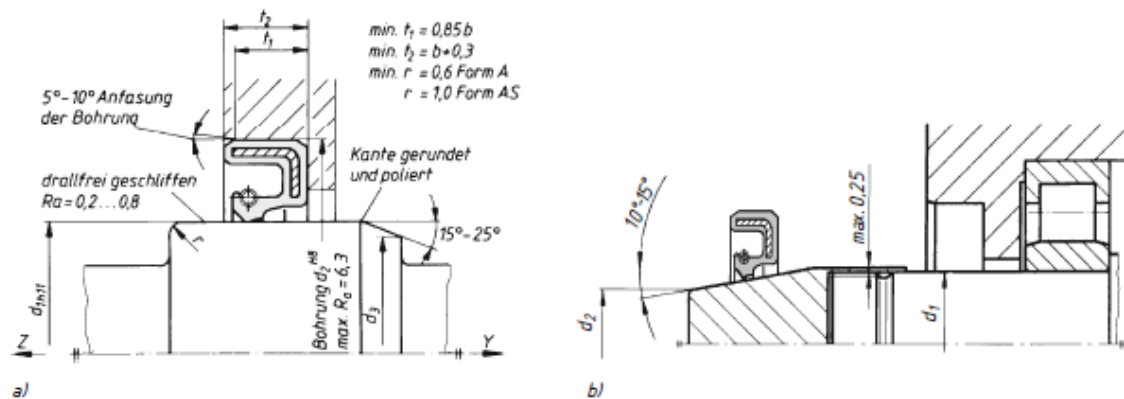


Bild 19-19 Einbau von Radial-Wellendichtungen. a) Gestaltung von Welle und Bohrung, b) Einbau mit Einbauhülse

22. Održavanje dinamičkih brtvljenih spojeva

23. **Popravke dinamičkih brtvljenih spojeva**

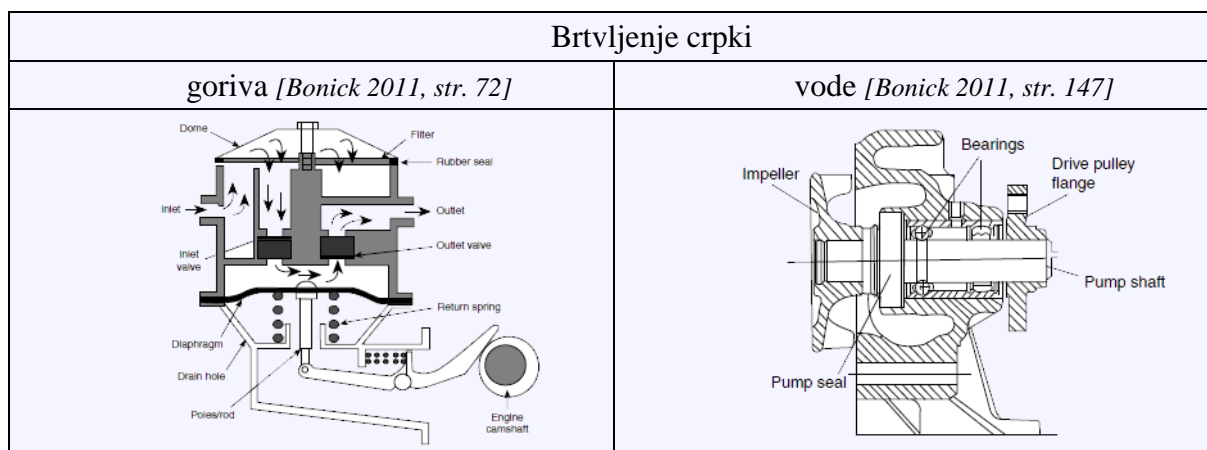
[Chandsekaran 2010, str. 135]

Tablica 06.xx Otkazi o-prstena dinamičkih brtvljenih spojeva

Defects observed	Reason	Solution
Twist. The 'O' ring is twisted, and deformed, leading to leak	Sliding surface is rough Dimension is not correct Shaft speed is too high Might have been twisted while assembling	Polish the surface Surface finish should be finer Care while assembling
Stuck. Part of the surface of the 'O' ring is stuck and damaged leading to leak	Improper assembly	Use suitable tools for assembling the seals
Abrasion at the periphery	Bad sliding surface Lack of lubrication Ingress of dirt, metal bits and foreign material	Provide smooth surface finish Lubricate properly and fully Remove foreign materials with filters
Loss of elasticity. The 'O' ring is in a pressed condition and deformed in the groove itself	Usage of seal ring with alternating low and high pressures	Provide cooling at the sealing area
Wearing. Part of the sliding surface of the 'O' ring is abraded leading to leakage	Damage on the surface of the sliding part	Provide smooth sliding surface

The above failure mode and effects analysis is given only as an example and cannot be considered as a valid analysis which could be applicable universally, since the operation conditions differ widely from factory to factory.

