Philippe Jans

Perfect-Fit O Ringen

Inhoudstabel

Introductie tot het handboek 2

De O Ring ontwerprichtlijnen 3

Groefafmetingen – Statisch

- Radiaal 8
- Axiaal 9
- Trapezium 10
- Conisch 11
- Vacuüm 12

Groefafmetingen – Dynamisch

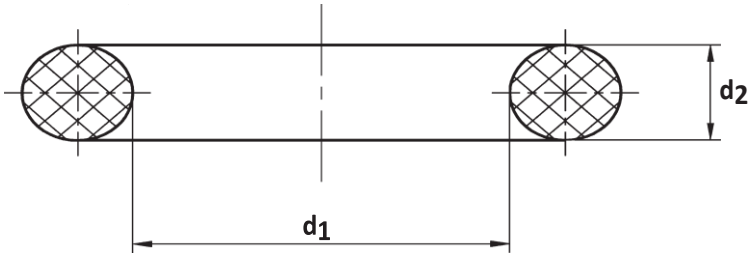
- Hydrauliek 13
- Pneumatiek 14

Introductie tot het handboek

Wat is een O Ring?

Een O Ring maakt een O Ring omwille van 2 eigenschappen: de vorm en het materiaal.

De **vorm** bestaat steeds uit een cirkelvormige doorsnede, gevormd tot een ronde ring. Door opgave van slechts twee van de drie primaire afmetingen (ID, OD of sectie) kan de maat reeds volledig bepaald worden. Een O Ring maat wordt meestal gedefinieerd door de binnendiameter (d1) en de snoersectie (d2).



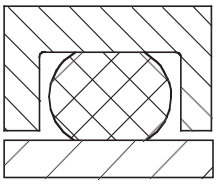
Het gebruikte **materiaal** is over het algemeen een elastomeer. Dit zijn materialen met een geheugen dat voldoende is om terug te keren tot zijn originele vorm na een vervorming. Andere materialen zoals PTFE, PA en anderen zijn ook mogelijk, maar vertonen niet dezelfde elastische eigenschappen.

Hoe dicht een O-Ring af?

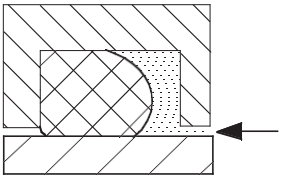
Een O Ring afdichting bestaat uit twee componenten:

- De O Ring zelf
- De groef die de O Ring omvat en waarin deze wordt samen gedrukt

De compressie, met andere woorden de vervorming van de O Ring, zorgt in een eerste fase voor de afdichting.



Een bijkomende afdichting wordt verzekerd door het uitvoeren van druk op de O Ring door het medium in de vorm van een vloeistof of een gas:



De groef zorgt er voor dat afdichtingsfunctie blijft op de positie waar hij bedoeld werd.

Toepassing van O Ringen

Binnen het toepassingsveld maken we onderscheid tussen 2 elementen: de **statische** en de **dynamische** toepassingen. Verder in dit handboek gaan we dieper in op de verschillende installatieruimten en structurele aanbevelingen.

De O Ring ontwerprichtlijnen

Bepalen van een groefdiepte – statische toepassingen

Zoals reeds eerder aangegeven, zou een O Ring een bepaald percentage ingedrukt moeten worden voor een goede afdichting. De volgende richtlijnen zijn voor nominale condities. De minimale en maximale voorwaarden zouden ook steeds nagekeken moeten worden. Dit betekent dat u de grootst mogelijke snoer met kleinst mogelijke groefdiepte (= **maximale compressie**) moet vergelijken en omgekeerd.

De aanvaardbare waardes gaan van **15% tot 30%,** voor statische toepassingen.
Voor hydraulische dynamische toepassingen is dit **10% tot 18%.**
Voor pneumatische dynamische toepassingen is dit **4% tot 12%.**
(afhankelijk van de snoerdikte)

De formule voor de compressie is als volgt:

$$\textbf{Compressieratio} = \frac{\textbf{O Ring CS} - \textbf{Groefdiepte}}{\textbf{O Ring CS}}$$

Het voorbeeld met de volgende richtlijnen is van toepassing voor statische toepassingen met een druk tot 100 bar. Gelieve steeds Philippe Jans te contacteren voor het uitvoeren van de correcte berekeningen.

Voorbeeld: We veronderstellen een O Ring met een snoer(CS) van 1.78+-0.08mm en een groefdiepte van 1.52+-0.1mm.

1) Zo bekomen we voor de **nominale waarden**:

$$\frac{1.78\text{mm} - 1.52\text{mm}}{1.78\text{mm}} = 14.6\% \text{ compressie}$$

2) Voor de **maximale waarden**:

$$\frac{1.86\text{mm} - 1.42\text{mm}}{1.86\text{mm}} = 23.7\% \text{ compressie}$$

3) Voor de **minimale waarden**:

$$\frac{1.70\text{mm} - 1.62\text{mm}}{1.70\text{mm}} = 4.7\% \text{ compressie}$$

Met deze opstelling zit onze maximale compressie op 23.7%, wat binnen de aanbevolen waardes valt. De minimale compressie van 4.7% valt echter buiten de aanvaardbare doelstellingen. Het ontwerp zou dus aangepast moeten worden zodat de minimale waarde binnen de vooropgestelde waardes valt.

