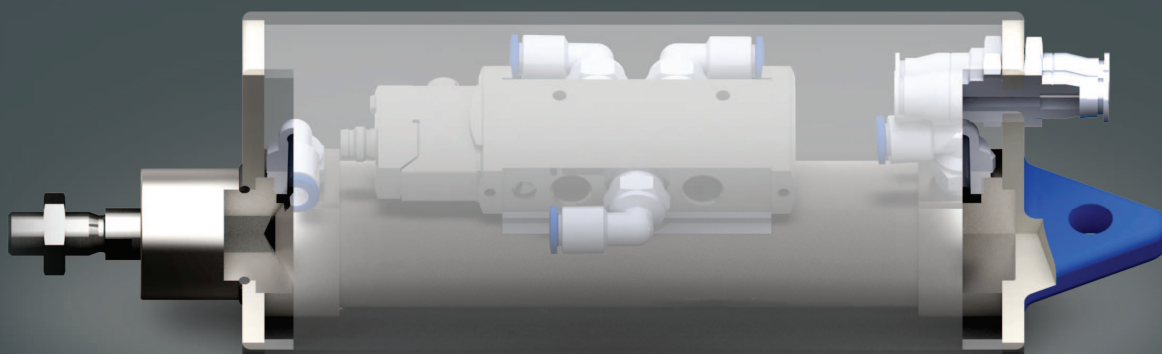


Voedselveilig omhulsel voor een cilinder- ventielcombinatie

Micha Disselkoen



Afstudeerverslag

Voedselveilig omhulsel voor een cilinder- ventielcombinatie

AFSTUDEERVERSLAG

Werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool

Micha Disselkoen

30 augustus 2013

Faculteit Werktuigbouwkunde · Haagse Hogeschool

In opdracht van Festo Nederland

The Festo logo consists of the word "FESTO" in a bold, blue, sans-serif typeface.

Het onderzoek, dat in dit verslag beschreven wordt, is gedaan in opdracht van Festo Nederland.

The logo for The Hague University of Applied Sciences features the words "THE HAGUE" in a large, bold, sans-serif font, with "THE" in black and "HAGUE" in green. Below this, the words "UNIVERSITY" and "OF APPLIED SCIENCES" are stacked in a smaller, green, sans-serif font.

Copyright © Technology, Innovation & Society Delft (TIS-D)

Micha Disselkoen

FESTO



Opdrachtschrijving Afstudeeropdracht

ons kenmerk / our ref.

-

Beste Micha,

datum / date

6 mei 2013

Zoals we hebben afgesproken kun je bij Festo afstuderen. De opdracht die wij daarvoor hebben gedefinieerd heeft te maken met een ontwikkeling die bij Festo loopt voor de voedingsmiddelen industrie:

afdeling / dept.

contactpersoon / person to contact

Customer Solutions

M. van den Berg

Ontwerp een goedkope oplossing voor een cilinder- ventielcombinatie voor gebruik in de voedingsmiddelen industrie, die gereinigd moet kunnen worden met agressieve media. Uitgangspunt is een eerdere opstelling met een standaard DSNU cilinder en een VUVG ventiel zoals opgenomen in de catalogus van Festo.

doorkiesnr. / direct call

767

De omvang van de opdracht is niet beperkt tot het uitvoeren van een specifieke opdracht maar vangt aan bij een grondige probleem analyse. Graag willen wij alle aspecten van dit vraagstuk uitgewerkt zien en zo mogelijk één of twee concepten waarbij de verschillende problemen zijn opgelost.

telefax / direct fax

999

Heel veel succes met het uitvoeren van deze opdracht!

e-mail

bgx@festo.nl

Namens Festo B.V.,



Max van den Berg
Groepsleider Engineering

Festo BV

Postbus 530

NL-2600 AM Delft

Tel. +31 (0)15 251 88 90

Fax +31 (0)15 251 88 70

Schieweg 62

NL-2627 AN Delft

www.festo.nl

KvK 27211584 Haaglanden

BTW nummer

NL-001570766B01

blad /page 1 van 1



Samenvatting

Festo moet om aan de vraag van de levensmiddelenindustrie te voldoen een voedselveilig variant ontwikkelen van een cilinder- ventielcombinatie. Op dit moment heeft Festo aangepaste cilinders en ventielen voor de levensmiddelenindustrie. Deze voldoen echter niet aan de nieuwste hygiëne normen. Het hoofddoel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een voedselveilige variant van een cilinder- ventielcombinatie die bestand is tegen reiniging met agressieve middelen. De cilinder- ventielcombinatie moet hierbij onaangepast blijven. Er wordt daarom gezocht naar een voedselveilig omhulsel.

Hiervoor wordt eerst onderzocht welke eisen de hygiëne norm (NEN1672-2 A1) stelt aan een dergelijk omhulsel. Deze norm geeft specifieke ontwerpeisen voor een onderdeel in de levensmiddelenindustrie.

Vervolgens wordt onderzocht welke kracht de reiniging uitoefent op het omhulsel en welke materiaaleisen de agressieve middelen stellen. Het omhulsel zal gemaakt moeten worden van een materiaal dat bestand is tegen de reiniging en dat gebruikt mag worden in de levensmiddelenindustrie.

Met behulp van de ontwerpeisen en de materiaaleisen, is een ontwerp gemaakt van een omhulsel. De vorm van het omhulsel is zo ontworpen dat deze voldoet aan de hygiëne eisen. Er wordt een selectie materialen gegeven welke bestand zijn tegen levensmiddelen en agressieve reinigingsmiddelen. Afhankelijk van de oplage waarin het omhulsel geproduceerd wordt, kan na keuze van een specifiek materiaal, met behulp van het ontwerp, een voedselveilig omhulsel gemaakt worden. Dit omhulsel voldoet aan de hygiëne norm en biedt bescherming tegen reiniging met agressieve middelen.

Voorwoord

Iets nieuws leren over een totaal nieuw onderwerp vind ik één van de meest interessante dingen om te doen. Voor dit onderzoek, dat ik uitgevoerd heb voor mijn afstuderen aan de Haagse Hogeschool, heb ik mij volledig moeten verdiepen in een voor mij nog onbekende industrie. In eerste instantie klinkt een onderzoeksopdracht altijd redelijk duidelijk. Na het eerste onderzoek verandert dit echter in een volledige chaos en onduidelijkheid. De uitdaging is vervolgens om in die chaos een lijn te vinden en het onderzoek af te bakenen. Het resultaat van zo'n proces levert uiteindelijk dit rapport op, waarin een gestroomlijnde, georganiseerde versie van mijn onderzoeksgang is beschreven.

Max van den Berg (groepsleider engineering van Festo) heeft mij gedurende dit project ondersteund. Indien nodig gaf hij mij door middel van kort overleg, een duw in de juiste richting. Daarnaast kon ik altijd terecht bij Sören de Jong (engineer van Festo) voor het vergelijken van mijn onderzoekresultaten met zijn opgebouwde kennis. Gelukkig liepen de ideeën niet al te ver uiteen!

Al met al heb ik een erg mooie tijd gehad bij Festo!

Micha Disselkoen
Delft, 30 augustus 2013

Woordenlijst & Symbolen

Woordenlijst

DSNU	Dubbelwerkende pneumatische ronde cilinder
FDA	Food & Drug Administration
IP	International Protection Rating
ISO	International Organization for Standardization
NEN	Nederlandse Norm
PVC	Polyvinylchloride
RVS	roestvast staal
VUVG	Pneumatische magneetventiel

Symbolen

F	impact kracht (N)
Q	debiet m^3/s
v_2	stromingssnelheid direct na verlaten spuitmond $[\text{m}/\text{s}]$
C_v	weerstandscoefficiënt water in lucht
C	stromingscoëfficiënt = 0.85
g	valversnelling = $9.81 \text{ m}/\text{s}^2$
ρ	dichtheid van water = $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$

Inhoudsopgave

Samenvatting	vii
Voorwoord	ix
Woordenlijst & Symbolen	xi
1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.1.1 Automatisering in de levensmiddelenindustrie	1
1.1.2 Over Festo	1
1.1.3 Wat is voedselveiligheid?	2
1.2 Opdrachtschrijving	2
1.2.1 Hoofdpdracht	4
1.2.2 Deelvragen	4
2 Ontwerpspecifieke eisen: Hygiënisch ontwerpen (clean design)	7
2.1 Introductie	7
2.2 Norm voor hygiënisch ontwerpen: NEN1672-2 A1	8
2.2.1 Specifieke verschillen tussen splash en food zone	9
2.2.2 Bevestigingen	9
2.2.3 Naden	9
2.2.4 O-ring/as afdichting	10
2.2.5 Afrondingen van hoeken en “uiteindes”	12
2.2.6 Oppervlaktes	12
2.3 Normeringseisen IP69K	13
2.3.1 Reinigingskracht	13
2.3.2 Stof en waterdicht	14

3	Materiaalspecifieke eisen & materiaalselectie	15
3.1	Introductie	15
3.2	Omgevingsfactoren	16
3.2.1	Corrosiviteit en reactiviteit van voeding	16
3.2.2	Omgevingstemperatuur	16
3.2.3	Reinigingsmiddelen	17
3.3	Eigenschappen van voedselveilige materialen	18
3.3.1	Afwerking	19
3.3.2	Metalen	19
3.3.3	Polymeren	19
3.4	Kostprijs materiaal	20
3.5	Materiaalselectie op basis van de tot nu toe behandelde criteria	20
4	Ontwerp van het omhulsel voor de DSNU-VUVG combinatie	25
4.1	introductie	25
4.2	Dubbelwerkende pneumatische ronde cilinder (DSNU) variant	26
4.3	Primaire vorm van het omhulsel	26
4.4	Afdichting tussen cilinder en omhulsel	28
4.4.1	Aanpassing van de DSNU cilinder	28
4.5	Externe bevestiging	28
4.6	Fabricage & kosten	29
5	Conclusie en aanbevelingen	31
5.1	Conclusie	31
5.2	Aanbevelingen	32
I	IP69-K Norm	33
II	Krachtberekening: kracht op behuizing als gevolg van hogedrukreiniging	35
III	Reinigingsmiddelen	39
IV	Resistenstietabel	41
V	Conceptfase: omhulsel cilinder ventiel combinatie	43
	Bibliografie	49

Hoofdstuk 1

Inleiding

Na een algemene introductie over automatisering in de levensmiddelenindustrie en de rol die Festo daarin speelt, volgt het bespreken van de hoofdpdracht en de manier waarop deze is opgesplitst in deelvragen.

1.1 Achtergrond

1.1.1 Automatisering in de levensmiddelenindustrie

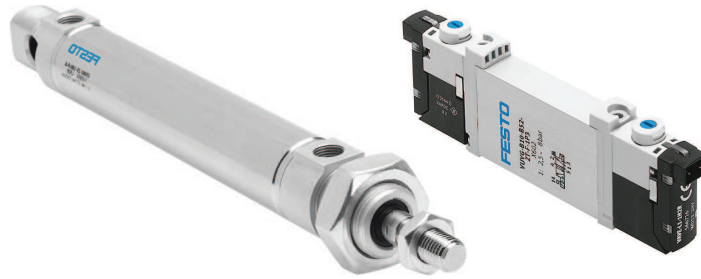
In de levensmiddelenindustrie worden steeds meer processen geautomatiseerd. Om de kwaliteit van het eindproduct te beschermen, worden de voor automatisering gebruikte installaties, dagelijks grondig gereinigd. Bij de reiniging wordt gebruik gemaakt van chemicaliën en stoom onder hoge druk. In het ideale geval zijn de blootgestelde onderdelen van de gebruikte apparatuur afgestemd op deze reiniging. De vorm en de gebruikte materialen van de apparatuur bepaalt namelijk het gemak waarmee de installatie gereinigd kan worden.

1.1.2 Over Festo

Festo is een Duitse onderneming die zich specialiseert in de pneumatische sturing- en automatiseringstechniek. De apparatuur die Festo produceert wordt gebruikt in diverse industrieën. Festo produceert in principe geen machines, maar onderdelen welke gebruikt worden in machines. De onderdelen waarop dit onderzoek zich voornamelijk richt, zijn de cilinders en ventielen van Festo (zie Fig. 1.1) voor gebruik in de levensmiddelenindustrie.

Pneumatiek in de levensmiddelenindustrie

Een cilinder kan door middel van luchtdruk een bepaalde verplaatsing realiseren. Hierbij wordt de cilinder aangestuurd door een ventiel. Afhankelijk van de taak die de cilinder vervult, bevindt het ventiel zich op een ventieleiland (zie Fig. 1.2) of zo dicht mogelijk bij de



Figuur 1.1: DSNU cilinder en VUVG ventiel

cilinder. De afstand tussen het ventiel en de cilinder is bepalend voor de reactietijd van de cilinder. Voor toepassing waarbij een korte reactietijd van belang is, wordt gebruik gemaakt van een cilinder-ventielcombinatie (zie Fig. 1.3). Bij een cilinder-ventielcombinatie wordt het ventiel tegen de cilinder geplaatst.

Festo's cilinders en ventielen worden in de levensmiddelenindustrie gebruikt voor zeer uiteenlopende functies. De cilinders worden gebruikt in machines om een bepaalde handeling uit te voeren. Een mogelijke toepassing is afgebeeld in Fig. 1.4, in dit figuur is een cilinder te zien welke een koekje oppakt. Een geheel andere mogelijke toepassing van een Festo cilinder is bijvoorbeeld het veranderen van de richting van een product op een lopende band (zie Fig. 1.5). Zo zijn er nog vele toepassingen denkbaar.

Voor de levensmiddelenindustrie heeft Festo een aantal specifieke ventielen en cilinders ontwikkeld. Deze cilinders en ventielen zijn in het bijzonder bestand tegen chemicaliën, hebben waar mogelijk een "clean"/hygiënisch ontwerp en maken gebruik van aangepaste smeermiddelen. De apparaten voldoen daarmee aan de strenge eisen voor de voedselveiligheid (zie paragraaf 1.1.3) van de levensmiddelenindustrie.

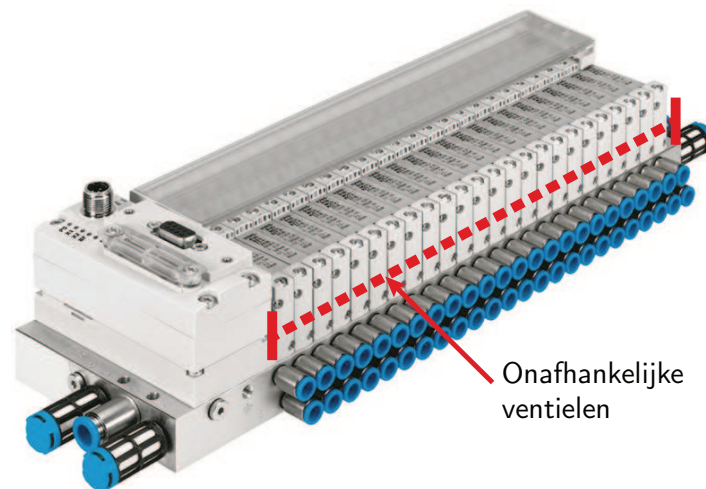
1.1.3 Wat is voedselveiligheid?