24. Dobri i loši dinamički brtvljeni spojevi
25. Prednosti i nedostaci dinamičkih brtvljenih spojeva
26. **Primjeri dinamičkih brtvljenih spojeva**
[Avallone 2006, str. 771]



Slika 06.xx Brtvljenje sklopova motora s unutarnjim izgaranjem

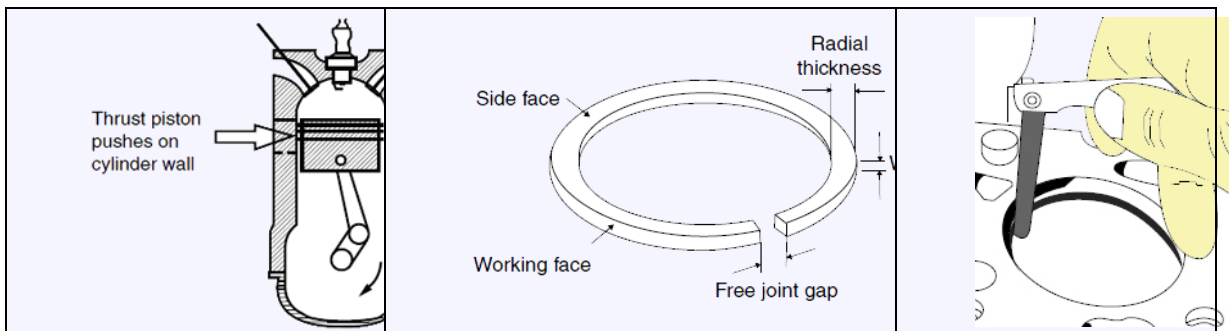
27. Dinamički brtvljeni spoj stroja za pranje rublja

Primjeri dinamičkih brtvljenih spojeva

6.3.5 O-ringovi

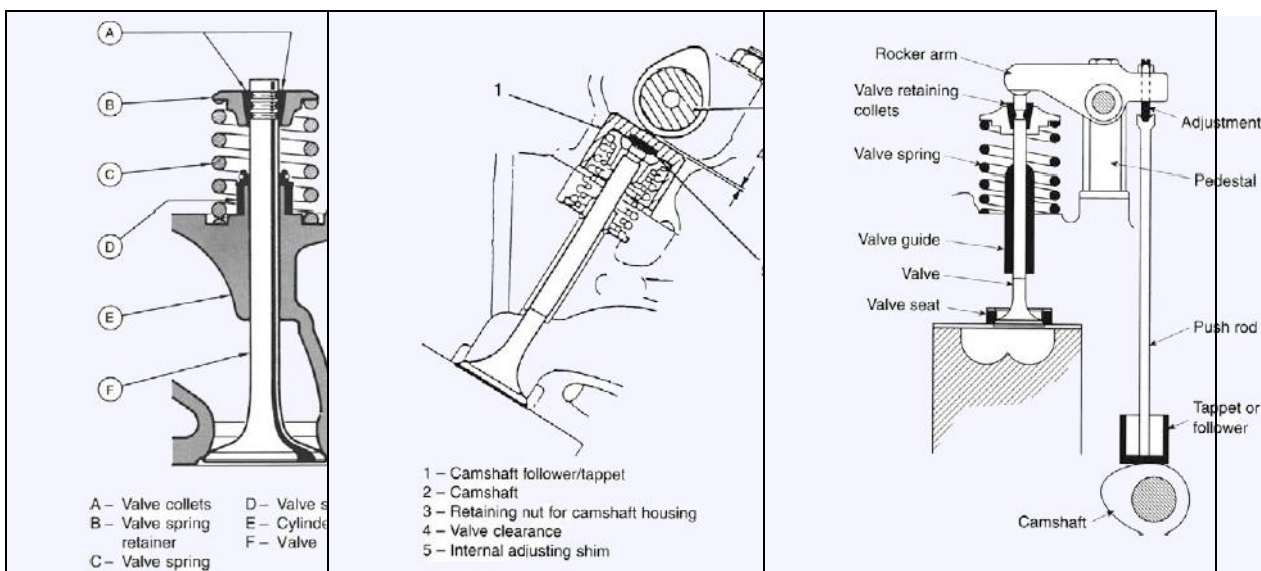
6.3.6 Semerinzi

28. **Brtvljenje klipova motora s unutarnjim izgaranjem**
 [Bonick 2011, str. 28, 29]