Opmerking: Het is essentieel om te onthouden dat elke toepassing uniek is. Handboek richtlijnen moeten als danig beschouwd worden, namelijk als een directief voor het bepalen van de ideale groef en O ring, maar zijn geen vervanging voor het testen van de dichtingen in de eigenlijke toepassing om het optimale ontwerp te bepalen.

Bepalen van een groefbreedte – statische toepassingen

De doorsnede van een rechthoekige groef (behalve voor een vacuüm toepassing) zou ongeveer 25% groter moeten zijn dan de doorsnede van de O Ring zelf. Dit betekent dat de ring genoeg ruimte heeft om uit te zetten bij een mogelijke toename in volume door contact met een agressief medium of door thermische uitzetting.

Bijkomend kan de uitgeoefende druk invloed hebben op een groot deel van de O Ring, zodat de contactdruk verhoogd wordt om een ideale afdichting te bekomen. De groef zou tussen de 70% en de 85% gevuld moeten zijn en met uiterste tolerantielimieten tussen de 65 en 90%.

Dit kan berekend worden met volgende formule:

$$\textbf{Groef vulpercentage} = \frac{\mathbf{A(or)}}{\mathbf{A(groef)}}$$

Waarbij: ***A(or) = CS² x π/4***

A(groef) = Groefdiepte x Groefbreedte

Voorbeeld: We veronderstellen een O Ring met een snoer(CS) van 2.62+-0.09mm en een groef met breedte 3.5+-0.25mm en diepte 2.0+-0.05mm.

Zo bekomen we volgende nominale waarden:

$$\frac{(2.62)^2 \text{ x } 3.14/4}{3.5 \text{ x } 2} = 76.98\%$$

Zo bekomen we volgende minimale waarden:

$$\frac{(2.71)^2 \text{ x } 3.14/4}{3.25 \text{ x } 1.95} = 90.9\%$$

Zo bekomen we volgende maximale waarden:

$$\frac{(2.53)^2 \text{ x } 3.14/4}{3.75 \text{ x } 2.05} = 65.36\%$$

Met deze opstelling valt de nominale opvulling dus binnen onze aanbevolen waardes. De uiterste minimum en maximum waardes liggen net op de rand van het toegelaten spectrum. Begrijp wel dat dit de uiterste mogelijke waarden zijn die binnen de opgegeven toleranties mogelijk zijn, dus dat deze waarschijnlijk nooit bereikt zullen worden.

Bepalen van een binnendiameter – statische toepassingen

O Ringen kunnen in een groef uitrekken of worden samengedrukt bij installatie, binnen voorbepaalde limieten.

De geïnstalleerde O Ring zou nooit meer dan 6% uitgerokken mogen worden, aangezien dit kan leiden tot een grote reductie in de ring sectie oppervlakte, alsook de binnenwand van de ring te veel kan afvlakken. Volgens de **regel van Guldinus** zal een 1% uitrek op de binnendiameter een 0.5% afname op de sectie veroorzaken.

Het samendrukken van de O Ring zou nooit de 3% mogen overschrijden, aangezien de ring dan kan beginnen vervormen in de groef.

Beide waardes zijn makkelijk te berekenen met volgende formules:

$$\mathbf{Rek} = \frac{(d3 - d1)}{\mathrm{d1}}$$

$$\mathbf{Samendruk} = \frac{(da - d6)}{\mathrm{da}}$$

Waarbij: ***da = (d1+2xd2) = buitendiameter O Ring***

d1 = O Ring binnendiameter

d2 = O Ring sectie

d3 = Groef binnendiameter

d6 = Groef buitendiameter

Hardheid van een O Ring

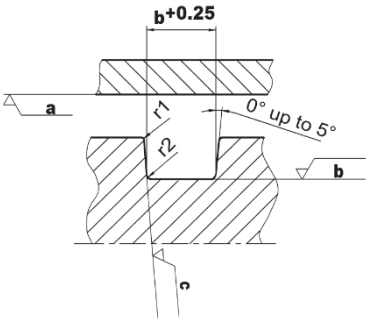
De benodigde hardheid van een O Ring hangt af van de volgende factoren:

- De werkdruk
- Spleetbreedte
- Toepassing (statisch/dynamisch)
- Oppervlakte afwerking

Standaard zal in een toepassing een 70 shore O Ring aanbevolen worden. Voor toepassing waar een hogere druk van toepassing is zullen wij bijvoorbeeld een 90 shore aanbevelen.