De voedselveiligheid wordt gedefinieerd in "General Food Hygiene Directive" als "Alle maatregelen die nodig zijn om de veiligheid en deugdelijkheid van levensmiddelen te garanderen", dit is van toepassing gedurende "alle stappen van het productieproces na de primaire productie". Deugdelijkheid van de levensmiddelen wordt hierbij omschreven als: "hetgeen dat voor menselijke consumptie van relevantie is gezien hygiëne". De omschrijving van voedselveiligheid is later aangepast naar: "de maatregelen en condities die nodig zijn om dreiging te controleren en om kwaliteit voor menselijke consumptie van levensmiddelen gezien het beoogde gebruik te garanderen"[1]

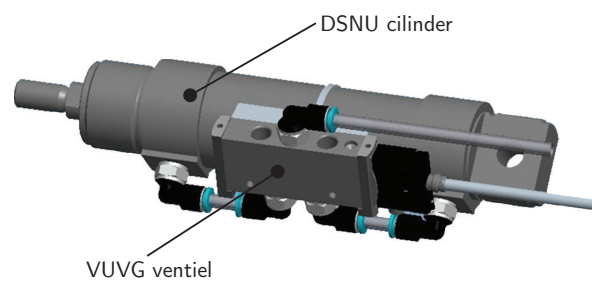
Voedselveiligheid is er voornamelijk op gericht om de hygiëne en kwaliteit van het eindproduct (het levensmiddel in de levensmiddelenindustrie) te bewaken.

1.2 Opdrachtomschrijving

Vanuit de levensmiddelenindustrie is er vraag naar een goedkope aanpassing aan de cilinder-ventielcombinatie, met als doel het vergemakkelijken van de reiniging. Vanuit bedrijfseconomisch oogpunt moeten de onderdelen van de cilinder-ventielcombinatie ongewijzigd blijven.



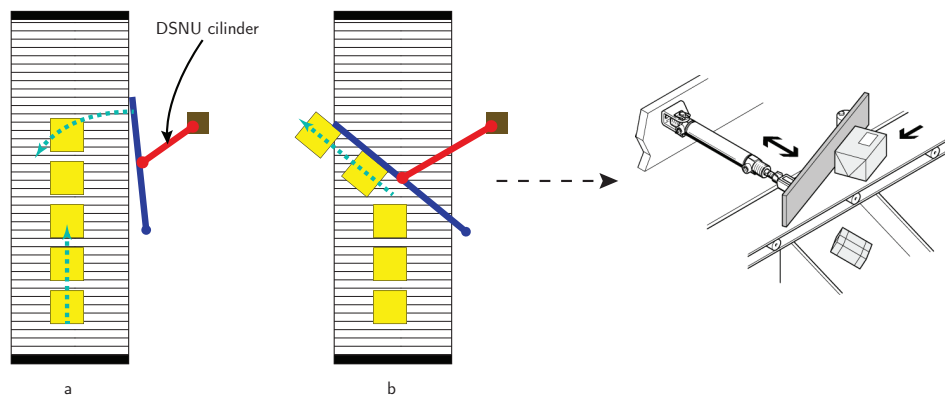
Figuur 1.2: Ventieleiland bestaand uit aaneelkaar gekoppelde ventielen



Figuur 1.3: De combinatie van een VUVG ventiel met een DSNU cilinder.



Figuur 1.4: Toepassing van cilinders in de levensmiddelenindustrie



Figuur 1.5: Mogelijke toepassing van DSNU cilinder: cilinder bestuurt een “flipper” welke een product op band van richting verandert.

1.2.1 Hoofdoopdracht

Festo is een van de leidinggevende bedrijven in de pneumatische industrie. Deze positie blijft behouden door constante innovatie van de producten. De innovatie van producten voor de levensmiddelenindustrie, vindt onder andere plaats door te voldoen aan de hoogste eisen op het gebied van hygiëne. De vraag vanuit de levensmiddelenindustrie naar een goedkope oplossing voor de gemakkelijke reiniging van een cilinder- ventielcombinatie, en in aanmerking genomen de wens om de combinatie onveranderd in stand te laten, leidt tot de navolgende hoofdoopdracht:

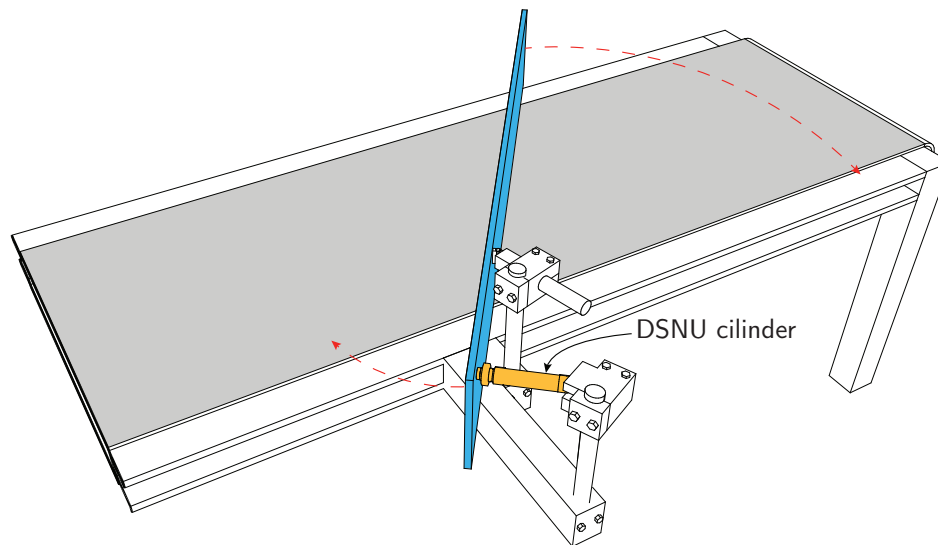
Ontwerp een goedkope oplossing voor een cilinder- ventielcombinatie voor gebruik in de levensmiddelenindustrie, die gereinigd moet kunnen worden met agressieve media. Uitgangspunt is een eerdere opstelling met een standaard DSNU cilinder en een VUVG ventiel zoals opgenomen in de catalogus (zie Fig. 1.3) van Festo.

De oplossing van dit probleem, wordt door Festo gezocht in de vorm van een omhulsel voor de cilinder- ventielcombinatie (hierna genoemd: “combinatie”). Een omhulsel voor de combinatie zou de nodige bescherming moeten kunnen bieden bij de reiniging. Een belangrijk “beperking” van het omhulsel is dat de kosten van deze aanpassing in verhouding moet staan tot de initiële aanschafkosten van de cilinderventielcombinatie. De verkorte en vereenvoudigde reiniging, een gevolg van de bescherming die het omhulsel biedt aan de combinatie, zou tot kostenbesparing moeten leiden voor de levensmiddelenfabrikant.

Het omhulsel zal ontworpen worden voor een gecreëerde gebruikssituatie gelijk aan Fig. 1.5 een soort gelijke opstelling is afgebeeld in Fig. 1.6.

1.2.2 Deelvragen

Het omhulsel moet zo ontworpen worden dat de combinatie makkelijk te reinigen is en het risico op microbiologische besmetting minimaal is. Om dit te bereiken zal het ontwerp moeten voldoen aan hygiëne specifieke ontwerpisen. Deze ontwerpisen komen voort uit de eerste deelvraag:



Figuur 1.6: Flipper opstelling met DSNU cilinder.

1. Wat zijn de ontwerpisen voor een omhulsel, zodat het “hygiënisch” is en gemakkelijk gereinigd kan worden?

Met “hygiënisch” wordt hier bedoeld dat het omhulsel zo ontworpen is dat de kans op microbiologische bacteriegroei minimaal is. Op hygiënisch vlak wordt hiervoor als eis gesteld, dat het ontwerp moet voldoen aan de NEN-EN 1672-2 (Nederlandse Norm (NEN))[2] norm.

Het omhulsel moet de combinatie beschermen tegen reiniging en omgevingsfactoren in de levensmiddelenindustrie. Om deze bescherming te kunnen bieden zal het omhulsel gemaakt moeten worden van een materiaal dat bestand is tegen deze omgevingsfactoren en dat bestand is tegen de dagelijkse reinigingen. De tweede deelvraag volgt uit deze materiaaleisen voor het omhulsel:

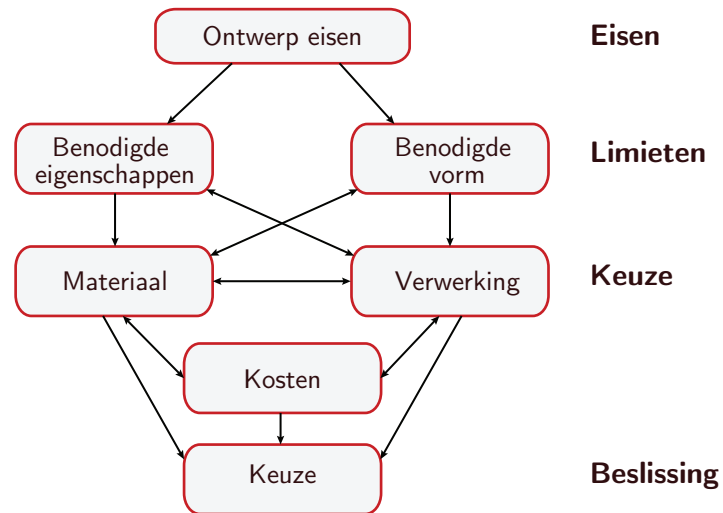
2. Welk materiaal, dat toegepast kan worden in de levensmiddelenindustrie, kan (veilig) gebruikt worden voor het omhulsel?

Als benadering voor de reinigingssituatie in de levensmiddelenindustrie, wordt de IP69K (International Protection Rating (IP)) (zie bijlage I) norm gebruikt. Het uiteindelijke ontwerp moet de testprocedure van deze norm succesvol kunnen doorstaan.

Koppeling tussen materiaalselectie, productiemethode en ontwerp

In Fig 1.7 is een schema over de selectie van het materiaal, afhankelijk van de productie methode en het ontwerp, afgebeeld. Aan de hand van de materiaaleisen - die volgen uit het ontwerp en de omgeving - wordt een bepaald materiaal geselecteerd. Elk materiaal heeft een bepaalde manier waarop het verwerkt moet worden. De verwerkingsmethode kan beperkingen opleggen aan het ontwerp. In dat geval moet het ontwerp aangepast worden op de productiemethode, of moet een ander materiaal geselecteerd worden.

Afhankelijk van de oplage waarin het ontwerp geproduceerd wordt, kan een verwerkingsmethode een te hoge invloed hebben op de stukprijs van het product. Een ander materiaal - dat op een goedkopere manier verwerkt kan worden - is in dit geval een uitkomst.



Figuur 1.7: Schema voor de koppeling tussen de selectie van een materiaal en productiemethode, en het ontwerp.

Ontwerpspecifieke eisen: Hygiënisch ontwerpen (clean design)

2.1 Introductie

Bij het ontwerpen van een machine die een bepaalde (autonome) taak vervult, wordt vooral naar de functionaliteit van het ontwerp gekeken. In de voedingsindustrie is naast de functionaliteit, het ontwerp van de machine belangrijk en dan wel specifiek de mate van hygiëne van het ontwerp. Deze manier van ontwerpen wordt “clean design” (oftewel hygiënisch ontwerpen) genoemd. De belangrijkste punten van hygiënisch ontwerpen zijn [3]:

- maximale bescherming bieden voor het product
- contactvlakken die gemakkelijk te reinigen zijn en het product niet zullen vervuilen
- overgangen die zo gevormd zijn dat de kans op chemische of microbiologische besmetting minimaal is
- ruimte geven voor onderhoud, reiniging en inspectie

Bij hygiënisch ontwerpen van een machine is altijd sprake van een balans tussen functionaliteit en hygiëne. Een machine met een excellent hygiënisch ontwerp, maar met een zeer lage functionaliteit is onbruikbaar [4, p.123]. Punten waar voor een compromis gekozen wordt, zullen goed gedocumenteerd moeten worden. Het hygiënische aspect zal altijd moeten worden gecompenseerd. Dat kan door middel van een intensivering van de reiniging.

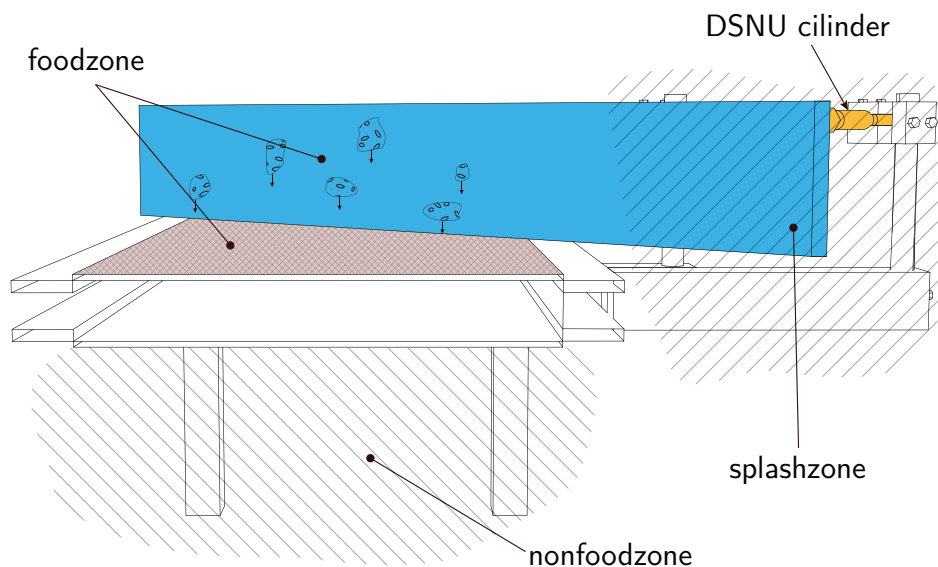
Dit hoofdstuk geeft hygiënische alternatieven voor doorgaans gebruikte constructies welke gebruikt moeten worden bij het ontwerpen van het voedselveilige omhulsel dat voldoet aan de NEN-EN 1672-2 [2], zoals gesteld in de hoofdopdracht (paragraaf 1.2.1).

2.2 Norm voor hygiënisch ontwerpen: NEN1672-2 A1

Zoals in de hoofdpdracht (paragraaf 1.2.1) beschreven staat, zal het omhulsel moeten voldoen aan de NEN1672-2 A1 norm. In deze norm staan verschillende ontwerp aspecten beschreven die bijdragen aan een hygiënisch ontwerp. De plaats van een onderdeel binnen een productieomgeving bepaalt de mate van hygiëne waar rekening mee gehouden moet worden. In de norm is de productie omgeving opgedeeld in drie zones (zie Fig. 2.1). Deze drie zones zijn:

- foodzone
 - product dat hier terecht komt kan zich opnieuw mengen in de productstroom
- splashzone
 - product dat hier terecht komt zal niet opnieuw terecht komen in de productstroom
- nonfoodzone
 - zone waar geen product terecht kan komen

Onafhankelijk van de positie van het onderdeel moet er gestreefd worden naar de eisen voor een onderdeel in de foodzone. Indien het onderdeel zich echter in een andere zone dan de foodzone bevindt, en het ontwerp niet kan voldoen aan de eisen van de foodzone, dan zijn er voor de splash- en nonfoodzone aangepaste eisen. De specifieke verschillen worden behandeld in paragraaf 2.2.1.