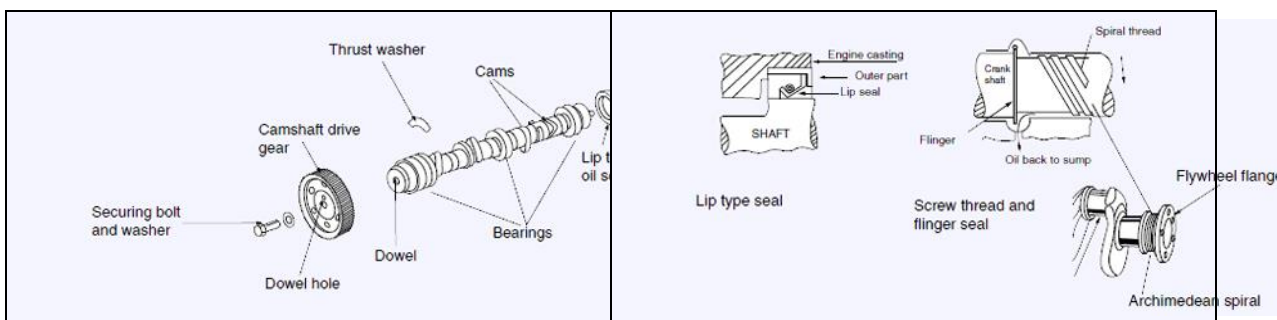
Slika 06.xx Brtvljenje zračnosti sklopa klip/cilindar motora s unutarnjim izgaranjem

29. **Brtvljenje stabla ventila motora s unutarnjim izgaranjem**
 [Bonick 2011, str. 20]



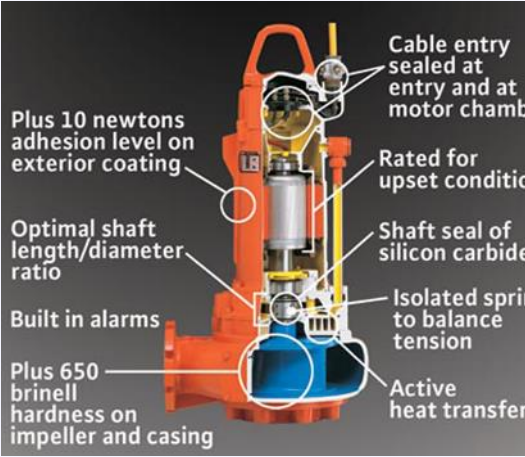
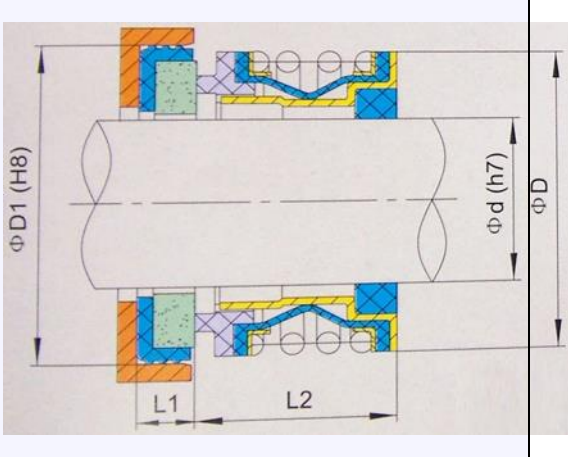

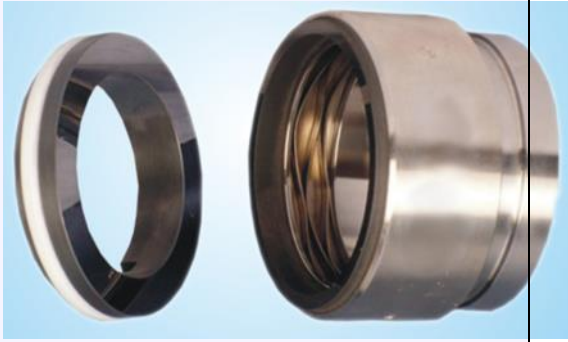
Slika 06.xx Brtvljenje ventila motora s unutarnjim izgaranjem

30. **Brtvljenje koljenastog vratila motora s unutarnjim izgaranjem**
 [Bonick 2011, str. 58]

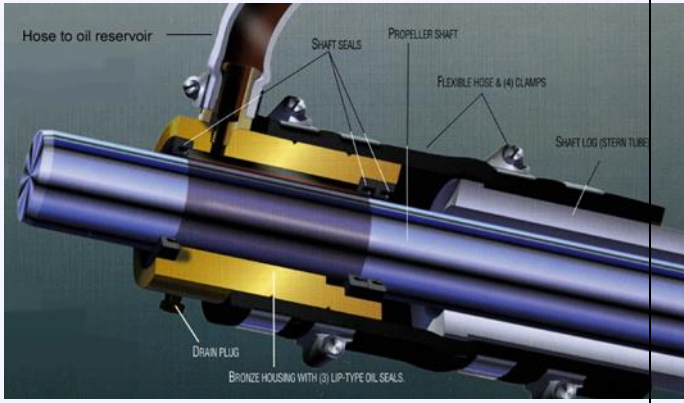
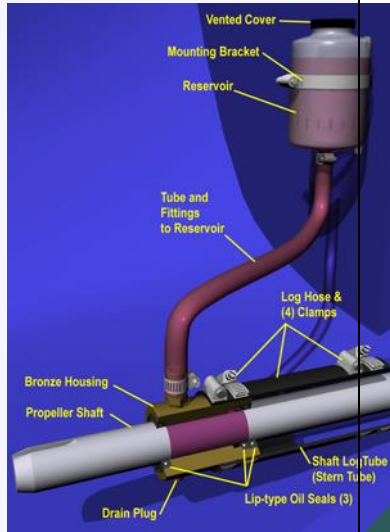