Afwerking van de groef

Zodra de afmetingen en vorm van de opstelling geweten zijn, moet er naar volgende details gekeken worden om een correcte werking te garanderen:



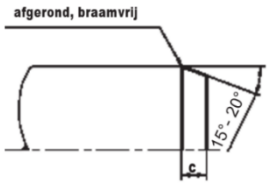
- Alle componentranden en overgangspunten die in contact komen met de O-ring moeten braamvrij, afgerond en indien nodig gepolijst zijn.
- Het overgangspunt tussen de groefwand en de groefbasis r2 en de overgang tussen de groefwand en het componentoppervlak r1 moeten licht afgerond zijn. Deze afrondingen zijn relatief t.o.v. de snoersectie(d2) en kan u hier terugvinden:

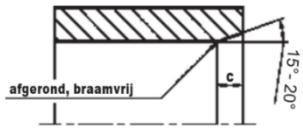
d2		r1	r2
1-	2	0.1	0.3
2-	3	0.2	0.3
3-	4	0.2	0.5
4-	5	0.2	0.6
5-	6	0.2	0.6
6-	8	0.2	0.8
8-	10	0.2	1
10-	12	0.2	1
12-	15	0.2	1.2

- De oppervlakteafwerking is bepaald door de specifieke toepassing. Voor dynamische toepassingen moet het oppervlak fijner zijn dan voor een statische; hetzelfde geldt ook voor pulserende drukken. De aanbevolen waardes zijn als volgt:

Toepassing	Surface	Druk	R_a [µm]	R_z [µm]	R_{max} [µm]
dynamisch radiaal	oppervlak a		≤ 0.4	≤ 1.2	≤ 1.6
	groefbasis b		≤ 1.6	≤ 3.2	≤ 6.3
	groefwand c		≤ 3.2	≤ 6.3	≤ 10
statisch radiaal/axiaal	oppervlak a	niet pulserend	≤ 1.6	≤ 6.3	≤ 10
	groefbasis b		≤ 3.2	≤ 10	≤ 12.5
	groefwand c		≤ 6.3	≤ 12.5	≤ 16
	oppervlak a	pulserend	≤ 0.8	≤ 1.6	≤ 3.2
	groefwand c		≤ 1.6	≤ 3.2	≤ 6.3
	groefwand c		≤ 3.2	≤ 6.3	≤ 10

De afgeschuinde inloop



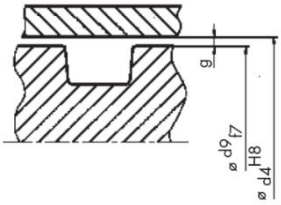


Een afgeschuinde inloop moet gebruikt worden om te vermijden dat de O Ring beschadigd geraakt bij installatie.

De hoek zou tussen de 15° en de 20° moeten zijn en zou braamvrij gemaakt moeten worden.

De aanbevolen lengte C kan u terugvinden in de groefafmeting tabellen later in het handboek.

De afdichtingsspleet



De af te dichten spleet (g) moet steeds zo klein mogelijk zijn, dus de aanbevolen maten en toleranties uit de installatietabel moeten steeds in acht worden genomen.

U dient ook steeds rekeningen te houden met het gegeven dat werkbelastingen, zoals deze uitgeoefend op de cilindrische buis onder een hoge druk, ervoor zorgen dat deze spleet groter wordt. Wanneer de spleet te groot wordt loopt u het risico op extrusie. Hierbij migreert de O Ring naar deze opening wanneer er druk uitgeoefend wordt en zal deze zeer snel falen.

Bij dynamische afdichtingen wordt de O-ring vernietigd door het scheuren en afpellen. Wij adviseren het gebruik van back-upringen om de O-ring te beschermen tegen spleet-extrusie.

Extrusie:

Met back-up ring:

Maximaal toegestane waarden voor de afdichtingsspleet g (mm)

De toegestane waarden voor de afdichting tussenruimte wordt bepaald door de druk, materiaalhardheid en diameter.

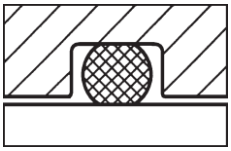
Toepassing	**Druk (bar)**	**Materiaalhardheid (Shore A)**		
		70	**80**	**90**
Statisch	≤ 60	0.2	0.25	0.3
	> 60 – 100	0.1	0.2	0.25
	> 100 – 160	0.05	0.1	0.2
	> 160 – 250	-	0.05	0.1
	> 250 – 350	-	-	0.05
Statisch	≤ 30	0.2	0.25	0.3
	> 30 – 60	0.1	0.17	0.2
	> 60 – 80	-	0.1	0.15
	> 80 – 100	-	-	0.1

Voor grotere spleetafmetingen moet een back-up ring gebruikt worden

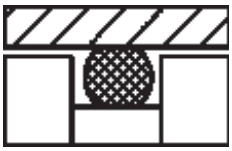
Groefafmetingen - Statisch

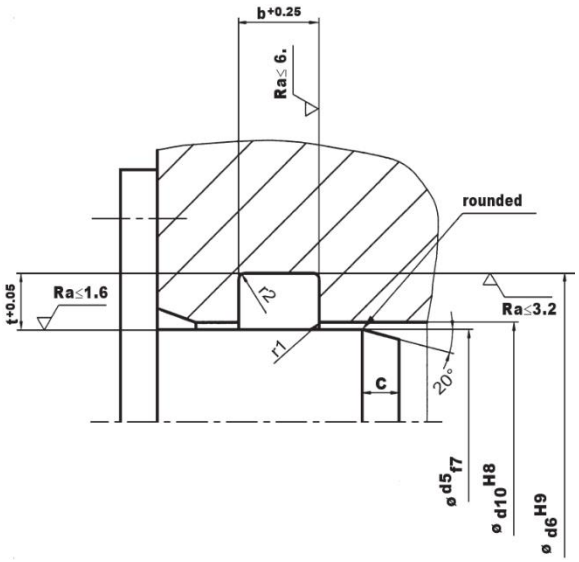
Statisch – Radiale interne afdichting & externe afdichting