Figuur 2.1: Voedselzones in een productieomgeving (omgeving is gelijk aan Fig. 1.6 in paragraaf 1.2.1)

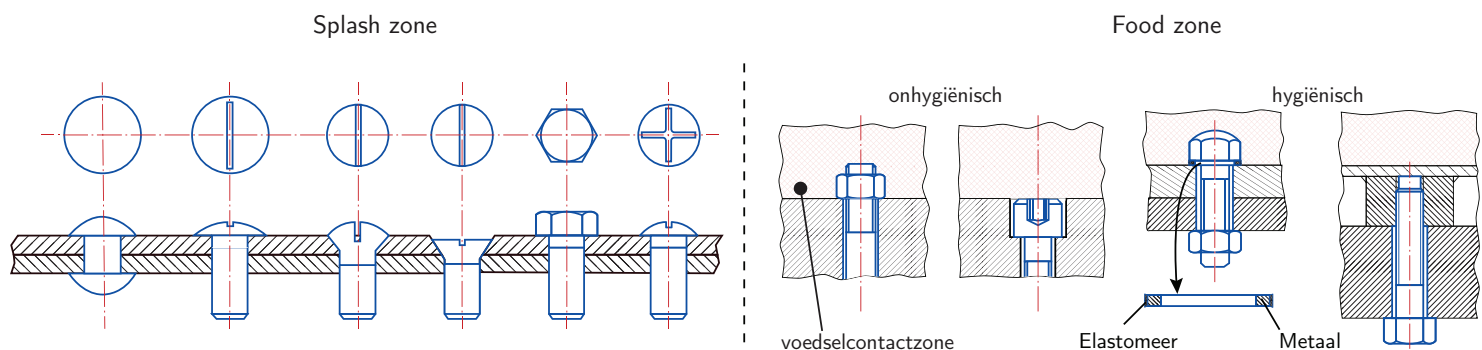
2.2.1 Specifieke verschillen tussen splash en food zone

De combinatie bevindt zich in een splash zone (zie Fig. 2.1 en Fig. 1.6). In eerste instantie zal het omhulsel ontworpen moeten worden op basis van de eisen aan de foodzone, indien het ontwerp niet aan deze eisen kan voldoen dan kan er enigszins afgeweken worden van deze eisen. De punten waarop afgeweken kan worden zijn [2]:

- Het materiaal mag een hogere ruwheid (R_a waarde) (paragraaf 3.3.1) hebben.
- De straal van binnen- en buitenhoeken (paragraaf 2.2.5) mag kleiner zijn indien de hoeken reinigbaar/desinfecteerbaar blijven.
- Lagers, afdichtingen en bewegende assen kunnen, indien er geen nadelige invloed is op het voedsel, gesmeerd worden met non-food smeermiddelen.

2.2.2 Bevestigingen

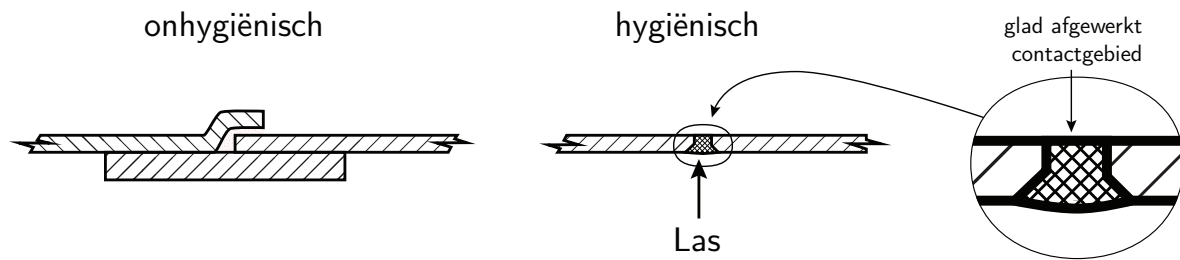
Bevestigingsmaterialen aan de buitenzijde van het omhulsel, hebben door hun vorm een nadelige invloed op de hygiëne en “reinigbaarheid” van een ontwerp. Het gebruik ervan moet daarom geminimaliseerd worden. Als er toch een bevestigingsmateriaal aan de buitenzijde gebruikt moeten worden, dan moeten deze op de zone (splash of food) afgestemd worden (Fig. 2.2).



Figuur 2.2: Hygiënische bevestiging van materialen in een voedselcontactzone en splashzone.

2.2.3 Naden

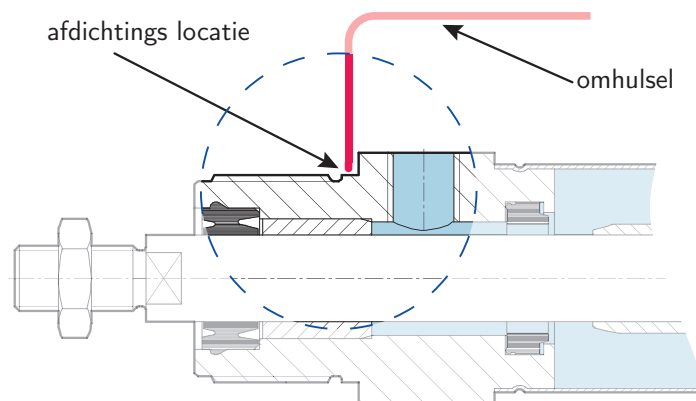
Het omhulsel omsluit de cilinderventielcombinatie. Hierbij zal een verbinding gemaakt moeten worden tussen twee verschillende delen van het omhulsel. De naad die hierdoor ontstaat moet op een hygiënische manier afgewerkt worden. Een hygiënische naad (Fig. 2.3) moet vrij zijn van uitsparingen, gaten en krassen. Het is belangrijk om na het bevestigen van de beide delen deze te bewerken om een glad oppervlak te behalen.



Figuur 2.3: Hygiënisch verbindingsalternatief voor plaatdelen

2.2.4 O-ring/as afdichting

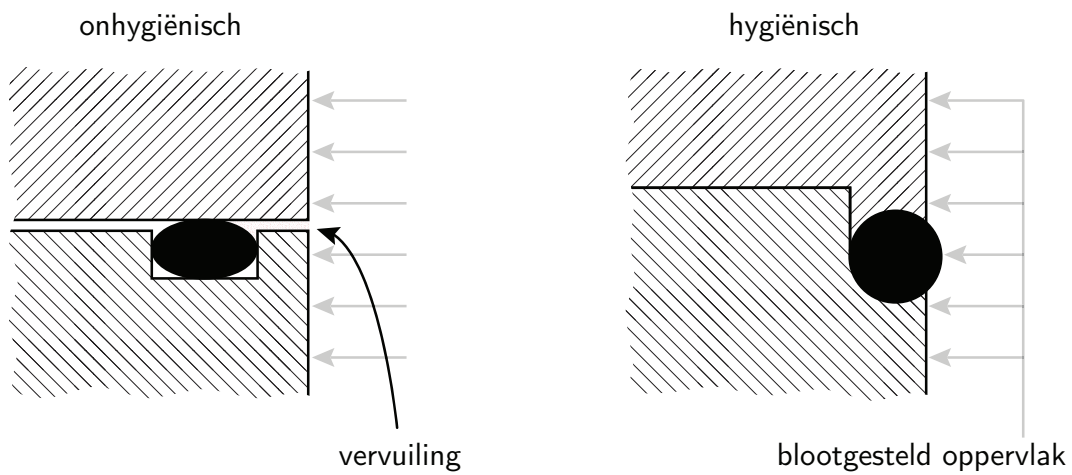
Tussen omhulsel en de DSNU cilinder (zie Fig. 2.4) zal een afdichting moeten komen. Het hygiënisch afdichten van de overgang tussen het omhulsel en de cilinder wordt één van de kritieke punten in het uiteindelijke ontwerp. Conventionele o-ring afdichting zijn moeizaam te reinigen door de aanwezigheid van een gleuf tussen de twee onderdelen die afgesloten worden met de afdichting (zie Fig. 2.3 “onhygiënisch”). Een hygiënisch alternatief is het naar buiten brengen van de o-ring (zie Fig. 2.5 “hygiënisch”). Hiervoor moeten beide kanten, van het af te dichten onderdeel, aangepast worden.



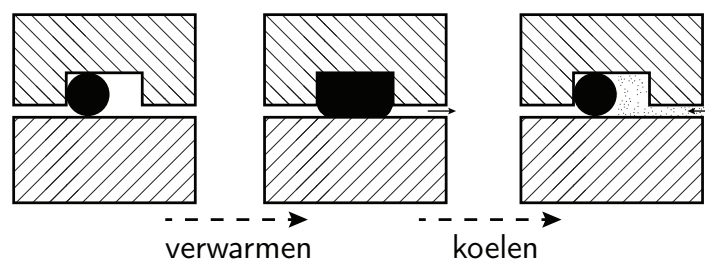
Figuur 2.4: Doorsnede van een DSNU cilinder met een mogelijke locatie voor de verbinding tussen DSNU cilinder en omhulsel.

Pompend effect van een afdichting

Temperatuurswisselingen vormen een hygiëne risico voor o-ring afdichtingen. Onder invloed van de temperatuur, verandert de grootte van de o-ring. Hierdoor ontstaat een pompend effect [2](zie Fig. 2.6). Dit pompend effect kan materiaal in de afdichting zuigen. Het effect van deze pompende werken wordt geminimaliseerd door de ruimte om de o-ring afdichting reinigbaar en zo klein mogelijk te maken.



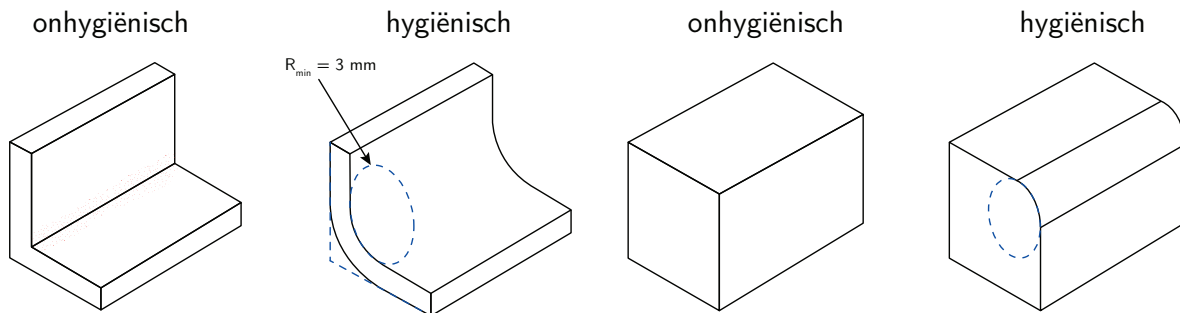
Figuur 2.5: Hygiënisch alternatief voor een o-ring afdichting



Figuur 2.6: Pompend effect van een onhygiënische o-ring afdichting

2.2.5 Afrondingen van hoeken en “uiteindes”

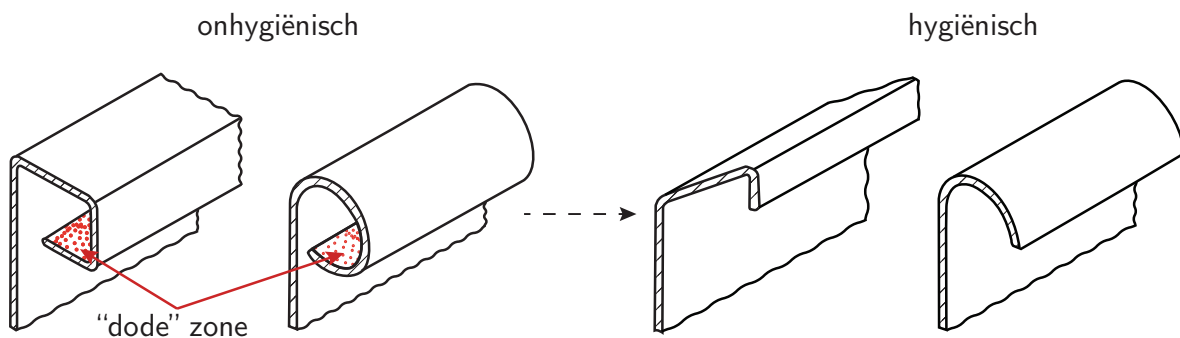
Dode ruimtes zijn ruimtes waar vervuiling kan optreden doordat de ruimte te klein is om goed te reinigen. Deze dode ruimtes worden voorkomen door het afronden van inwendige en uitwendige hoeken. In Fig. 2.7 is deze inwendige en uitwendige hoekafronding afgebeeld. Deze inwendige en uitwendige hoeken hebben bij voorkeur een radius groter dan 6 mm, indien nodig kan een radius gebruikt worden van minimaal 3 mm [4, p.131]. Het gemak van reiniging neemt toe tot een radius van 20 mm [2].



Figuur 2.7: Afronding van binnen- en buitenhoekafrondingen, om dode zone te voorkomen

Afronding plaatdelen

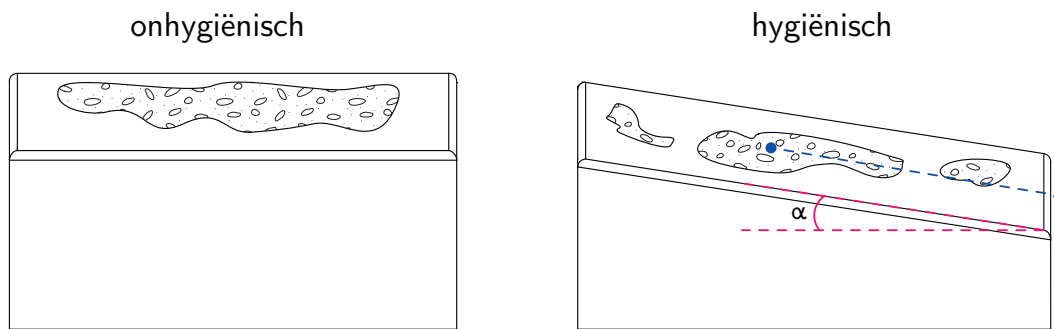
Bij afrondingen moet voorkomen worden dat er dode ruimtes ontstaan. Plaatdelen moeten daarom altijd zo afgerond worden dat er geen vuil achter kan blijven op plaatsen die moeilijk te reinigen zijn (zie Fig. 2.8).



Figuur 2.8: Hygiënische afwerking van randen volgens de NEN-EN 1672-2

2.2.6 Oppervlaktes

Horizontale oppervlaktes geven, door mogelijk achter gebleven vloeistoffen van de reiniging of het productieproces (zie Fig. 2.9), de mogelijkheid tot bacteriën groei. Daarom moet de buitenzijde van het omhulsel met behulp van een hellingshoek vloeistoffen afvoeren in de tegengestelde richting van het product dat verwerkt wordt [5]. Een minimale hellingshoek (zie α in Fig. 2.9) die doorgaans gebruikt wordt om dit te bereiken is 1-2 % [6, p.135].



Figuur 2.9: Helling (hoek α) in horizontale vlak om het vlak “zelflozend” te maken.