Slika 06.xx Brtvljenje koljenastog vratila motora s unutarnjim izgaranjem

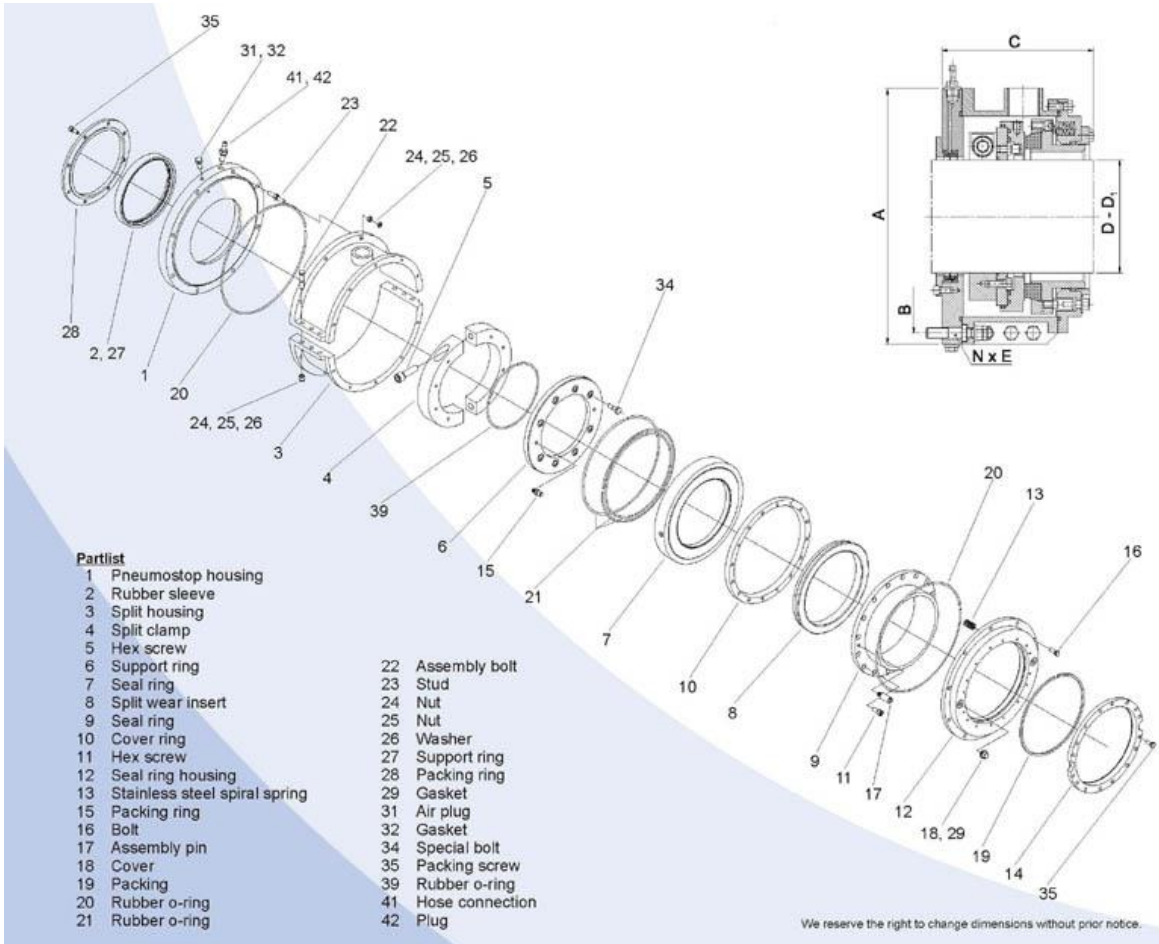
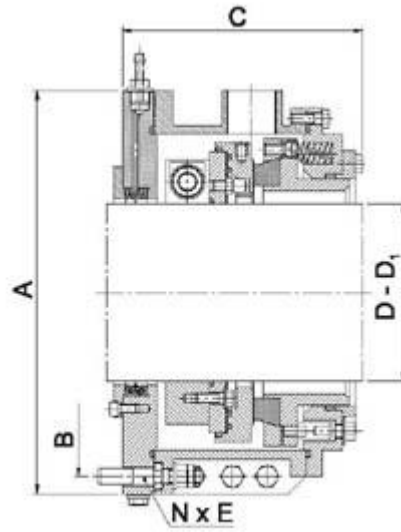
31. **Brtva crpke koja radi u korozivno-abrazijskim uvjetima**