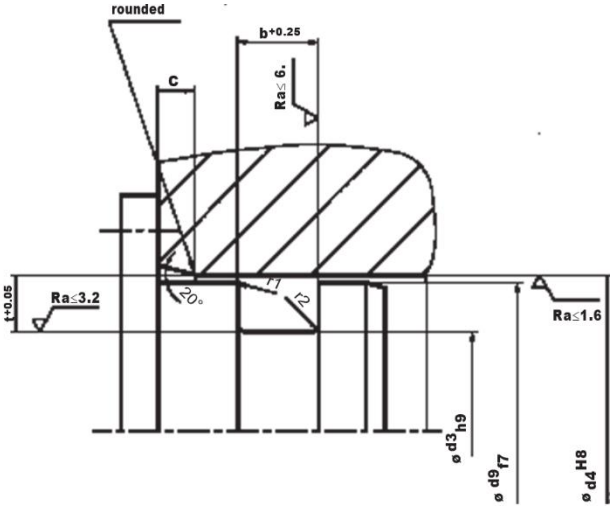
Intern:
(Rod seal)



Extern:
(Piston seal)



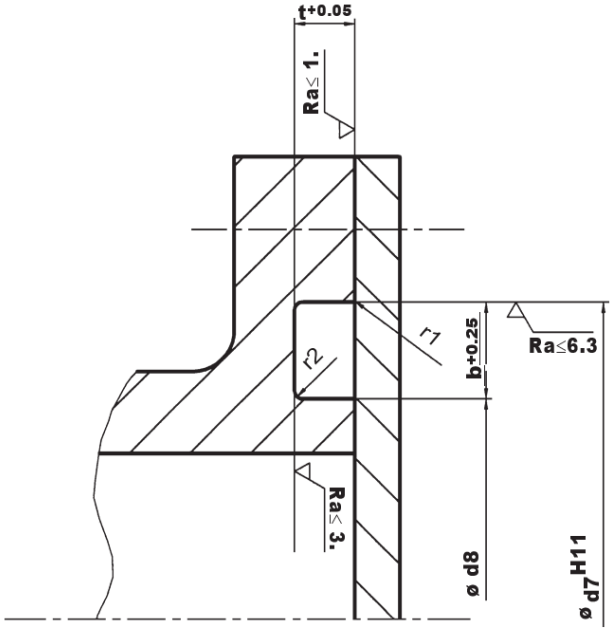




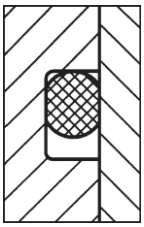
d2	Groove depth t +0.05	Groove width b+0.25	Lead-in chamfer C
1	0.75	1.3	1.2
1.2	0.9	1.6	1.2
1.25	0.9	1.7	1.2
1.3	1	1.7	1.2
1.5	1.1	2	1.5
1.6	1.2	2.1	1.5
1.78	1.3	2.4	1.5
1.8	1.3	2.4	1.5
1.9	1.4	2.5	1.5
2	1.5	2.6	2
2.2	1.7	3	2
2.4	1.8	3.2	2
2.5	1.9	3.3	2
2.6	2	3.4	2
2.62	2	3.5	2
2.65	2	3.6	2
2.7	2.1	3.6	2
2.8	2.2	3.7	2
3	2.3	3.9	2.5
3.1	2.4	4	2.5
3.5	2.7	4.6	2.5
3.53	2.7	4.7	2.5
3.55	2.8	4.7	2.5
3.6	2.8	4.8	2.5
3.7	2.9	4.9	2.5

d2	Groove depth t +0.05	Groove width b+0.25	Lead-in chamfer C
4	3.2	5.2	3
4.3	3.4	5.6	3
4.5	3.6	5.8	3
5	4	6.5	3
5.3	4.3	7	3
5.33	4.3	7.1	3.5
5.5	4.5	7.2	3.5
5.7	4.6	7.6	3.5
6	4.9	7.9	3.5
6.5	5.4	8.4	4
6.99	5.8	9.2	4
7	5.8	9.3	4
7.5	6.3	9.8	4
8	6.7	10.5	4
8.4	7.1	10.9	4.5
8.5	7.2	11	4.5
9	7.7	11.7	4.5
9.5	8.2	12.3	4.5
10	8.6	13	5
10.5	9	13.8	5
11	9.5	14.3	5
12	10.5	15.6	5
15	13.2	19.2	5

Statisch – Axiale afdichting, druk van binnenuit of binnenuit



Druk van binnen uit
De O Ring dient geplaatst te worden tegen de buitendiameter van de groef of maximaal 3% groter te zijn.