2.3 Normeringseisen IP69K

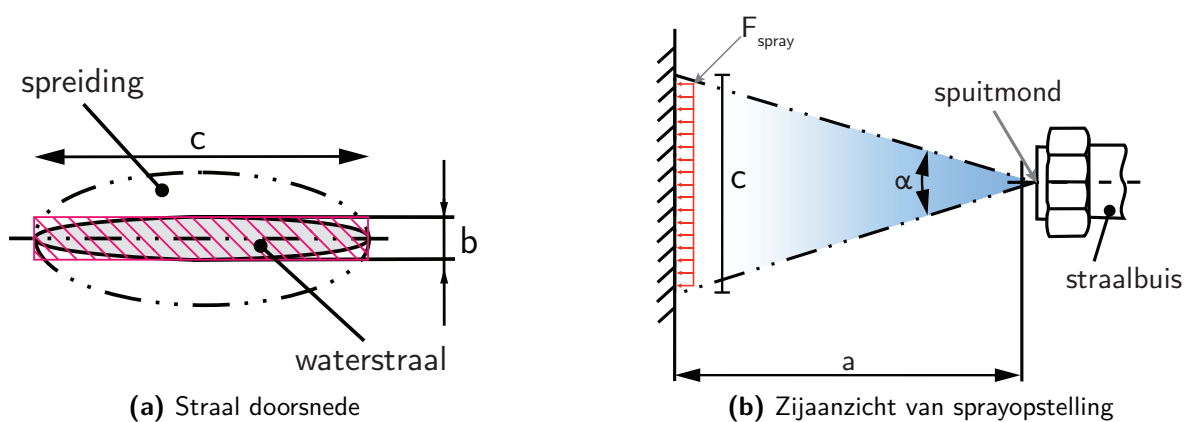
Een eis voor het omhulsel is dat deze gecertificeerd wordt volgens de IP69K norm (zie bijlage I). Deze norm is een benadering van de reinigingsprocedure die in de voedingsindustrie gebruikt wordt.

2.3.1 Reinigingskracht

De behuizing wordt gedurende de testprocedure van de norm (zie paragraaf 1.2.2), bespoten met een straal water. De vorm van deze straal (zie Fig. 2.10a) en de afstand tussen de behuizing en de straalmond (zie Fig. 2.10b), zijn bepaald in de norm. De vorm, de druk en het oppervlak van de waterstraal op de behuizing, bepalen de kracht die op de behuizing komt te staan.

De theoretische kracht op de behuizing per mm^2 , wordt berekend door opeenvolgend de uitgangssnelheid van het water, de totale theoretische kracht en uiteindelijk de kracht per mm^2 te berekenen (zie bijlage II). De uiteindelijke kracht per mm^2 bedraagt:

$$F_{\text{permm}^2} = 0,0374 \text{ N/mm}^2 \quad (2.1)$$



Figuur 2.10: Specificaties van de sprayopstelling uit de IP69-K norm

Deze kracht moet het omhulsel op alle punten kunnen verdragen om tegen de kracht van de waterstraal bestand te zijn.

2.3.2 Stof en waterdicht

De IP-69K norm omschrijft dat de behuizing volledig stof en waterdicht moet zijn^(zie I). Het omhulsel zal daarom volledig de combinatie water- en stofdicht moeten omsluiten.

Materiaalspecifieke eisen & materiaalselectie

3.1 Introductie

In de levensmiddelenindustrie spelen de omgevingsfactoren een grote rol bij de materiaalkeuze. Voordat begonnen kan worden met het ontwerpen van een cilinderomhulsel, zal eerst ingegaan worden op de eisen die gesteld worden aan een materiaal met toepassing in de levensmiddelenindustrie.

De materiaalspecifieke eisen, behandeld in dit hoofdstuk, zijn te gebruiken als algemene selectiecriteria voor een materiaal in de levensmiddelenindustrie.

Corrosie van materialen in de levensmiddelenindustrie, treedt op als gevolg van contact met de levensmiddelen en de gebruikte reinigingsmiddelen. De standaard materiaalkeus in de levensmiddelenindustrie is roestvast staal (RVS). De keus voor RVS volgt uit de goede weerstand tegen verschillende chemicaliën en levensmiddelen. Daarnaast kan RVS makkelijk gereinigd en gesteriliseerd worden [4]. RVS is echter wel een kostbaar materiaal en de verwerking is duur. Het is daarom zinvol om per situatie af te wegen of het nodig is om RVS te gebruiken. Afhankelijk van de specifieke toepassing bestaan alternatieve, goedkopere materialen, die gebruikt kunnen worden in de levensmiddelenindustrie.

De eerste stap bij de keuze van een materiaal, is het vastleggen van de eigenschappen waaraan het materiaal moet voldoen. De selectie van een materiaal is een afvalrace waarbij gedurende het selectieproces de materiaaleisen beter gedefinieerd kunnen worden. Er zijn echter wel bepaalde materiaaleisen die - onafhankelijk van het potentieel te gebruiken materiaal - vastliggen. Deze materiaaleisen worden in de eerste paragrafen van dit hoofdstuk behandeld. Het tweede gedeelte van dit hoofdstuk bespreekt de relevante algemene eigenschappen van metalen en kunststoffen in relatie tot de levensmiddelenindustrie. Afsluitend zullen de besproken materiaaleisen gebruikt worden voor het maken van een eerste selectie van (mogelijk te gebruiken) materialen.

3.2 Omgevingsfactoren

De omgevingsfactoren in de levensmiddelenindustrie zijn afhankelijk van het voedsel dat verwerkt wordt. Bij de materiaalselectie is voornamelijk de corrosiviteit van de voeding en de gebruikte reinigingsmiddelen een factor.

3.2.1 Corrosiviteit en reactiviteit van voeding

Voedsel valt qua corrosiviteit grofweg in drie categorieën in te delen[7]:

- Niet corrosief: vlees, melk vis, olie, vet en granen
- Mild corrosief, voeding met een pH 6 - 7 en minder dan 1 [%] zout: zuivelproducten, siroop, wijn, bier, fruit, frisdranken en soep
- Hoog corrosief, voeding met pH 3 - 5, zoals: citrussap, jam, zuur ingeblikt fruit, saus, dressing en groentes

De volgende pH-waardes gelden per soort voedsel:

Groente	3,0 tot 6,0
Fruit	2,0 tot 5,0
Bakkerijproducten	5,0 tot 6,5
Vlees	6,0 tot 7,0
Vis	5,5 tot 6,0
Zuivelproducten	5,0 tot 6,5
Drank	2,0 tot 5,5

Tabel 3.1: pH waardes voor verschillende voedingsproducten [7]

Naast de corrosiviteit van de verschillende voedingsproducten, reageren sommige materialen op de in de voeding aanwezige vetten en oliën. Voedingsvetten en oliën (uit bijvoorbeeld vlees, boter of chocola) gedragen zich anders dan normale mineraal olie. De gegevens over de reactiviteit tussen een bepaald materiaal en mineraal olie, kunnen daarom niet gebruikt worden als een maat voor de reactiviteit van voedingsvetten en oliën [8].

3.2.2 Omgevingstemperatuur

Temperatuur heeft effect op de eigenschappen van een materiaal. Een materiaal heeft een specifiek temperatuurbereik waarbinnen het gebruikt kan worden. Dit temperatuurbereik bestaat uit een minimum/maximum temperatuur en een temperatuurbereik waarbinnen het materiaal continue gebruikt kan worden. In de levensmiddelen industrie is de omgevingstemperatuur afhankelijk van het product dat verwerkt wordt. De laagste omgevingstemperatuur (de omgevingstemperatuur wordt als een constante temperatuur beschouwd) voor niet diepgevroren verwerking van levensmiddelen, wordt bereikt in de (rauw)vleesindustrie. Rauw vlees wordt verwerkt bij een temperatuur tussen de -1 °C en 4 °C. Bij de reiniging van machines in de levensmiddelenindustrie wordt gebruik gemaakt van heet water bij een temperatuur

van 40 °C. De norm waaraan het omhulsel moet voldoen (zie 1.2.2), omschrijft een testprocedure waarbij water met een temperatuur van 80 °C gebruikt wordt. Dit is een kortstondige maximum temperatuur, die tijdens de reiniging plaatsvindt.

Het materiaal van het omhulsel zal daarom bestand moeten zijn tegen de volgende temperaturen:

Constant	Minimum	Maximum
-1 °C	-1 °C	80 °C

Tabel 3.2: Minimum, maximum en constante temperatuureis.

3.2.3 Reinigingsmiddelen

In de levensmiddelenindustrie worden verschillende reinigingsmiddelen gebruikt. De keuze van het reinigingsmiddel hangt af van het voedsel dat verwerkt wordt, de corrosiebestendigheid van de aanwezige apparatuur en een eventueel economische aspect. Reinigingsmiddelen zijn in te delen in vier hoofd categorieën, afhankelijk van de aanwezige chemicaliën (zie tabel 3.3).

Zuur	Neutraal	Basisch	Desinfecterend
Fosforzuur	Ozone	Natriumcarbonaat	Ethanol
Azijnzuur	Chloor	Natrium/kalium-hydroxide	Quaternair ammoniumzout
Salpeterzuur	Waterstofperoxide	Natriumhypochloriet	Peroxide
Citroenzuur	Waterstofnitraat	Fosfaat	
Sulfaminezuur		Bicarbonaat	

Tabel 3.3: Indeling chemicaliën per categorie

In bijlage IV, afbeelding IV.1 is een overzicht te vinden met daarin de reactieve stoffen van verschillende soorten reinigingsmiddelen. De stoffen die direct terug te koppelen zijn aan tabel 3.3 zijn gekleurd weergegeven.

Reactiviteit van verschillende reinigingsmiddelen

Doordat de reinigingsmiddelen verdund worden, komen de concentraties van de verschillende chemicaliën (doorgaans) niet boven de 5 % uit (zie bijlage IV). Voor de materiaalkeuze is de concentratie van de verschillende chemicaliën relevant, omdat de mate waarin een chemische reactie plaatsvindt afhankelijk is van de concentratie, de duur en temperatuur van de reactieve stoffen. Gedurende de reiniging zal het materiaal korte tijd blootgesteld worden aan het (verdunde) reinigingsmiddel en vervolgens afgespoeld worden. Het is daarom nuttig om te kijken naar de resistentie van een materiaal voor de reactieve stoffen in de gebruikte reinigingsmiddelen.

Hierbij moet opgemerkt worden dat de testprocedures voor de resistentie van een materiaal en een bepaalde stof, niet overeenkomen met een korte reiniging. Deze gegevens kunnen echter wel gebruikt worden om materialen die absoluut ongeschikt zijn, als ongeschikt weg te filteren.

3.3 Eigenschappen van voedselveilige materialen

Bij de keuze van een materiaal moet gelet worden op de voedselveiligheid. Bepaalde materialen kunnen bij contact met voedsel (gedeeltelijk) oplossen en daarbij giftige stoffen overbrengen op het voedsel. In de Europese regelgeving wordt gesteld dat:

Onderdelen onder normale of te verwachten omstandigheden, mogen niet: in hoeveelheden die een gevaar kunnen zijn voor de menselijke gezondheid, hun bestanddelen overdragen op levensmiddelen waarmee ze mogelijk of mogelijkerwijs in contact komen, of een aantasting van de organoleptische eigenschappen of een onaanvaardbare wijziging in de aard, substantie of kwaliteit van het levensmiddel veroorzaken. [9]

Hierbij moet een onderscheid gemaakt worden tussen materialen die in direct contact staan en materialen die niet in direct contact staan met het levensmiddel. Materiaal dat in direct contact staat met het levensmiddel heeft een groter risico om het levensmiddel te beïnvloeden. De eisen die gesteld worden aan “direct contact materiaal” zijn daarom hoger.

Direct contact materialen moeten:

- Inert zijn voor het te verwerken levensmiddel
- Bestand zijn tegen de temperaturen onder productieomstandigheden
- Corrosie bestand
- Niet giftig voor mensen
- Mechanisch stabiel
- Glad (stabiel) afgewerkt zijn waarbij het productieproces geen invloed heeft op de afwerking
- Gemakkelijk te reinigen (niet poreus)

De eisen voor niet direct contact materialen zijn minder streng:

- Mechanisch stabiel
- Glad (stabiel) af te werken zijn waarbij het productieproces geen invloed heeft op de afwerking
- Gemakkelijk te reinigen (niet poreus)

3.3.1 Afwerking

Materialen in de levensmiddelenindustrie moeten makkelijk gereinigd kunnen worden. Dit wordt onder andere bereikt door de blootgestelde oppervlaktes glad af te werken, vuil kan zich hierdoor moeilijker hechten aan het oppervlak waardoor de reiniging sneller verloopt. Een ruwheid van het oppervlak van: $R_a = 0,8 \mu\text{m}$ is aanbevolen [4]. De gladde afwerking van het materiaal is afhankelijk van de materiaalsoort, de productiemethoden en eventuele oppervlaktebehandelingen, zoals polijsten. De mogelijke productiemethoden en oppervlaktebehandelingen zijn in zeker mate afhankelijk van de materiaalsoort. Een methode voor het opmeten van de oppervlakteruwheid, staat beschreven in de NEN-ISO 4288 (International Organization for Standardization (ISO)) [10].

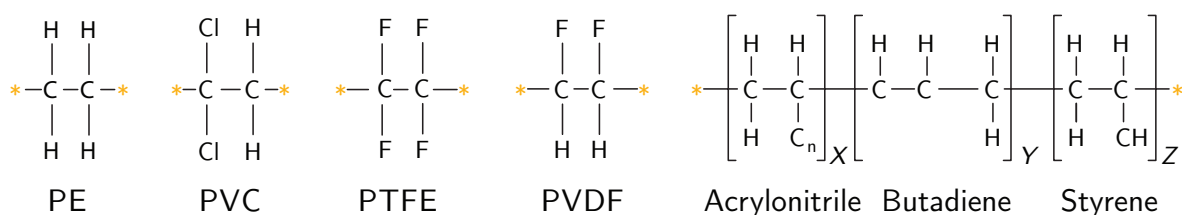
3.3.2 Metalen

Zoals vermeld in paragraaf 3.1, wordt in de levensmiddelenindustrie doorgaans gebruik gemaakt van roestvast staal (RVS AISI-304, AISI-316 [4]). Aluminium is niet voldoende corrosiebestendig en kan daarom niet gebruikt worden. Aangezien dit onderzoek zich richt op het vinden van alternatieve materialen voor het gangbare maar kostbare RVS, wordt het mogelijke gebruik van RVS niet verder onderzocht.

3.3.3 Polymeren

Polymeren zijn een groep materialen die veel toegepast worden als fabricage materiaal. Een polymeer kan, wanneer op de juiste manier toegepast, een lichtgewicht, stijf, corrosie vrij en economisch voordelig materiaal zijn.

Een polymeer is een streng van een bepaalde repeterende eenheid. Deze eenheid verschilt per plasticsoort. In Fig. 3.1 staan de repeterende eenheden afgebeeld van een aantal polymeren. De repeterende eenheid van een polymeer is bepalend voor de eigenschappen van het polymeer. Zo zorgt bijvoorbeeld de koolstof-fluoride binding, één van de sterkst bekende bindingen, in PTFE en PVDF voor de karakteristieke eigenschappen.



Figuur 3.1: Repeterende eenheid van verschillende polymeren. Van links naar rechts: polyethyleen, polyvinylchloride, polytetrafluorethyleen (Teflon), polyvinylideenfluoride en ABS.

Toevoegingen

Bepaalde eigenschappen van polymeren kunnen nog verbeterd worden door gebruik te maken van toevoegingen. Deze toevoegingen verhogen bijvoorbeeld de werkteemperatuur van een plastic of verbeteren de verwerkbaarheid van een kunststof. In veel gevallen is het zo dat de

toevoeging op een bepaald vlak een positief effect heeft, en tegelijkertijd een negatief effect heeft op een andere eigenschap.