Crpka za otpadne vode	
 <p>Plus 10 newtons adhesion level on exterior coating</p> <p>Optimal shaft length/diameter ratio</p> <p>Built in alarms</p> <p>Plus 650 brinell hardness on impeller and casing</p> <p>Cable entry sealed at entry and at motor chamber</p> <p>Rated for upset conditions</p> <p>Shaft seal of silicon carbide</p> <p>Isolated spring to balance tension</p> <p>Active heat transfer</p>	 <p>$\Phi D1 (H8)$</p> <p>$\Phi d (h7)$</p> <p>ΦD</p> <p>L1</p> <p>L2</p>
	

32. **Brtvljenje osovine plovila**

Propeller Shaft Seal, Oil Lubricated, 3/4" to 6" Shafts	
 <p>Hose to oil reservoir</p> <p>SHAFT SEALS</p> <p>PROPELLER SHAFT</p> <p>FLEXIBLE HOSE & (4) CLAMPS</p> <p>SHAFT LOG (STERN TUBE)</p> <p>DRAIN PLUG</p> <p>BRONZE HOUSING WITH (3) LIP-TYPE OIL SEALS</p>	 <p>Vented Cover</p> <p>Mounting Bracket</p> <p>Reservoir</p> <p>Tube and Fittings to Reservoir</p> <p>Log Hose & (4) Clamps</p> <p>Bronze Housing</p> <p>Propeller Shaft</p> <p>Shaft Log Tube (Stern Tube)</p> <p>Lip-type Oil Seals (3)</p> <p>Drain Plug</p>

Detaljne upute za montažu se mogu naći na Internet adresi:
<http://www.pacificmarine.net/shaftsealbulkheadinstall.htm>



Forward Non Split Face Type Shaft Seal, Water Lubricated

<http://www.pacificmarine.net/CRIM.htm>

32 Elementi strojeva 2

All dimensions in mm.

Size	D	-	D ₁	A	B	C	N x E
6	186	-	204	362	341	255	8 x M10
7	205	-	228	442	414	285	8 x M12
8	229	-	246	460	432	285	8 x M12
9	247	-	264	478	450	285	8 x M12
10	265	-	283	510	475	285	8 x M16
11	284	-	302	530	495	285	8 x M16
12	303	-	321	565	525	285	8 x M20
13	322	-	339	580	540	285	8 x M20
14	340	-	358	600	560	285	10 x M20
15	359	-	377	620	580	285	10 x M20
16	378	-	396	640	600	285	10 x M20

Size	D	-	D ₁	A	B	C	N x E
17	397	-	415	655	615	298	10 x M20
18	416	-	432	675	635	298	10 x M20
19	433	-	451	695	655	298	10 x M20
20	452	-	470	715	675	298	12 x M20
21	471	-	491	735	695	298	12 x M20
22	492	-	510	755	715	298	12 x M20
23	511	-	535	780	740	298	12 x M20
24	536	-	554	800	760	298	12 x M20
25	555	-	573	820	780	298	12 x M20
26	574	-	592	840	800	298	12 x M20
27	593	-	611	860	820	298	12 x M20

Dodatak

Literatura

- 6.1 Osnove dinamičkih brtvi – Hering2004/405, Oberg2004/2503÷2507, Parmley2005/17,
- 6.1.1 Dinamičke brtve
- 6.1.2 Vrste i oznake dinamičkih brtvi –
- 6.1.3 Materijali za izradu dinamičkih brtvi –
- 6.1.4 Vrste i primjeri dinamičkih brtvljenih spojeva
- 6.1.5 Fizika dinamički brtvljenih spojeva

Brtvenice s vanjskom silom

Automatske brtvenice

6.2 Usvajanje dinamičkih brtvljenih spojeva

- 6.2.1 Oblikovanje dinamičkih brtvljenih spojeva
- 6.2.2 Proračun dinamičkih brtvljenih spojeva –
- 6.2.3 Usvajanje dinamičkih brtvljenih spojeva
- 6.3 Primjena dinamičkih brtvljenih spojeva
- 6.3.1 Postupci brtvljenja dinamičkim brtvljenim spojevima –
- 6.3.2 Održavanje i popravke dinamičkih brtvljenih spojeva –
- 6.3.3 Dobri i loši dinamički brtvljeni spojevi
- 6.3.4 Prednosti i nedotaci dinamičkih brtvljenih spojeva