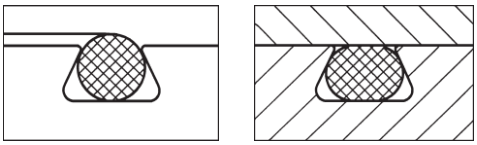


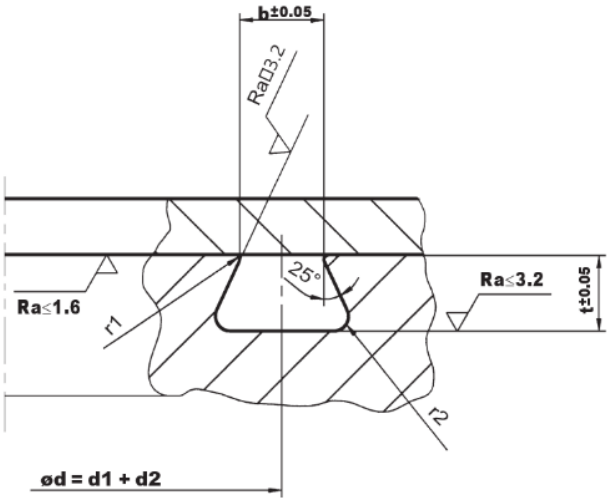
Druk van buiten uit
De O Ring dient geplaatst te worden tegen de binnendiameter van de groef of maximaal 6% kleiner te zijn.

d2	Groove depth t +0.05	Groove width b+0.25
1	0.7	1.4
1.2	0.9	1.6
1.25	0.9	1.7
1.3	1	1.7
1.5	1.1	2.1
1.6	1.2	2.2
1.78	1.3	2.5
1.8	1.3	2.6
1.9	1.4	2.7
2	1.5	2.8
2.2	1.6	3.1
2.4	1.8	3.3
2.5	1.9	3.5
2.6	2	3.6
2.62	2	3.7
2.65	2	3.8
2.7	2.1	3.8
2.8	2.1	4
3	2.3	4.1
3.1	2.4	4.2
3.5	2.7	4.8
3.53	2.7	4.9
3.55	2.7	5
3.6	2.8	5.1
3.7	2.9	5.2

d2	Groove depth t +0.05	Groove width b+0.25
4	3.1	5.5
4.3	3.3	5.9
4.5	3.5	6.1
5	4	6.7
5.3	4.2	7.2
5.33	4.2	7.3
5.5	4.5	7.4
5.7	4.6	7.6
6	4.8	8.1
6.5	5.3	8.6
6.99	5.7	9.7
7	5.7	9.7
7.5	6.2	10.1
8	6.6	10.7
8.4	7.1	11.1
8.5	7.2	11.3
9	7.6	12
9.5	8.1	12.5
10	8.5	13.6
10.5	8.9	14
11	9.4	14.7
12	10.4	15.7
15	13.2	19.4