Sommige toevoegingen (zoals bijvoorbeeld lood) kunnen schadelijk zijn voor de gezondheid. Kunststoffen met deze toevoegingen kunnen daarom, afhankelijk van de locatie (zie paragraaf 3.3), niet gebruikt worden in de levensmiddelenindustrie.

Voedselveiligheid van polymeren

Als het plastic niet een direct contact materiaal is (zie paragraaf 3.3), dan bestaat nog de kans dat het plastic een microbiologische risico vormt. Bepaalde plastic soorten zijn poreus en kunnen hierdoor product bestanddelen en micro-organismen in zich opnemen [4]. Deze micro-organismen kunnen zich ontwikkelen en vervolgens een hygiëne risico vormen. Indien het product een direct contact materiaal is dan moet het een door de Food & Drug Administration (FDA) goedgekeurde soort plastic zijn.

Het omhulsel zal uit voedselveilig oogpunt - indien het niet in direct contact staat met de het product - gemaakt moeten worden van een glad (zie paragraaf 3.3.1) en niet poreuze soort plastic.

Corrosie van polymeren

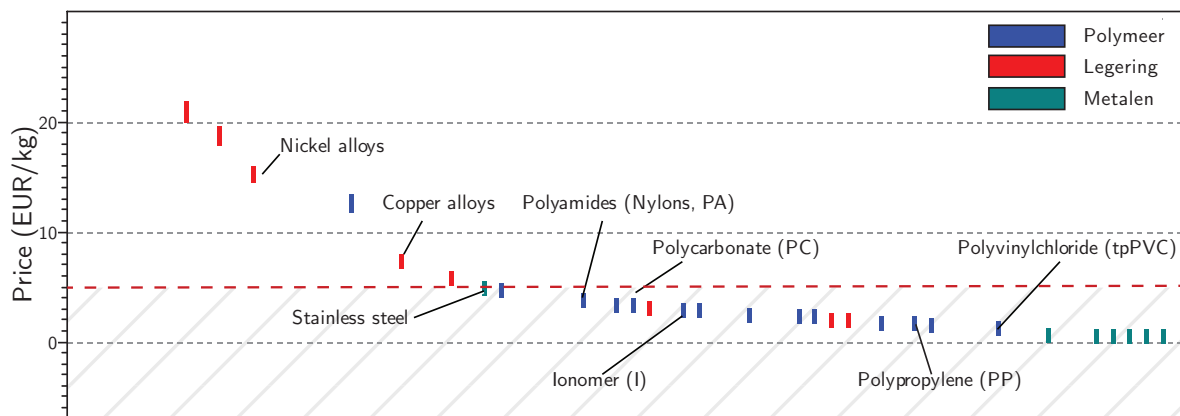
Temperatuur veranderingen en een groot verschil van thermische expansie zijn de meest voorkomende oorzaken van het falen van bindingen in polymeren [11]. Door het falen van de bindingen in polymeren veranderen de eigenschappen van het materiaal. De mate waarin deze aantasting optreedt is afhankelijk van het soort materiaal, de dikte en de modulus van elasticiteit van het materiaal. De levensduur van het omhulsel is afhankelijk van deze achteruitgang van het materiaal. Voordat de technische eigenschappen van het materiaal problematisch achteruit zijn gegaan, kan corrosie echter al een probleem vormen voor het product. Dit treedt op wanneer het plastic door corrosie, “oplost” en een smaak afgeeft aan het product.

3.4 Kostprijs materiaal

Het materiaal voor het omhulsel moet een goedkoop alternatief worden voor RVS. De kostprijs van het omhulsel wordt uiteindelijk bepaald door de fabricage- en materiaalkosten. Bij de materiaalselectie kan geselecteerd worden op de kostprijs per kilo materiaal. Het vergelijken van de kostprijs per kilo van verschillende materialen, is een zeer ruwe methode. Een materiaal kan, tegengesteld, licht en sterk of zwak en zwaar zijn. De $\frac{EUR}{kg}$ prijs van RVS ($\approx \text{€} 5$ per kilogram) kan echter wel gebruikt worden om exotische materialen uit te sluiten (zie Fig. 3.2).

3.5 Materiaalselectie op basis van de tot nu toe behandelde criteria

Met behulp van het materiaalselectieprogramma: “Granta CES selector” [12], kan een selectie gemaakt worden op basis van de tot nu toe behandelde eisen. Deze zijn:



Figuur 3.2: Prijs per kilogram van verschillende metalen en polymeren. Het gearceerde gebied zijn de materialen met een $\frac{EUR}{kg}$ lager dan €5.

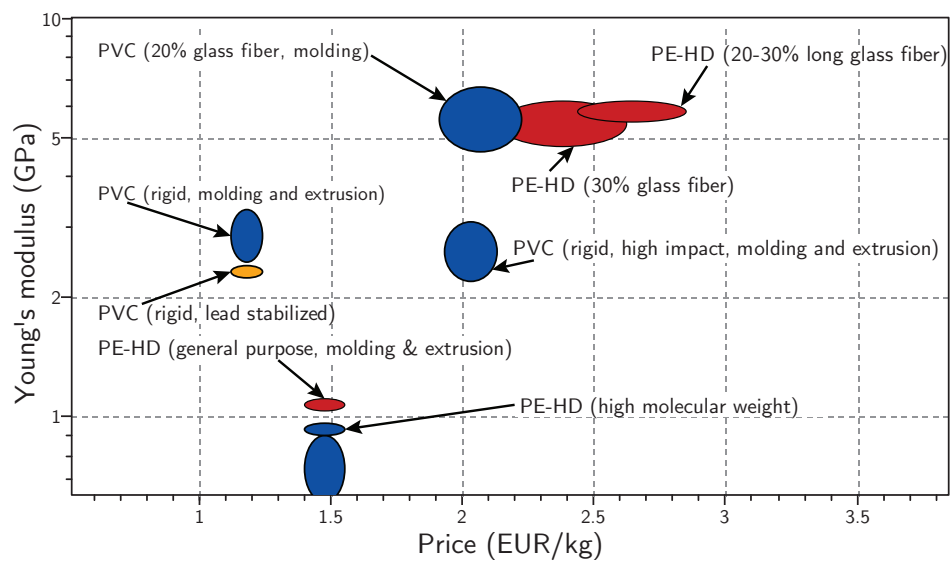
- Kostprijs materiaal onder de €5/kg
- Bestand tegen de gebruikte reinigingsmiddelen (zie bijlage IV)
- Behoudt materiaaleigenschappen binnen (constant) temperatuurbereik van -1 °C tot 80 °C
- Bestand tegen in levensmiddelen aanwezige stoffen
- Bestand tegen zure\basische omgeving van levensmiddelen

De selectie op basis van de bovenstaande eisen, beperkt het aantal materialen tot (zie Fig. 3.3):

- EMA: Ethylene methyl acrylate copolymer
 - EMA (17-25% methyl acrylate)
 - EMA (9-14% methyl acrylate)
- HDPE: High density polyethylene
 - PE-HD (20-30% long glass fiber)
 - PE-HD (30% glass fiber)
 - PE-HD (general purpose, molding & extrusion)
 - PE-HD (high molecular weight)
 - PE-HD (low/medium molecular weight)
- LDPE: Low density polyethylene
 - PE-LD (molding and extrusion)
 - PE-LLD (molding and extrusion)
- PVC: Polyvinyl chloride

- PVC (20% glass fiber, molding)
- PVC (rigid, high impact, molding and extrusion)
- PVC (rigid, lead stabilized)
- PVC (rigid, molding and extrusion)

Hier zitten echter nog materialen tussen die niet goedgekeurd zijn voor de levensmiddelenindustrie.

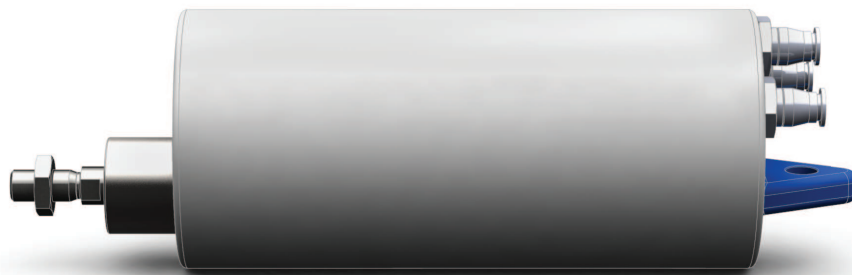


Figuur 3.3: Resultaat van materiaal selectie. Afgebeeld zijn de polymeersoorten welke voldoen aan de selectiecriteria van hoofdstuk 2 & 3 alle selectiecriteria.

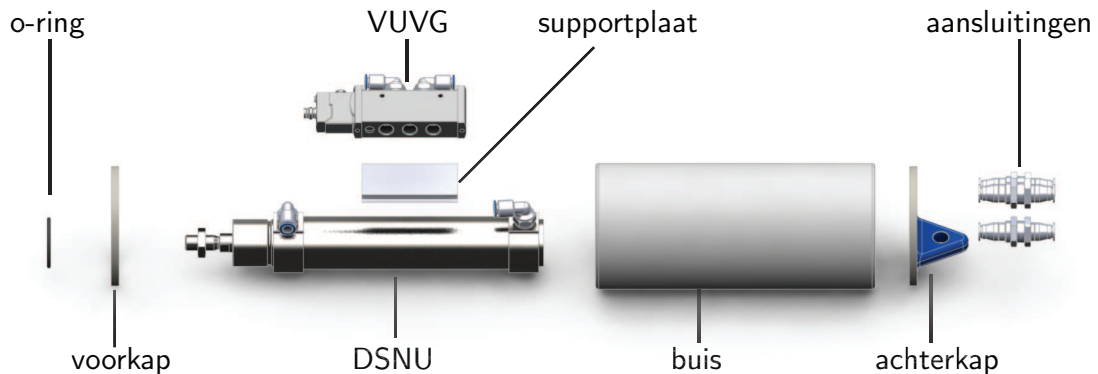
Ontwerp van het omhulsel voor de DSNU-VUVG combinatie

4.1 introductie

Dit hoofdstuk beschrijft het ontwerp (Fig. 4.1) op basis van “concept rood” (zie bijlage V), dat voortkomt uit de conceptfase. Het ontwerp zal toegelicht worden aan de hand van de beoordelingspunten uit de conceptfase. Hierbij wordt, per punt, een terugkoppeling naar de ontwerpspecifieke eisen (hoofdstuk 2) gemaakt. Voor de benoeming van de onderdelen, is in Fig. 4.2 een uitgewerkte variant van het ontwerp te zien.



Figuur 4.1: Overzicht van het omhulsel met binnenin de combinatie.



Figuur 4.2: Exploded view van het ontwerp

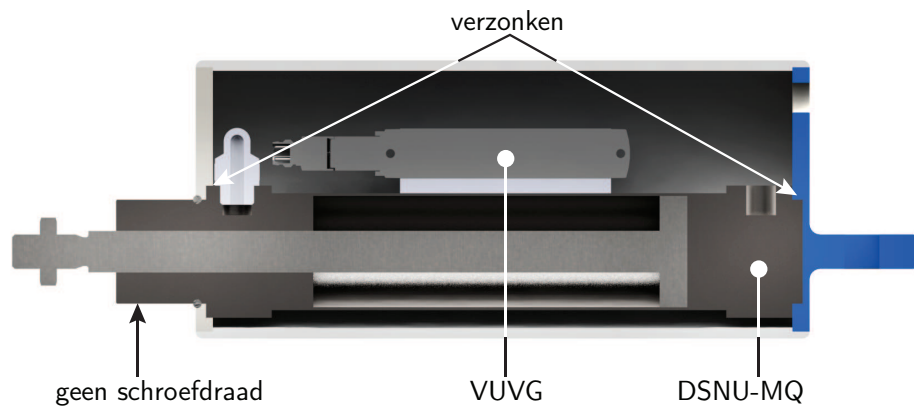
4.2 Dubbelwerkende pneumatische ronde cilinder (DSNU) variant

In het ontwerp wordt de DSNU-**MQ** cilinder gebruikt (zie Fig. V.2). Deze cilinder is vlak afgewerkt aan de achterzijde. Dit maakt het mogelijk om de cilinder (verzonken) te fixeren in de voor- en achterplaat (Fig. 4.3) van het omhulsel. Hierdoor is er alleen aan de voorzijde van het omhulsel een afdichting nodig tussen de cilinder en het omhulsel (paragraaf 4.4). Afdichtingen zijn moeizaam hygiënisch uit te voeren (paragraaf 2.2.4) en moeten daarom - waar mogelijk - voorkomen worden.

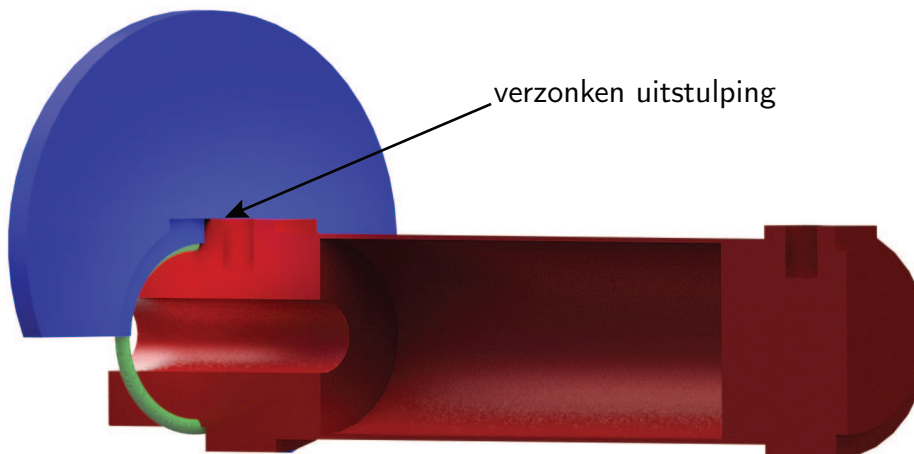
Eventuele rotatie van de cilinder in het omhulsel, wordt tegengegaan door de vorm van de cilinder. De cilinder heeft aan de uiteindes een uitstulping bij de luchtaansluiting (zie Fig. 4.4), doordat dit gedeelte verzonken is in de voorkap, kan de cilinder niet meer los van het omhulsel roteren.

4.3 Primaire vorm van het omhulsel

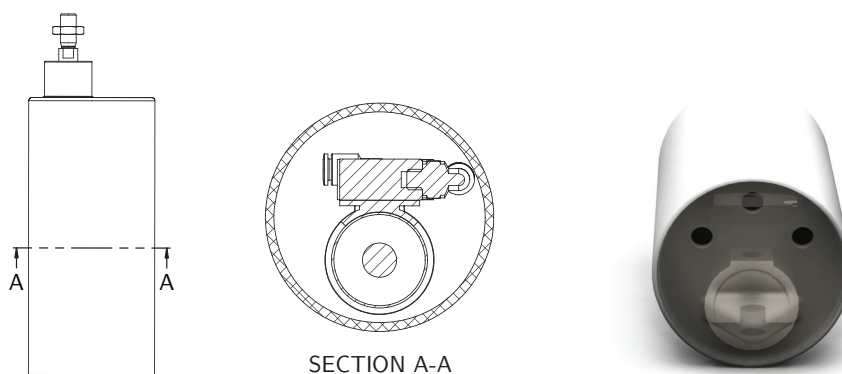
De cilindrische vorm van “concept rood” heeft in de conceptbeoordeling (tabel V) een hoge score op het gebied van hygiëne gekregen. Op een cilindervormig object zal niet snel een vloeistofplas ontstaan (paragraaf 2.2.6) en de vorm heeft, aan de buitenzijde, geen dode ruimtes (paragraaf 2.2.5). Dit maakt het de ideale vorm voor het omhulsel.