6.4 Primjeri dinamičkih brtvljenih spojeva

- 6.1.1 O-ringovi
- 6.1.2 Semerinzi

Dodaci: Carvil2003/322÷340, Budynas/913÷931, Grote/579,

Literatura (obrada, rječnik)

Podloge (kratice, norme, internet, razno)

Provjere znanja (teme, pitanja, zadaci) –

Literatura: Avallone2006/767÷772, Bonnick2011, Chandsekar, Childs2004/197÷206, Czichos2008/K74÷K75, Decker1987/241÷247,466÷477, DIN2008/499÷502, Dorf2005/ch24, Elcic1973/657÷666, Fitney2007, Fleisher2009, Garrett2001, Grote2007/663÷664, Haberhauer2011/265÷278, Klebanov2008/241÷245(kučišta),262÷275, Künne12008/429÷461, Kutz12005/1178÷1213, Lingaiah2004/450÷483, Lobontiu2002, Mott2004/537÷545, Muhs2006/245÷247, Niemann2005/902÷919, Pandžić2008/141÷143, Podhorsky/sv5-331÷334, Steinhilper22008/210÷252, Shigley2004/653÷667, Wittel2009/669-679, Wittel2011/669÷679, [Wittel 2011, str. 679]

Firmenschriften:

Burgmann Industries GmbH & Co.KG, Wolfsratshausen (brtve s kliznim prstenom), (www.burgmann.com);

BusakShamban Deutschland GmbH, Stuttgart (V-prsteni, gama-prsteni), (www.busakshamban.de);

ElringKlinger Kunststofftechnik GmbH, Bietigheim-Bissingen (radijalne brtve), (www.elringklinger-kunststoff.de);

Federal-Mogul Burscheid GmbH, Burscheid (klizni prsteni), (www.federal-mogul.com);

Freudenberg Simmering KG, Weinheim (radijalne, profilne, oblikovne brtve), (www.simrit.de);

Loctite European Group, München (brtvene mase), (www.loctite.com);

Merkel Freudenberg Fluidtechnik GmbH, Hamburg (Formdichtungen, Stopfbuchspackungen), (www.freudenberg.de);

Parker Hannifin GmbH, Bietigheim-Bissingen (Formdichtungen), (www.parker.com);

Ringfeder VBG, Krefeld, (www.ringfeder.de);

SKF GmbH, Scheinfurt (V-Ring), (www.skf.de);

Ziller & Co., Hilden (Nilos-Ring); Witzenmann GmbH, Pforzheim (Metallfaltenbalg), (www.witzenmann.de)

Literatura: Avallone2006/767÷772, Bonnick2011 (motorna vozila), Budynas2011/607÷608, Carvil2003/322÷340 (tehnički glosar), Chandsekar2010 (gumene brtve), Childs2004/197÷206 (www, ciljevi učenja, zadaci s rješenjima), Czichos2008/K72÷K75, Decker1987/241÷247,464÷477, DIN2008/499÷502, Dobler2003/378÷379, Dorf2005/ch24-1÷2,4÷14, Elcic1973/657÷666, Fitney2007 (priručnik), Fleisher2009 (studije slučajeva), Garrett2001 (vozila), Grote2007/663÷664, Haberhauer2011/265÷278, Hering2004/405, Klebanov2008/241÷245(kučišta),262÷275, Künne12008/429÷461, Kutz12005/1178÷1213, Lingaiah2004/450÷483 (formule, priručnik), Mott2004/537÷545 (www, pitanja), Muhs2006/245÷247 (DIN norme), Niemann2005/902÷919, Pandžić2008/141÷143, Parmley2005/17, Podhorsky/sv5-331÷334, Shigley2004/653÷667, Steinhilper22008/210÷252, Wittel2011/669÷679 (www),