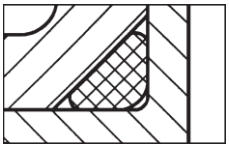
Statisch – Trapeziumvormige groef

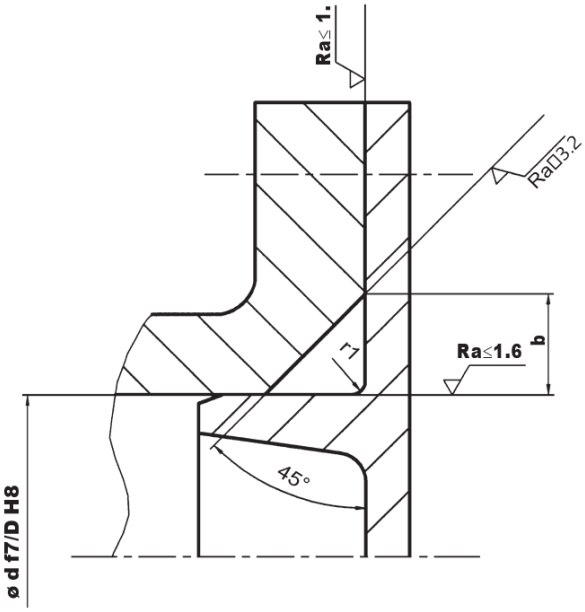




d2	Groove depth t ±0.05	Groove width b±0.05	r2	r1
2	1.5	1.6	0.4	0.25
2.2	1.6	1.7	0.4	0.25
2.4	1.8	1.9	0.4	0.25
2.5	2	2	0.4	0.25
2.6	2.1	2.1	0.4	0.25
2.62	2.1	2.1	0.4	0.25
2.65	2.1	2.1	0.4	0.25
2.7	2.2	2.1	0.4	0.25
2.8	2.3	2.2	0.4	0.25
3	2.4	2.4	0.4	0.25
3.1	2.5	2.5	0.4	0.25
3.5	2.8	2.9	0.8	0.25
3.53	2.8	2.9	0.8	0.25
3.55	2.8	2.9	0.8	0.25
3.6	2.9	3	0.8	0.25
3.7	3	3.1	0.8	0.25
4	3.2	3.3	0.8	0.25
4.3	3.3	3.6	0.8	0.25
4.5	3.7	3.7	0.8	0.25
5	4.2	4	0.8	0.25
5.3	4.6	4.2	0.8	0.4
5.33	4.6	4.2	0.8	0.4
5.5	4.7	4.4	0.8	0.4
5.7	4.9	4.5	0.8	0.4
6	5.1	4.7	0.8	0.4
6.5	5.6	5.1	0.8	0.4
6.99	6	5.6	1.6	0.4
7	6	5.6	1.6	0.4
7.5	6.4	6.1	1.6	0.4
8	6.9	6.3	1.6	0.4
8.4	7.3	6.7	1.6	0.5
8.5	7.4	6.8	1.6	0.5
9	7.8	7.2	1.6	0.5
9.5	8.2	7.7	1.6	0.5
10	8.7	8	1.6	0.5

Statisch – Conische groef





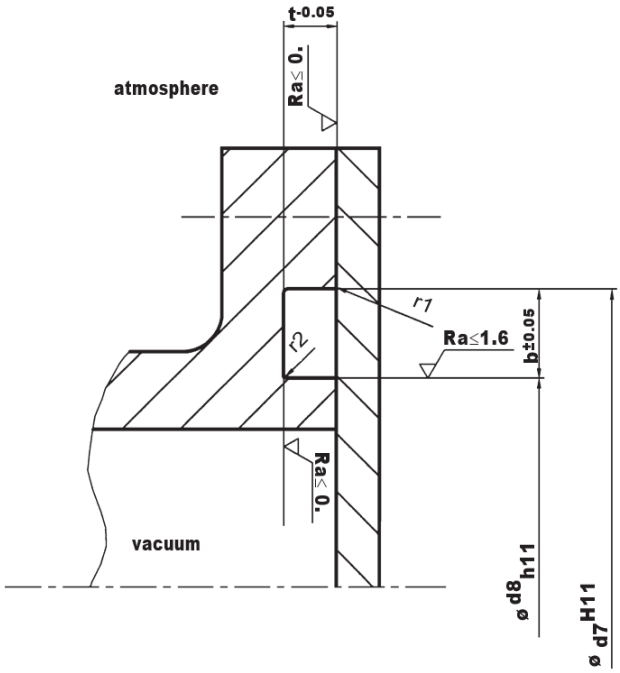
d2	Side length b	Tolerance (+)	r1
1	1.45	0.1	0.25
1.2	1.7	0.1	0.25
1.25	1.75	0.1	0.25
1.3	1.8	0.1	0.3
1.5	2.1	0.1	0.3
1.6	2.15	0.1	0.3
1.78	2.4	0.1	0.3
1.8	2.45	0.1	0.3
1.9	2.6	0.1	0.4
2	2.75	0.1	0.4
2.2	3	0.1	0.4
2.4	3.25	0.15	0.4
2.5	3.4	0.15	0.5
2.6	3.55	0.15	0.5
2.62	3.6	0.15	0.5
2.65	3.6	0.15	0.5
2.7	3.7	0.15	0.6
2.8	3.8	0.15	0.6
3	4.1	0.2	0.6
3.1	4.25	0.2	0.6
3.5	4.8	0.2	0.8
3.53	4.8	0.2	0.8
3.55	4.85	0.2	0.8
3.6	4.9	0.2	0.9
3.7	5.05	0.2	0.9
4	5.5	0.2	1.2
4.3	5.9	0.2	1.2
4.5	6.15	0.2	1.2
5	6.85	0.25	1.2
5.3	7.25	0.25	1.4
5.33	7.3	0.25	1.4
5.5	7.55	0.25	1.5
5.7	7.8	0.25	1.5
6	8.2	0.3	1.5
6.5	8.9	0.3	1.7
6.99	9.6	0.3	2
7	9.6	0.3	2
7.5	10.3	0.3	2
8	11	0.4	2
8.4	11.55	0.4	2
8.5	11.7	0.4	2
9	12.4	0.4	2.5
9.5	13.05	0.4	2.5
10	13.7	0.4	2.5
10.5	14.4	0.4	2.5
10	15.1	0.4	2.5
12	16.5	0.5	3
15	20.6	0.5	3

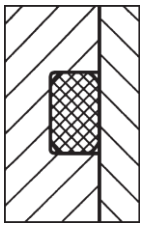
Statisch – Vacuüm dichting

Vacuümafdichting is een speciaal soort statische O-ring afdichting. In dit type is de te verzegelen systeemdruk lager dan de atmosferische druk.