Figuur 4.3: Doorsnede van het ontwerp, te zien is hoe de cilinder verzonken is in de achter- en voorplaat.



Figuur 4.4: Detail van de manier waarop de voorzijde van de DSNU verzonken ligt in de voorplaat. In het rood de DSNU cilinder, in het groen de o-ring en blauw gekleurd de voorplaat.



Figuur 4.5: Links een doorsnede en rechts het omhulsel vanaf de achterzijde. De aanwezige gaten op de rechter afbeelding, zijn voor de luchtaansluitingen.

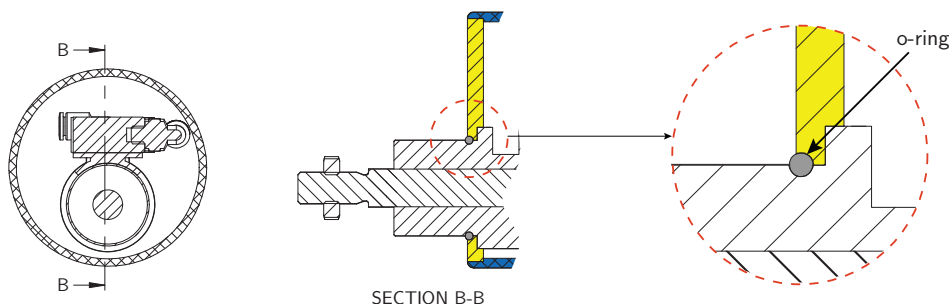
4.4 Afdichting tussen cilinder en omhulsel

De afdichting tussen de cilinder en het omhulsel (zie Fig. 4.6) is uitgevoerd volgens de regels van de NEN1672-2 A1 [2] norm (zie paragraaf 2.2.4). De o-ring is zo ver als mogelijk naar buiten gebracht voor een gemakkelijke reiniging. De ruimte waarin de o-ring zich bevindt, is specifiek ontworpen om een pompend effect (paragraaf 2.2.4) te minimaliseren.

4.4.1 Aanpassing van de DSNU cilinder

Om volledig aan de NEN1672-2 A1 [2] norm te voldoen, moet er een aanpassing gemaakt worden aan de DSNU cilinder. De voorzijde van de cilinder bevat standaard schroefdraad. Vuil kan zich gemakkelijk ophopen in schroefdraad en vormt vervolgens een hygiëne risico.

In principe is het niet aanbrengen van de schroefdraad gedurende het productieproces van de cilinder, een versimpeling van het productieproces. Een aanpassing aan het productieproces van de cilinder, kan echter een kostenverhoging zijn voor het omhulsel, aangezien er niet een “standaard” (vereist in de hoofdpdracht: paragraaf 1.2.1) cilinder gebruikt kan worden. Deze mogelijke verhoging van de kosten, zou echter op moeten wegen tegen de hygiëne verbetering van het omhulsel.

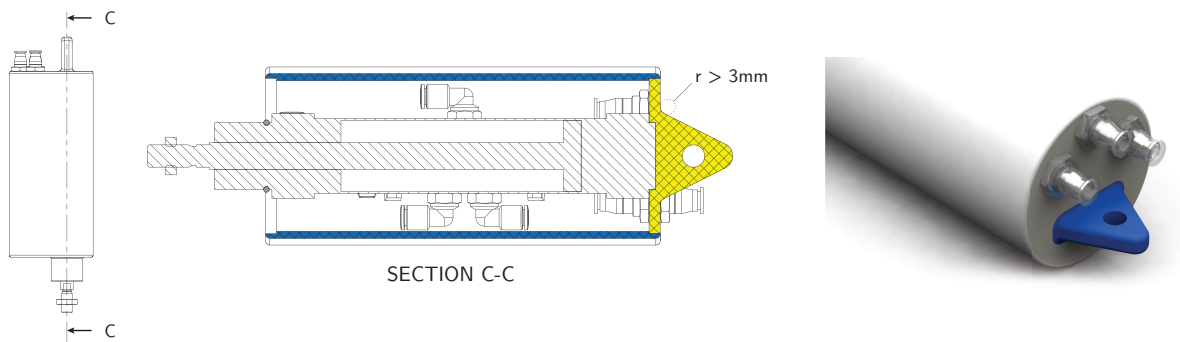


Figuur 4.6: Doorsnede van de afdichting tussen de voorkap en de cilinder.

4.5 Externe bevestiging

De bevestigingsmogelijkheden van de cilinder zijn, ten gevolge van het omhulsel, verdwenen. Het omhulsel biedt een vervangende bevestigingsmogelijkheid. De achterkap heeft een uitstulping met een gat (zie Fig. 4.7) dat de mogelijkheid biedt voor bevestiging aan een extern onderdeel. De uitstulping voldoet aan de hygiëne eisen, door - waar mogelijk - de hoeken af te ronden met minimaal een straal van 3 mm (zie paragraaf 2.2.5).

Om aan de hygiëne eisen te voldoen, moet bij de bevestiging van het omhulsel aan een extern onderdeel, gebruik gemaakt worden van hygiënische bevestigings materialen (paragraaf 2.2.2).



Figuur 4.7: Doorsnede van het omhulsel en de cilinder. In geel aangegeven: het bevestigingssoog. Volledig rechts een computerillustratie van de achterzijde van het omhulsel.

4.6 Fabricage & kosten

De fabricagekosten van het omhulsel zijn zeer afhankelijk van de oplage waarin deze geproduceerd wordt. Bij het ontwerp is getracht het aantal speciaal te produceren onderdelen te minimaliseren. De buis (Fig. 4.2) kan een doorsnee Polyvinylchloride (PVC) buis zijn welke afhankelijk van de cilindermaat aangepast wordt. De voorkap kan een draai of spuitgietonderdeel zijn, afhankelijk van de oplage. De eindkap is een spuitgiet onderdeel waarvoor een mal gemaakt moet worden. Een dergelijke mal is erg kostbaar voor kleine oplages.

Aangezien de fabricagemethode afgestemd moet worden op de oplage (zie paragraaf 1.2.2), welke niet bekend is, is het moeizaam om een schatting van de productiekosten van het omhulsel te maken.

Conclusie en aanbevelingen

5.1 Conclusie

Voor Festo is het belangrijk om een voedselveilig omhulsel voor een cilinder- ventielcombinatie aan te kunnen bieden. Op dit moment bezit Festo een aantal aangepaste ventielen en cilinders. Deze voldoen echter niet aan een bepaalde hygiëne norm. De hoofdpdracht geeft opdracht tot het ontwerpen van een beschermd omhulsel voor de cilinder- ventielcombinatie:

Ontwerp een goedkope oplossing voor een cilinder- ventielcombinatie voor gebruik in de voedingsmiddelen industrie, die gereinigd moet kunnen worden met agressieve media. Uitgangspunt is een eerdere opstelling met een standaard DSNU cilinder en een VUVG ventiel zoals opgenomen in de catalogus (zie Fig. 1.3) van Festo.

Om een ontwerp te kunnen maken voor een dergelijk omhulsel, is de hoofdpdracht opgesplitst in twee deelvragen:

- Wat zijn de ontwerpseisen voor een omhulsel, zodat het “hygiënisch” is en gemakkelijk gereinigd kan worden?
- Welk materiaal, dat toegepast kan worden in de voedingsindustrie, kan (veilig) gebruikt worden voor het omhulsel?

Met behulp van het antwoord (hoofdstuk 2 en 3) op deze deelvragen, is een ontwerp gemaakt voor een voedselveilig omhulsel (hoofdstuk 4). Dit omhulsel voldoet aan de materiaal- en hygiënische ontwerpseisen. Hierbij is niet het volledige ontwerp vastgelegd. Afhankelijk van de opname en de specifieke situatie, kan het ontwerp aansluitend aangepast worden.

5.2 Aanbevelingen

Voordat Festo het beschreven ontwerp (hoofdstuk 4) in productie kan nemen, zal het ontwerp verder gedetailleerd moeten worden. Daarvoor moeten eerst de volgende punten vastgesteld worden:

- In welke oplage Festo een voedselveilig omhulsel wil gaan produceren
- Voor welke cilinder- ventielcombinaties het omhulsel bestemd is
- Welke prijs van het omhulsel reël is in verhouding tot een cilinder- ventielcombinatie

Als het omhulsel op deze manier gedetailleerd en geproduceerd wordt, dan heeft Festo een uniek product in handen!

Bijlage I

IP69-K Norm

De IP-codering (International Protection Rating, of Ingress Protection), geeft een classificatie waarde voor de constructie van een apparaat. Deze classificatie is opgebouwd uit twee cijfers: IP-XX. Het eerste getal geeft een waarde voor de beschermingsgraad tegen indringen van voorwerpen/stof, het tweede getal geeft een waarde voor de beschermingsgraad tegen vocht.

De IP-codering is genormaliseerd in de IEC60529 norm. In deze norm staat de IP-69K classificatie niet beschreven. De IP-69K classificatie is een Duitse toevoeging op de IEC60529 norm en staat beschreven in de DIN 40050-9 norm.

Classificatie van de IP-69K norm

De IP-69K classificatie moet de reinigingsprocedures benaderen die gebruikt worden in de voedingsindustrie. Het te testen voorwerp wordt met een hogedrukreiniger “schoon” gespoten onder de volgende omstandigheden (zie Fig. I.1):

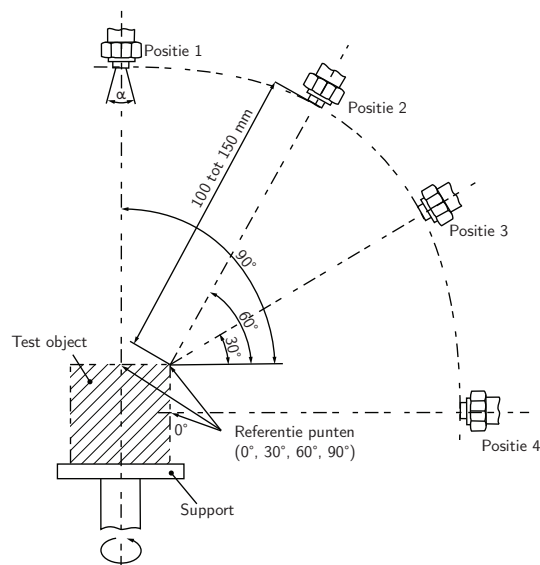
- Object ligt op een draaitafel welke met 5rpm draait
- Onder elke hoek (0,30,60 en 90 graden) wordt gedurende 30 seconden water gespoten (Fig. I.1)
- Zie voor verdere opstelling specificaties tabel I.1

a [mm]	b [mm]	α [°]	druk [Pa]	debiet [m ³ /s]	temp [°C]	rotatiesnelheid [rpm]
100	8 ± 2	30 ± 5	$100 \cdot 10^5$	$0,25 \cdot 10^{-3}$	80	5
150	10 ± 2					

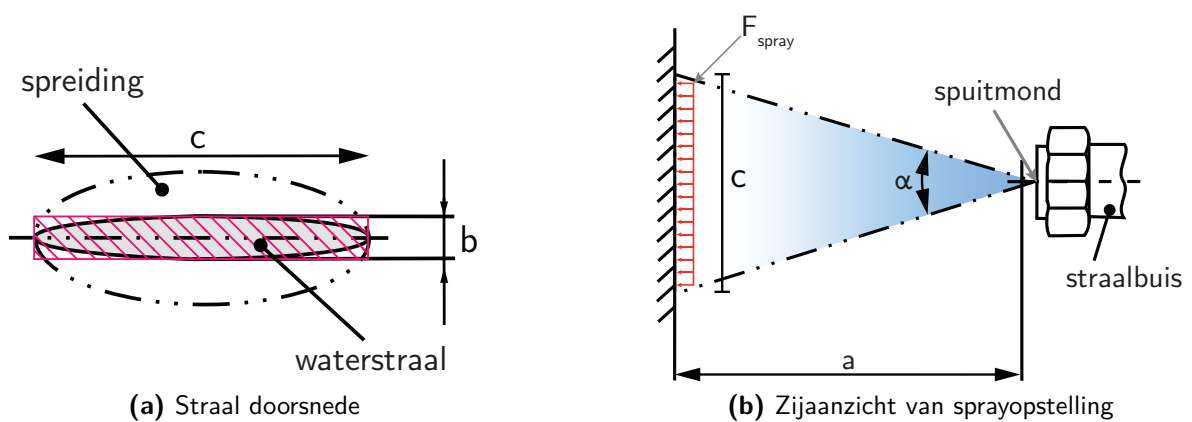
Tabel I.1: Eigenschappen voor testopstelling van IP69K norm

First characterising numeral/letter	Protection against the ingress of ...	Requirements
6K	Dust	No ingress of dust
Second characterising numeral/letter	Protection against the ingress of ...	Requirements
9K	Water with highpressure/steam jet cleaning	Water directed at a high pressure against the enclosure from any direction shall have no harmful effects

Tabel I.2: Eisen aan het voorwerp zoals beschreven staat in norm, om te voldoen aan de IP69K norm.



Figuur I.1: Testopstelling voor kwalificatie IP69K norm.



Figuur I.2: Specificaties van de sprayopstelling uit de IP69-K norm

Krachtberekening: kracht op behuizing als gevolg van hogedrukreiniging

De berekeningen per stap zijn:

1. Het berekenen van de snelheid van het water op het moment dat het de spuitmond (zie Fig. 2.10b) verlaat, wordt gedaan met behulp van de wet van Bernoulli:

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 + p_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 + p_2 \quad (\text{II.1})$$

Stel $p_1 = p_2 = 1,03 \cdot 10^5$ Pa, de atmosferische druk, is aan het “begin” en eind gelijk. De snelheid van het water volgt volledig uit de druk, $v_1 \approx 0$ dan geldt de volgende vergelijking:

$$\begin{aligned} \cancel{\frac{1}{2}\rho v_1^2} + \rho g h_1 + \cancel{p_1} &= \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 + \cancel{p_2} \\ \frac{1}{2}\rho v_2^2 &= \rho g h_2 - \rho g h_1 \\ v_2^2 &= 2g(h_1 - h_2) \\ v_2 &= \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \end{aligned} \quad (\text{II.2})$$

Het verschil in hoogte $\sqrt{2g(h_1 - h_2)}$ valt met behulp van de wet van Bernoulli, uit de drukken in het verschil in druk:

$$\begin{aligned} p_2 - p_1 &= \rho g(h_1 - h_2) \\ h_1 - h_2 &= \frac{p_2 - p_1}{\rho g} \end{aligned} \quad (\text{II.3})$$

Invullen in vergelijking II.2 geeft de uitgaande snelheid van het water, ten opzichte van de druk:

$$\begin{aligned} v_2 &= \sqrt{\frac{2g(p_2 - p_1)}{\rho g}} \\ v_2 &= \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \end{aligned} \quad (\text{II.4})$$

2. Krachtberekening

De formule voor het berekenen van de kracht die op de behuizing wordt uitgeoefend is:

$$F_{tot} = \rho \cdot Q \cdot C_{drag} \cdot v_{uit} \quad (\text{II.5})$$

De theoretische kracht die het water uitoefent op het omhulsel, is gelijk aan de kracht die het water uitoefent op de spuitmond (derde wet van Newton: *actie* = *−reactie*). In werkelijkheid is de kracht op het omhulsel kleiner. Dit komt doordat het water, in de afstand tussen de spuitmond en het omhulsel, afgeremd wordt door de buitenlucht. De constante C_{drag} in vergelijking II.5 vertegenwoordigt deze vertraging. Deze waarde is afhankelijk van de afstand waarover de waterdruppels zich verplaatsen en de grootte van de waterdruppels [13].