Internet

brtva	gasket	Dichtung
dinamička brtva	seal	Dichtung

Internet

Podloge

Glosar

Rječnik

hrvatski	engleski	njemački
brtva	gasket	Dichtung
dinamička brtva	seal	Dichtung

Oznake

Formule

Norme

Podaci

Razno

Teme

1. **Dinamičke brtve**

1. Definicija dinamičkih brtvi
2. Vrste dinamičkih brtvi
3. Brtvljenje radijalnih uzajamno okretnih površina
4. Brtvljenje aksijalnih uzajamno okretnih površina
5. Materijali za izradu dinamičkih brtvi
6. Oblikovanje dinamičkih brtvi
7. Usvajanje dinamičkih brtvi
8. Brtvenice s mekim brtvilom
9. Meka brtvila – materijali i oblici
10. Brtvenice s tvrdim brtvilom
11. Materijali tvrdih brtvila
12. Automatske brtve
13. Hidraulič brtve s manšetama
14. Brtvila postojanog oblika
15. Brtvljenje kliznim prstenom
16. O-prsteni
17. Prstenaste profilne brtve
18. Bezdodirne dinamičke brtve sa zračnošću
19. Labirint brtve
20. Labirint brtve sa zračnošću
21. Brtve s tekućinom
22. Membranske brtve
23. Postupci brtvljenja dinamičkim brtvljenim spojevima
24. Održavanje dinamičkih brtvljenih spojeva
25. Popravke dinamičkih brtvljenih spojeva
26. Dobri i loši dinamički brtvljeni spojevi
27. Prednosti i nedostaci dinamičkih brtvljenih spojeva
28. Dinamički brtvljeni spoj stroja za pranje rublja
29. Brtvljenje klipova motora s unutarnjim izgaranjem
30. Brtvljenje stabla ventila motora s unutarnjim izgaranjem
31. Brtvljenje koljenastog vratila motora s unutarnjim izgaranjem
32. Brtva crpke koja radi u korozivno-abrazijskim uvjetima
33. Brtvljenje osovine plovila

Izvodi

Provjera znanja

Pitanja

Zadaci

Literatura

1. Ashby M., Shercliff H., Cebon D.: *Materials – Engineering, Science, Processing and Design*; Butterworth-Heinemann, 2007.
2. Ashby M. F., Johnson K.: *Materials and Design – The Art and Science of Material Selection in Product Design*; Butterworth-Heinemann, 2002.
3. Ashby M. F.: *Materials Selection in Mechanical Design*, 3rd Edition; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.
4. Beer F.P., Johnston R.E. Jr., DeWolf J.T., Mazurek D.F.: *Mechanics of Materials*, 5th Edition; McGraw-Hill Higher Education, 2009.
5. Beer F.P., Johnston R.E. Jr., DeWolf J.T., Mazurek D.F.: *Mechanics of Materials*, 3rd Edition, *Solutions Manual*; rukopis, 1436 strana.
6. Böge A.: *Vieweg Handbuch Maschinenbau - Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik*, 18. Auflage; Vieweg, 2007.
7. Brown T.H. Jr.: *Mark's Calculations For Machine Design*; McGraw-Hill, 2005.
8. Budynas R.G., Nisbett K.J.: *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 8th Edition; McGraw-Hill, 2007.
9. Callister Jr. W. D.: *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 7th Edition; John Wiley & Sons, New York, 2007.
10. Carvill J.: *Mechanical Engineer's Data Handbook*; Butterworth-Heinemann, 2003.
11. Childs P.: *Mechanical Design*, 2nd Edition; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
12. Cross N.: *Engineering Design Methods – Strategies for Product Design*, 3rd Edition,
13. Decker K.-H.: *Elementi strojeva*, 2. izdanje; Tehnička knjiga, 1987.
14. Dickenson C.T.: *Valves, Piping and Pipeline Handbook*, 3rd Edition; Elsevier Science, 1999.
15. DIN – Deutsches Institut für Normung: *Klein Einführung in die DIN-Normen*, 14. Auflage; B.G.Teubner – Beuth, 2008.
16. Ellenberger J.P.: *Piping Systems and Pipeline – ASME B31 Code Simplified*; McGraw-Hill, 2005.

17. Flitney R.: *Seals and Sealing Handbook*, 5th Edition; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007.
18. Fleischer B., Theumert H.: *Entwickeln Konstruieren Berechnen – Komplexe praxisnahe Beispiele mit Lösungsvarianten*, 2. Auflage; Vieweg + Teubner, 2009.
19. Fritz A.H., Schulze G.: *Fertigungstechnik*; 8. Auflage; Springer, 2008.
20. Grote K.-H., Feldhusen J.: *Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau*, 22. Auflage; Springer, 2007.
21. Habenicht G.: *Kleben – Grundlagen, Technologien, Anwendungen*, 5. Auflage; Springer, 2006.
22. Haberhauer H., Bodenstein F.: *Maschinenelemente – Gestaltung, Berechnung, Anwendung*, 15. Auflage; Springer, 2009.
23. Hering E., Schröder B.: *Springer Ingenieurtabellen*; Springer, 2004.
24. Hoischen H.: *Technisches Zeichnen – Grundlagen, Normen, Beispiele, Darstellende Geometrie*, 27. Auflage; Cornelsen-Girardet, 1998.
25. Humpston G., Jacobson D.M.: *Principles of Soldering*; ASM International, 2004.
26. Jelaska D.: *Elementi strojeva – skripta za studente Industrijskog inženjerstva*; Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, 2005.
27. Klebanov B.M., Barlam D. M., Nystrom F. E.: *Machine Elements – Life and Design*; CRC Taylor & Francis Group, 2008.
28. Kljajin M., Opalić M.: *Inženjerska grafika*; Sveučilišni udžbenik; Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2010.
29. Koludrović Ć., Koludrović-Harbić I., Koludrović R.: *Tehničko crtanje u slici s kompjutorskim aplikacijama*, 5. izdanje, Ć.I.R. – Rijeka, 1994. .
30. Kraut B.: *Strojarski priručnik*, 9. izdanje; Tehnička knjiga, 1988.
31. Kurz U., Wittel H.: *Böttcher/Forberg Technisches Zeichnen – Grundlagen, Normung, Darstellende Geometrie und Übungen*, 25 Auflage; Vieweg+Teubner, 2010.
32. Läßle V.: *Einführung in die Festigkeitslehre – Lehr- und Übungsbuch*; Viewegs Fachbücher der Technik, 2006.
33. Läßle V.: *Lösungsbuch zur Einführung in die Festigkeitslehre – Ausführliche Lösungen und Formelsammlung*; Viewegs Fachbücher der Technik, 2007.
34. Lingaiah K.: *Machine Design Databook*, 2nd Edition; McGraw-Hill, 2002.
35. Messler R.W.: *Joining of Materials and Structures From Pragmatic Process to Enabling Technology*; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
36. Mott R.L.: *Machine Elements in Mechanical Design*, 4th Edition; Prentice Hall, 2003.
37. Muhs D., Wittel H., Jannasch D., Becker M., Voßiek J.: *Roloff/Matek Maschinenelemente – Interaktive Formelsammlung auf CD-ROM*, 8. Auflage; Vieweg, 2006.