- De groef moet bijna 100% worden gevuld door de vervormde O-ring. Dit creëert grotere contactoppervlakken en verhoogt de diffusietijd door het elastomeermateriaal.
- De vervorming van het O-ringgedeelte moet ongeveer 30% zijn.
- Gebruik een vacuümvet (vermindert lekkage).
- De oppervlakteafwerking (ruwheidsdiepte) van de groef en de afgedichte oppervlakken moet aanzienlijk beter zijn dan van standaard statische afdichting en het percentage contactoppervlak moet groter dan 50% zijn.
- Het gekozen elastomeer moet compatibel zijn met gas, laag zijn in permeabiliteit en een lage compressieset hebben. We raden fluororubber aan voor standaardtoepassingen.

d2	Groove depth t -0.05	Groove width b±0.05	r1	r2
1.5	1.05	1.8	0.1	0.2
1.78	1.25	2.1	0.1	0.2
1.8	1.25	2.1	0.1	0.2
2	1.4	2.3	0.1	0.3
2.5	1.75	2.9	0.1	0.3
2.6	1.8	3	0.1	0.4
2.62	1.85	3.1	0.1	0.4
2.65	1.85	3.1	0.1	0.4
2.7	1.9	3.15	0.1	0.4
2.8	1.95	3.2	0.1	0.4
3	2.1	3.5	0.1	0.6
3.1	2.2	3.6	0.1	0.6
3.5	2.45	4.1	0.2	0.6
3.53	2.5	4.1	0.2	0.6
3.55	2.5	4.15	0.2	0.6
3.6	2.5	4.2	0.2	0.6
3.7	2.6	4.3	0.2	0.6
4	2.8	4.7	0.2	0.6
4.5	3.15	5.3	0.2	0.8
5	3.5	5.9	0.2	0.8
5.3	3.7	6.3	0.2	1
5.33	3.7	6.3	0.2	1
5.5	3.8	6.6	0.2	1
5.7	4	6.7	0.2	1
6	4.2	7.1	0.2	1
6.5	4.6	7.6	0.2	1
6.99	4.9	8.2	0.3	1
7	4.9	8.2	0.3	1
7.5	5.3	8.7	0.3	1
8	5.6	9.4	0.3	1
8.4	5.9	9.9	0.3	1
8.5	6	10	0.3	1
9	6.4	10.5	0.3	1
9.5	6.7	11.2	0.3	1
10	7.1	11.7	0.3	1

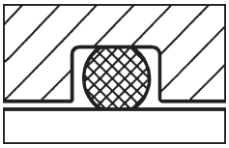




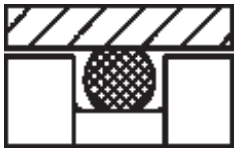
Groefafmetingen - Dynamisch

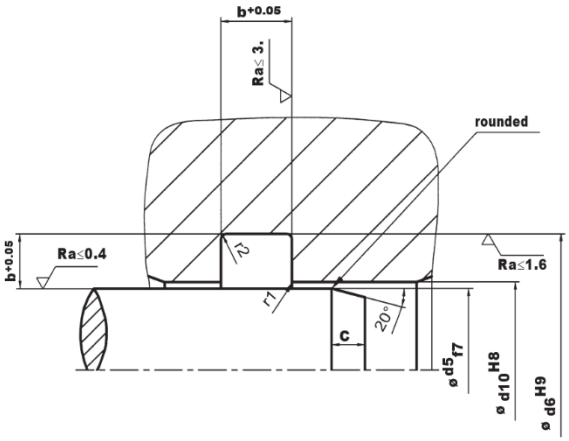
Dynamisch – Hydrauliek

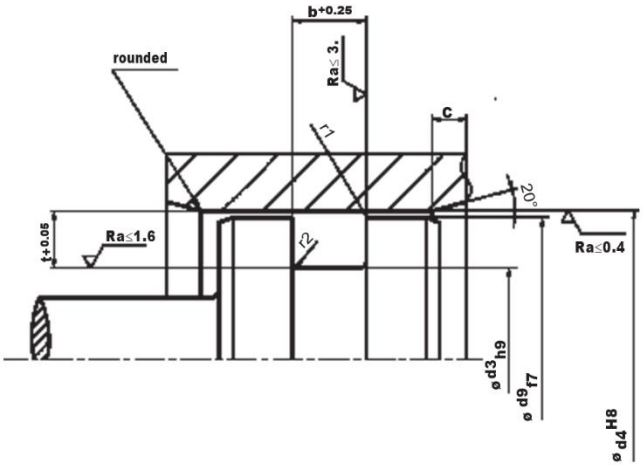
Intern:
(Rod seal)



Extern:
(Piston seal)





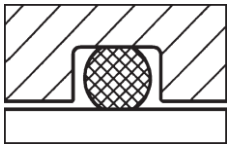


	depth t +0.05	width b+0.25	chamfer C
1	0.9	1.3	1
1.2	1	1.6	1
1.25	1.1	1.6	1
1.3	1.1	1.7	1.2
1.5	1.3	1.9	1.2
1.6	1.4	2	1.2
1.78	1.5	2.3	1.3
1.8	1.5	2.4	1.3
1.9	1.6	2.5	1.3
2	1.7	2.6	1.3
2.2	1.9	2.8	1.3
2.4	2.1	3	1.4
2.5	2.2	3.1	1.4
2.6	2.2	3.3	1.5
2.62	2.2	3.4	1.5
2.65	2.3	3.4	1.5
2.7	2.4	3.4	1.5
2.8	2.4	3.6	1.6
3	2.6	3.8	1.8
3.1	2.7	3.9	1.8
3.5	3.1	4.4	2
3.53	3.1	4.5	2
3.55	3.1	4.5	2
3.6	3.1	4.6	2