De eigenschappen van de parameters in vergelijking II.5 zijn:

$$Q = \ell/\text{min} \rightarrow \text{m}^3/\text{s}$$

1 voor afstanden tot 200 mm

$$C_{drag} = 0,95 \text{ voor afstanden tot } 300 \text{ mm}$$

0,85 voor afstanden tot 500 mm

$$v_{uit} = C_v \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (C_v \text{ is hierbij de stromingscoëfficiënt, gelijk aan } 0,85 \text{ voor water.})$$

$$\rho = \text{dichtheid van water} = 999,8 \text{ kg/m}^3$$

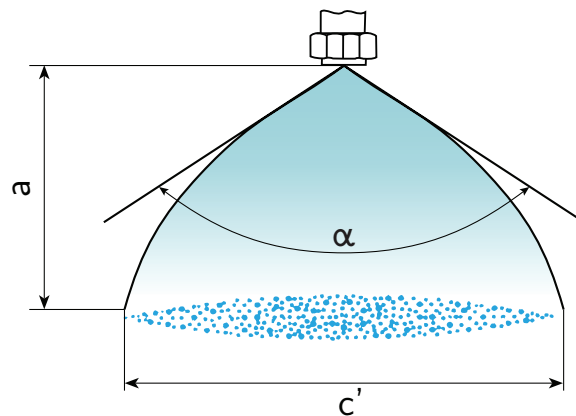
F_{tot} = de totale kracht die de waterstraal uitoefent op het omhulsel

3. De waterstraal verdeelt zijn kracht over een gedeelte van de behuizing. Parameter **b** (Fig. 2.10a) is bepaald in de norm, **c** volgt uit de straalhoek en de afstand. Met de waarden **b** en **c** bekend, kan het straaloppervlak berekend worden:

$$\begin{aligned} oppervlak &= b \cdot c \\ &= b \cdot (2 \cdot (\tan \frac{\alpha}{2} \cdot a)) \end{aligned} \quad (\text{II.6})$$

Het straaloppervlak is in Fig. 2.10a gearceerd (▨). Dit oppervlak benadert het daadwerkelijke oppervlak dat afgebeeld is als een ovaal binnen het gearceerde gebied. In werkelijkheid is de afstand **c** kleiner (zie Fig. II.1). De waterdruppels worden door de omgeving beïnvloed op het stuk tussen de spuitmond en het straaloppervlak, hierdoor verandert de vorm van de straal. Afstand **a** is bepalend voor het verschil tussen afstand **c** en **c'**.

$$F_{perm2} = \frac{F_{tot}}{oppervlak} \quad (\text{II.7})$$



Figuur II.1: Theoretische en werkelijke straalhoek van een spuitmond

Rekenvoorbeeld

Bij dit rekenvoorbeeld wordt gebruik gemaakt van de waardes die in de IP69K norm zijn vastgelegd (zie tabel I.1).

De eerste stap is het berekenen van de uitgaande snelheid met vergelijking II.4 vermenigvuldigt met C_v :

$$v_{uit} = 0,85 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 10^5}{1000}} = 120,21 \text{ m/s} \quad (\text{II.8})$$

De tweede stap is het berekenen van de totale theoretische kracht die de waterstraal uitoefent met vergelijking II.5:

$$F_{tot} = 1000 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 120,208 = 30,05 \text{ N} \quad (\text{II.9})$$

Vervolgens wordt het totale straal oppervlak berekend met vergelijking II.6:

$$oppervlak = 10 \cdot (2 \cdot (\tan \frac{30}{2} \cdot 150)) = 803,85 \text{ mm}^2 \quad (\text{II.10})$$

En tenslotte wordt de kracht per mm^2 uitgerekend met vergelijking II.7:

$$F_{permm^2} = \frac{30,05}{803,85} = \underline{\underline{0,0374 \text{ N/mm}^2}} \quad (\text{II.11})$$

Bijlage III

Reinigingsmiddelen

Soort	Naam	Stof	Massaprocent	Conc bij gebruik (%)
Zuren	P3-topax 56	Fosforzuur	5 35	1,75
		Butyldiglycol	10	0,5
		Alkylamineoxiden	5	0,25
		Fosfaatesters	5	0,25
		P3-topactive 500	Fosforzuur	4 35-50
		Butyldiglycol	1-5	0,2
		Alkylamineoxiden	1-5	0,2
	P3-topax 58		5	
		Citroenzuur	20-25	1,25
		Alkylarylsulfonzuur	7-10	0,5
	P3-topactive DES	L-(+)-melkzuur	5-10	0,5
		Waterstofperoxide		
Azijnzuur				
Alkylamineoxiden				
Base	P3-topax 36			
		Natriumhydroxide	25-35	
		Allylpolyglycosiden	5-10	
		Kaliumhydroxide	3-5	
	P3-topax 19			
		Natriumhydroxide	10-15	
		Arylsulfonaten	1-5	
		Alkylamineoxiden	1-5	
	P3-topactive 200		4	
		ethanol	5-10	0,4
		Natriumhydroxide	5-10	0,4
		Kaliumhydroxide	7-25	1
		Allylpolyglycosiden	1-5	0,2
		Alkylamineoxiden	<1	
	P3-topax 66			
		natriumhypochloriet	2,5-5	
		Natriumhydroxide	2-5	
Alkylamineoxiden		1-5		
P3-topax 17				
	Butyldiglycol	1-5		
	benzeensulfonzuur,	3-5		
	Natriumhydroxide	0,5-2		
Desinfecterend	P3-topactive LA			
		ethanol	5-10	
		Carbonaten (vnl, soda)	1-5	
	P3-alcodes	Allylpolyglycosiden	1-5	
Neutral	P3-topax 12			
		ethanol	50-75	
		Secundair alkaansulfonaat	5-10	
		2-(2-butoxyethoxy)ethanol	1-5	
	Alkylamineoxide(s)	1-5		

	Soort	Naam	Stof	Massaprocent
Zuren	RM25		orthofosforzuur	19,27
			niet-ionische tensides	7,92
			zoutzuur	5
			but-2-yn-1,4-diol	0,327
	RM59		citroenzuur	8
		Alkylpolyglycoside, 70 %	6,3	
		Natriumdodecylsulfaat	4	
		Mierenzuur	3,3	
Base	RM31		natriumhydroxide	9
			laurylethersulfaat, natrium zout	2
	RM58		alkyl polyglycoside, 70 %	9
			natrium lauryl ether sulfate	8
			natriumhydroxide	4
			alkyl-C10-polyethyleneglycoether + 8 EO	2
	RM55		Natriumlaurylethersulfaat, natrium zout	2,8
	RM81		alkyl-C10-polyethyleneglycoether + 8 EO	3,3
			isotridecanoethoxylate + 8 EO	3,2
Neutraal	RM555		triethanolammonium C10C13-alkylbenzene sulfonate, 50 %	2,5
			natrium p-cumenesulphonate	2,4
			citroenzuur	36,3
			trinaatriumnitritriacetaat	4,8
		sec, n-alkan C13-C17 sulfonaat, natrium zout	4	
Desinfecterend	RM735		N-Alkyl-N,N-dimethyl-N-benzylammoniumchloride	3,2
			didecyltrimethylammonium chloride	3,2
			N-alkyl(C12C14)-N-ethylbenzyl-N,N-dimethylammoniumchloride	3,2
			propan-2-ol	1,4
	RM732		N-(3-aminopropyl)-N-dodecylpropane-1,3-diamine	6,8
			isotridecanoethoxylate + 8 EO	3,2
			Nitritotriazijnzuur	3,1
			citroenzuur	2
			N-Dodecylpropan-1,3-diamine	0,5
			dodecylamine	0,1

Legenda
Fosforzuur
Citroenzuur
zuur
NaOH
KaOH

Figuur III.1: Overzicht met per reinigingsmiddel de aanwezige reactieve chemicaliën.

Soort	Naam	Stof	Massaprocent	Max conc bij gebruik (%)
Zuren	Acifoam VF10		10	
		Fosforzuur	30-50	5
		alkylbenzeensulfonzuur	3-10	1
		(2-methoxymethylethoxy)propanol	3-10	1
		natriumcumeensulfonaat	1-3	0,3
	Aluwash VA3		3	
		Fosforzuur	30-50	1,5
	Acigel VG7			
		alkylalcoholethoxylaar, gemodificeerd	1-3	0,09
		Fosforzuur	30-50	5
Diverse	Cipton VC11			
		natriumhydroxide	20-30	2,1
		tetranatriumethyleendiaminetetraacetaat	3-10	1
	Glenebrite VC7		5	
		natriumhydroxide	20-30	1,5
	Cipsafe VC18		4	
		ionenmengsel: natrium / kalium silicaat	10-20	4
		tetranatriumethyleendiaminetetraacetaat	3-10	0,4
		kaliumpydroxide	3-10	0,4
		alkylalcoholethoxylaar, gemodificeerd	1-3	0,12
Base	Complex VB13		2	
		tetranatriumethyleendiaminetetraacetaat	20-30	0,6
		tetrakaliumpythyleendiaminetetraacetaat	10-20	0,4
		tetranatriumethyleendiaminetetraacetaat	3-10	0,2
	Dicolube RS 148 NEU VL11		0,5	
		kokodiaminopropanacetaatoleyl(10EO)carboxylaar	3-10	0,05
	Delladet VS2L		1	
		alkyldimethylbenzylammoniumchloride	3-10	0,1
	Delladet VS2L			
		alkylalcoholethoxylaar	3-10	0,1
		trinatriumnitrotriaceetaat	3-10	0,1
		amides, kokos,N,N-bis(hydroxyethyl)	1-3	0,03
	Delladet VS2L			
		natriumcarbonaat	1-3	0,03
		dinatriumtetraboraatdecahydraat	0,1-1	0,01