38. Muhs D., Wittel H., Jannasch D., Voßiek J.: *Roloff/Matek Maschinenelemente – Aufgabensammlung – Aufgaben, Lösungshinweise, Ergebnisse*, 14. Auflage; Vieweg, 2007.
39. Muscroft S.: *Plumbing – For Level 2 Technical Certificate and NVQ*, 2nd Edition; Elsevier Newness, 2007.
40. Niemann G., Winter H., Höhn B.-R.: *Maschinenelemente – Band 1 – Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen*, 4. Auflage; Springer, 2005.
41. Norton R.L.: *Machine Design – An Integrated Approach*, 3rd Edition; Prentice Hall, 2006.
42. Oberg E., Jones F.D., Horton H.L., Ryffel H.H.: *Machinery's Handbook* 27th Edition; Industrial Press, 2004.
Oberg E., Jones F.D., Horton H.L., Ryffel H.H.: *Machinery's Handbook* 28th Edition; Industrial Press, 2008.
43. Pandžić J., Pasanović B.: *Elementi strojeva – udžbenik s DVD-om za 2. razred tehničkih škola u području strojarstva i brodogradnje*; Neodidacta, 2008.
44. Pahl G., Beitz W.: *Engineering Design – A Systematic Approach*; Design Council 1988.
45. Parisher R.A., Rhea R.A.: *Pipe Drafting and Design*, 2nd Edition; Gulf Professional Publishing - Butterworth–Heinemann, 2002.
46. Parmley R.O.: *Machine Devices and Components Illustrated Sourcebook*; McGraw-Hill, 2005.
47. Patnaik S., Hopkins D.: *Strength of Materials – A New Unified Theory for the 21st Century*; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
48. Podrug S.: *Elementi strojeva – predavanja za stručni i preddiplomski studij brodogradnje*; Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, 2008.
49. Prestly D.R.: *Do-It-Yourself For Dummies*; Wiley 2007.
50. Shigley J.E., Mischke C.R.: *Standard handbook of machine design*, 2nd Edition; McGraw-Hill Professional, 1996.
51./b Shigley J.E., Mischke C.R.: *Standard handbook of machine design*, 3rd Edition; McGraw-Hill Professional, 2004.
51. Spotts M.F.: *Design of Machine Elements*; 3rd Edition; Prentice Hall, 1961.
52. Steinhilper W., Sauer B.: *Konstruktionselemente des Maschinenbaus 1 – Grundlagen der Berechnung und Gestaltung von Maschinenelementen*, 7. Auflage; Springer, 2008.
53. Steinhilper W., Sauer B.: *Konstruktionselemente des Maschinenbaus 2 – Grundlagen von Maschinenelementen für Antriebsaufgaben*, 6. Auflage; Springer, 2008.
54. Wittel H., Muhs D., Jannasch D., Voßiek J.: *Roloff/Matek Maschinenelemente – Lehrbuch und Tabellenbuch – Normung, Berechnung, Gestaltung*, 19. Auflage; Vieweg + Teubner, 2009.
55. Woodson D.R.: *2009 international plumbing codes handbook*; McGraw-Hill Professional, 2009.

56. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.-H.: *Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung*, 7. Auflage; Springer, 2007.
57. Bickford J.H.: *Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints – Non-Gasketed Joints*, 4th Edition; CRC, 2007.