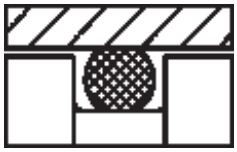
	depth t +0.05	width b+0.25	chamfer C
3.7	3.2	4.8	2
4	3.5	5.1	2
4.3	3.8	5.5	2.5
4.5	4	5.7	2.5
5	4.4	6.4	2.7
5.3	4.7	6.8	2.9
5.33	4.7	6.9	2.9
5.5	4.9	7.1	3
5.7	5.1	7.2	3
6	5.4	7.5	3.6
6.5	5.8	8.1	3.6
6.99	6.2	8.8	3.6
7	6.2	8.9	3.6
7.5	6.7	9.4	3.8
8	7.1	10.2	4
8.4	7.5	10.6	4.2
8.5	7.6	10.8	4.2
9	8.1	11.4	4.5
9.5	8.5	12	4.5
10	9	12.6	4.5
10.5	9.5	13.2	5
11	9.9	13.9	5
12	10.9	15.1	5
15	13.7	18.8	5

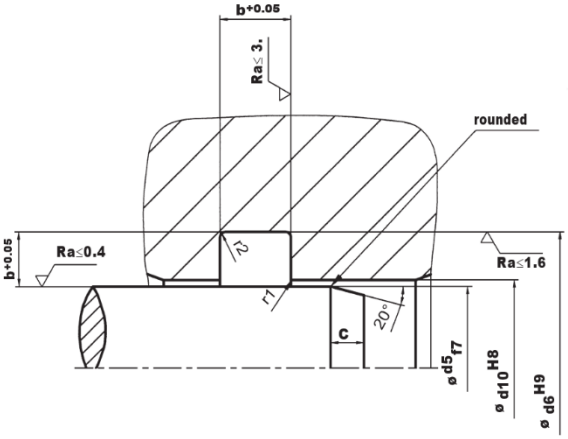
Dynamisch – Pneumatiek

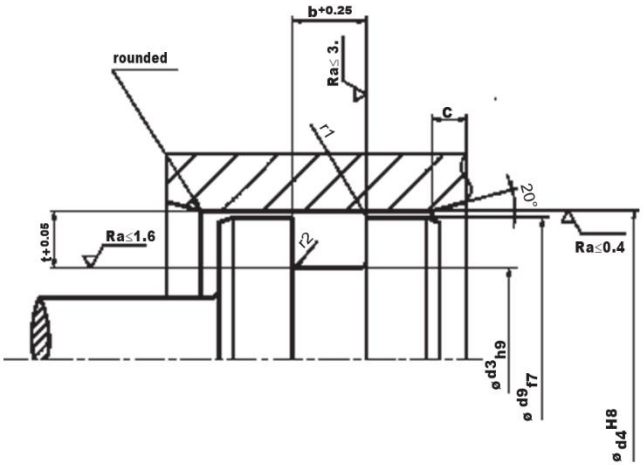
Intern:
(Rod seal)



Extern:
(Piston seal)







	depth t +0.05	width b+0.25	chamfer C
1	0.95	1.2	0.9
1.2	1.05	1.5	1
1.25	1.15	1.5	1
1.3	1.15	1.6	1.1
1.5	1.35	1.8	1.1
1.6	1.45	1.9	1.2
1.78	1.55	2.2	1.2
1.8	1.55	2.3	1.2
1.9	1.7	2.3	1.2
2	1.8	2.4	1.2
2.2	2	2.6	1.4
2.4	2.15	2.9	1.4
2.5	2.25	3	1.4
2.6	2.35	3.1	1.4
2.62	2.35	3.1	1.5
2.65	2.35	3.2	1.5
2.7	2.45	3.3	1.5
2.8	2.55	3.4	1.5
3	2.7	3.6	1.5
3.1	2.8	3.7	1.5
3.5	3.15	4.2	1.8
3.53	3.2	4.3	1.8
3.55	3.2	4.3	1.8
3.6	3.3	4.3	1.8
3.7	3.4	4.4	1.8

	depth t +0.05	width b+0.25	chamfer C
4	3.7	4.8	2
4.3	4	5.1	2
4.5	4.2	5.4	2.3
5	4.65	5.9	2.3
5.3	4.95	6.4	2.7
5.33	4.95	6.4	2.7
5.5	5.15	6.5	2.8
5.7	5.35	6.8	3
6	5.6	7.2	3.1
6.5	6.1	7.8	3.3
6.99	6.55	8.4	3.6
7	6.6	8.4	3.6
7.5	7.1	8.9	3.8
8	7.6	9.5	4
8.4	7.9	10.1	4.2
8.5	8	10.2	4.2
9	8.5	10.8	4.3
9.5	9	11.4	4.3
10	9.5	12	4.5