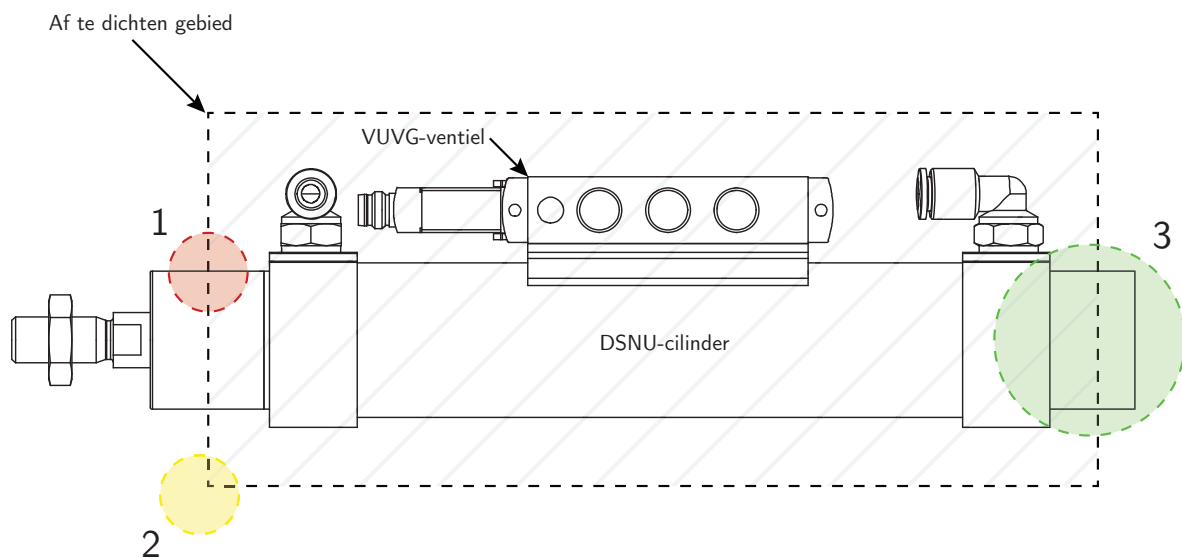
Bijlage IV

Resistenstietabel

Blad	Aanduiding	Omschrijving																												
Polymere		P.A. Schweitzer, 2004. Corrosion Resistance Tables vdkunststoffen																												
		Bürkle GmbH, D-79540																												
	0	Geen gegevens																												
	1	Zeer goed bestand	PMMA	PMMA	PC	PA-6	PA-6.6	PA-11	PA-12	POM	PVC	PVC	PVC	LDPE	HDPE	UHMWPE	PP	PTFE	PVDF	PPO	PS	ABS	PBT	PUR/PU	PSU/PSF	PES	PEEK	PAI		
	2	Goed bestand	Poly(methylmethacrylaat (gegoten) (acrilic)	Poly(methylmethacrylaat (gebruikt) (acrylonitril)	Polycarbonaat	Polyamide-6/nylon	Polyamide-6.6/nylon	Polyamide-11/nylon	Polyamide-12/nylon	Polyoxymethyleen/acetal	Polyvinylchloride Type 1	Polyvinylchloride (slagvast) Type 2	Polyvinylchloride (geschuimd)	Polyethyleen	Polyethyleen	Polyethyleen	Polypropyleen	Polytetrafluoretheen	Polyvinylidenefluoride	Polyphenyleenoxide (gemodificeerd)	Polystyreen	Acrylonitrilbutadien	Polybutyleentereftalaat	Polyurethaan Elastomeer	Polyulfon	Polyethersulfon	Polyetheretherketon	Polyamimide		
	3	Bepaalde weerstand																												
4	Niet bestand																													
	2/3	Eerste waarde is bij 20° C / tweede/rechter waarde is bij 50° C																												
	Engelse	Alternatieve naam	Formule																											
Zuren	Chemische resistentie																													
	Azijsuur 5%	Acetic acid	ethaanzuur	CH3COOH		1/2	4/4	4/4	4/4	4/4	1/3	1/1		1/3	1/1		1/1	1/1	1/1		1/1				1/1					
	Azijsuur 5%	Acetic acid	ethaanzuur	CH3COOH							23																			
	citroenzuur	Citric acid		C6H8O7	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
	citroenzuur 10%	Citric acid		C6H8O7		1/2	1/1	1/1	1/1	1/1	2/4		1/3		1/1	1/1		1/1	1/1	1/1		1/2				1/1				
	citroenzuur 15%	Citric acid		C6H8O7				93	93	93	93	93	60	60		60					104	232	121	49		60	20		77	
	fosforzuur 20%	phosphoric acid	triwaterstoffosfaat	H3PO4		(2)	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	0/0		1/1	1/1		1/1	1/1	1/1		0/0		20		0/0				
	fosforzuur 50%	phosphoric acid	triwaterstoffosfaat	H3PO4	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
	fosforzuur 50-80%	phosphoric acid	triwaterstoffosfaat	H3PO4			x	x	x	x	x	x	60	60		38	38		99	232	121	60	54			93	93			
	melkzuur 10%	Lactic acid		C3H6O3	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
	melkzuur 3%	Lactic acid		C3H6O3		1/2	(3)	(3)	(3)	(3)	2/4		2/3		1/2	1/1		1/2	1/1	1/1		2/2			1/1					
	melkzuur 25%	Lactic acid		C3H6O3			93	93	93	93	93	x	60	60		66		66	232	54	88		60				15	93		
	mierenzuur 3%	Formic acid	waterstofcarbonzuur	CH2O2		1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	2/4	2/3		1/2	1/1		1/2	1/1	1/1		1/2				2/2					
	mierenzuur 10%	Formic acid	waterstofcarbonzuur	CH2O2	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
	zoutzuur 1-5%	Hydrochloric acid		HCl		1/1	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	1/1		1/1	1/1		1/1	1/1	1/1		1/1		20		1/1					
	zoutzuur 20%	Hydrochloric acid		HCl			x	x	x	x	x	60	60		60					99	232	138	71	32	x	60	32	93		
	zoutzuur 30%	Hydrochloric acid		HCl	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Base	kaliiumhydroxide 50%	Caustic Potash		KOH	20	20											20	20												
	kaliiumhydroxide 1%	Caustic Potash		KOH		3/4	20	20	20	20	1/1		1/1		1/1	1/1		1/1	1/1	1/1		2/2			1/1					
	kaliiumhydroxide	Caustic Potash		KOH		x	49	49	49	49	49	60	60		60		77	232	82	32		60		27						
	Natriumcarbonaat	Sodium carbonate	soda	Na2CO3		20	20	20	20	20	1/1		0/0		1/1	1/1		1/1	1/1	1/1		0/0			0/0					
	Natriumcarbonaat 10%	Sodium carbonate	soda	Na2CO3		20	99	99	99	99	99		60	60	60	60		104	232	138	20	60								
	natriumfosfaat	Trisodium phosphate		Na3PO4 x 12H2O		(2)	20	20	20	20	20	1/1		1/3		1/1	1/1		1/1	1/1	1/1		1/1		0/0					
	Natronloog 1%	sodium hydroxide	Natriumhydroxide	NaOH		3/4	20	20	20	20	20	1/1		1/2		1/1	1/1		1/1	1/1	1/1		2/2		1/1					
	Natronloog 5%	sodium hydroxide	Natriumhydroxide	NaOH	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
	Natriumhypochloriet	Sodium hypochlorite	bleekloog	NaOCl	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
	Natriumhypochloriet 15%	Sodium hypochlorite	bleekloog	NaOCl		2/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	1/1		2/3	2/3		2/3	1/1	3/4		1/3									
Oxidizers	Natriumhypochloriet 20%	Sodium hypochlorite	bleekloog	NaOCl		x	x	x	x	x	x	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60			
	Chloor 10 % nat	Chlorine		Cl2		2/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	1/2		3/4	3/4		4/4	1/1	(2)		4/4				4/4					
	Ozon	Ozone	trizuurstof	O3		1/2	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	1/2		3/4	3/4		3/4	(1)	1/3		2/2				1/1					
	Waterstofperoxide 3%	Hydrogen peroxide	hydroperoxide	H2O2		1/1	(3)	(3)	(3)	(3)	20	1/1	1/1	1/1	1/1		1/1	1/1		1/2				1/1						
	Waterstofperoxide 30%	Hydrogen peroxide	hydroperoxide	H2O2	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
	Waterstofperoxide 30%	Hydrogen peroxide	hydroperoxide	H2O2			27	27	27	27	27	x	60	x	60		60		38	232	121	32	x	20	20	20	82	93		
	Salpeterzuur 2%	Nitric acid	waterstofnitraat	HNO3		20	32	32	32	32	32	60	38				60	232	93	20		60								
	Salpeterzuur 20%	Nitric acid	waterstofnitraat	HNO3			27	27	27	27	27	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60			
Desinfect	Salpeterzuur 1-10%	Nitric acid	waterstofnitraat	HNO3		1/2	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	1/2		1/1	1/1		1/1	1/1	1/1		2/4				1/3					
	ethanol	Ethanol	ethylalcohol, alcohol	C2H6O	x	x	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20			
	ethanol 40%	Ethanol	ethylalcohol, alcohol	C2H6O		1/2	20	20	20	20	20	1/2	1/1		1/2	1/1		1/1	1/1	1/1	2/3				1/2					
	ethanol	Ethanol	ethylalcohol, alcohol	C2H6O			121	121	121	121	121	60	60	60		60		82	232	138	38	-	60	20	x	-	27			

Figuur IV.1: Overzicht van de bestendigheid van polymeren specifiek voor chemicaliën gebruikt in de levensmiddelenindustrie

Conceptfase: omhulsel cilinder ventiel combinatie



Figuur V.1: Overzicht van de combinatie en het af te dichten gebied. Aangegeven zijn: 1. afdichting tussen omhulsel en cilinder, 2. afdichting van omhulsel, 3. bevestigingsmogelijkheid van cilinder aan externe installatie.

Het omhulsel moet de combinatie op een bepaalde manier omsluiten. In Fig. V.1 is met het gearceerde gebied aangegeven waar het omhulsel moet komen.

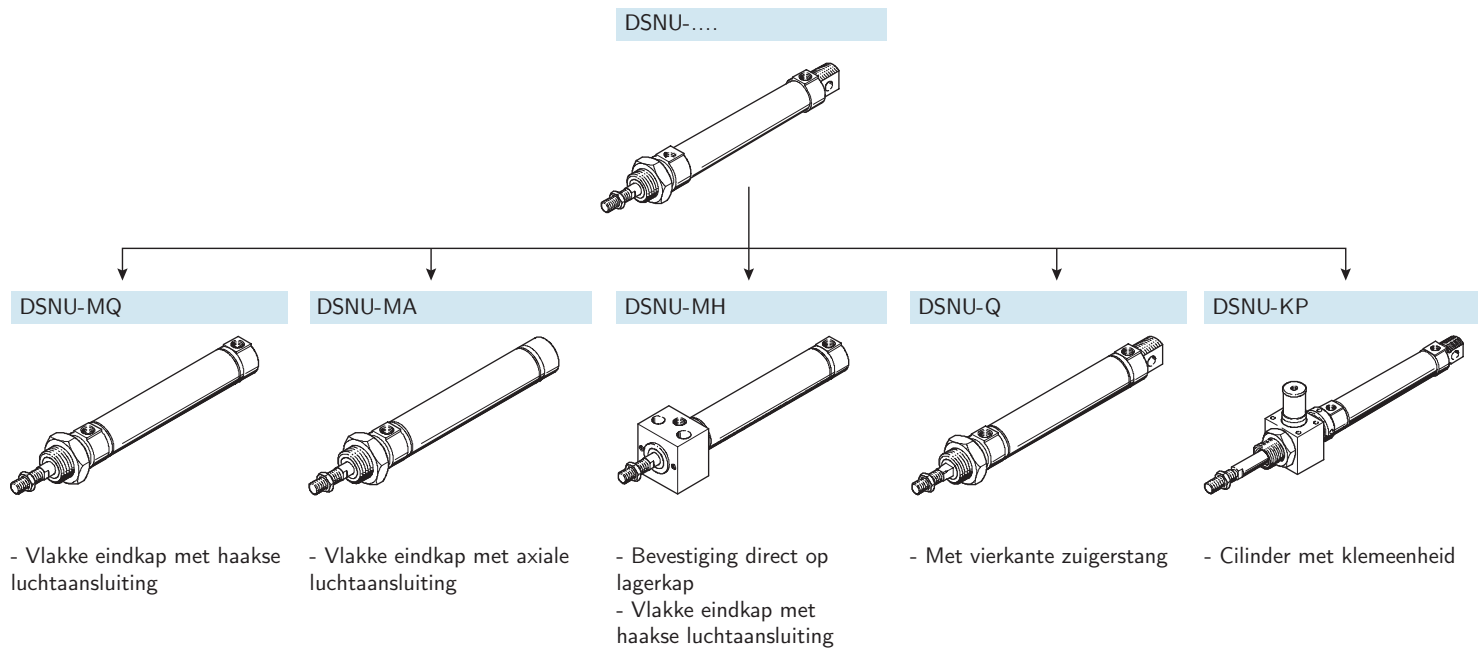
Opsplitsing van het probleem

Het ontwerp van het omhulsel is opgesplitst in een aantal punten waarop gevarieerd kan worden. De combinatie van optimale oplossingen van deze punten, vormen samen het ontwerp

welke uitgewerkt zal worden. De volgende variabele punten zijn gedefinieerd:

1. Variant Dubbelwerkende pneumatische ronde cilinder (DSNU) cilinder

Er bestaan verschillende varianten van de DSNU cilinder. In Fig. V.2 zijn de verschillende varianten van de DSNU cilinder weergegeven. Het belangrijkste verschil tussen de DSNU varianten is de variatie in externe bevestiging bestaand uit: een klemmenheid, voor & achter schroefdraad of alleen schroefdraad aan de “voorkant”.



Figuur V.2: Verschillende uitvoeringen van de DSNU cilinder. Centraal bovenin is het standaardmodel weergegeven, de onderste rij zijn variaties op het standaardmodel.

2. Primaire vorm van het omhulsel

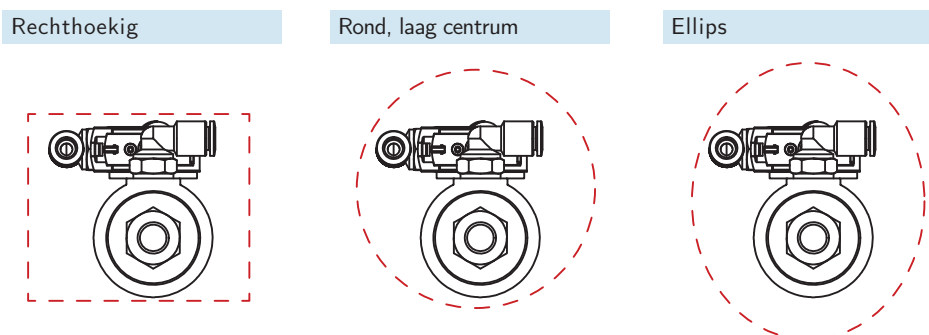
Het omhulsel kan op verschillende vormen hebben. In Fig. V.3 zijn drie opties weergegeven voor de vorm van het omhulsel. In principe kan het omhulsel in elke vorm bedacht worden, de keuzes zijn echter beperkt tot voor de hand liggende vormen.

3. Afdichting tussen cilinder en omhulsel

Ergens zal de zuigerstang uit het omhulsel naar buiten moeten komen. Op dit punt moet een aansluiting komen tussen het omhulsel en de combinatie. Één van deze locaties is aangegeven in Fig. V.1 met de rode cirkel 1. In paragraaf 2.2.4 wordt een hygiënische optie besproken waarbij een o-ring afdichting gebruikt wordt. Er zijn echter meerdere mogelijkheden waarvan er een aantal afgebeeld zijn in Fig. V.4.

4. Externe bevestiging

De combinatie moet bevestigd kunnen worden aan andere objecten. Afhankelijk van het soort



Figuur V.3: De rood gestippelde lijn beeld verschillende vormen voor het omhulsel uit. Het aanzicht is op de kopse kant van de combinatie.

cilinder zijn er verschillende bevestigingsmogelijkheden. Er kan ook een bevestigingsmogelijkheid aan het omhulsel gecreëerd worden. In Fig. V.5 zijn de verschillende bevestigingsmogelijkheden afgebeeld.

5. Materiaal

De potentieel te gebruiken materialen zijn vermeld in paragraaf 3.5.

Morfologische kaart

In Fig. V.6 is een morfologische kaart weergegeven met drie trajecten: rood, groen & blauw. Deze drie trajecten worden beoordeeld in paragraaf V.

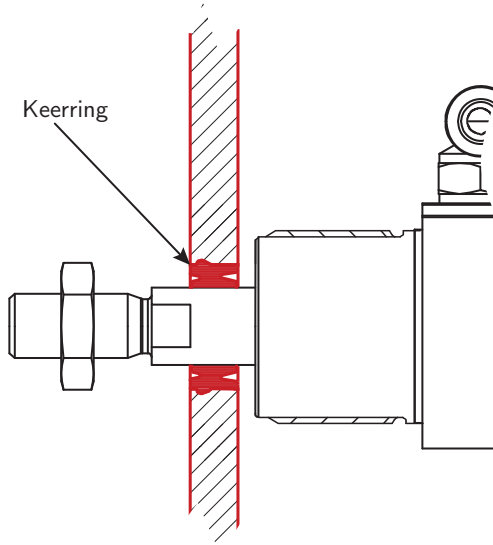
Conceptbeoordeling

De verschillende concepten zullen beoordeeld worden met een puntensysteem. Dit puntensysteem bevat een kort overzicht van de eisen. Met een cijfer van 1 t/m 5 wordt aangegeven in welke mate het desbetreffende concept voldoet aan deze criteria. Hierbij staat een 5 voor de hoogst mogelijke score per onderdeel en een 1 voor de laagste score. In tabel V.1 is de scorekaart weergegeven.

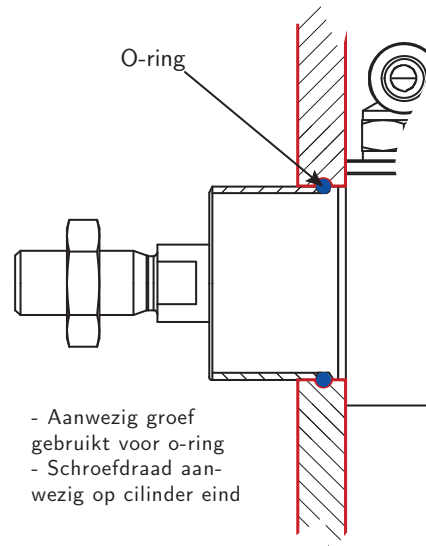
Concept	Hygiëne	Ruimtegebruik	Fabricagekosten	Levensduur	Compatibiliteit	Totaal
Groen	1	4	3	2	2	12
Rood	5	3	4	4	2	18
Blauw	2	2	5	4	2	15

Tabel V.1: Conceptbeoordeling, concept “rood” behaald de hoogste score

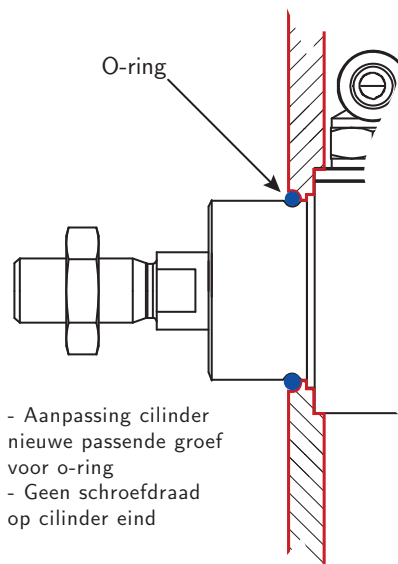
Keerring



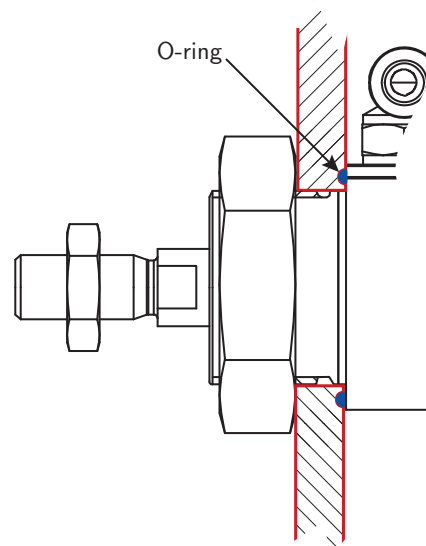
O-ring 1

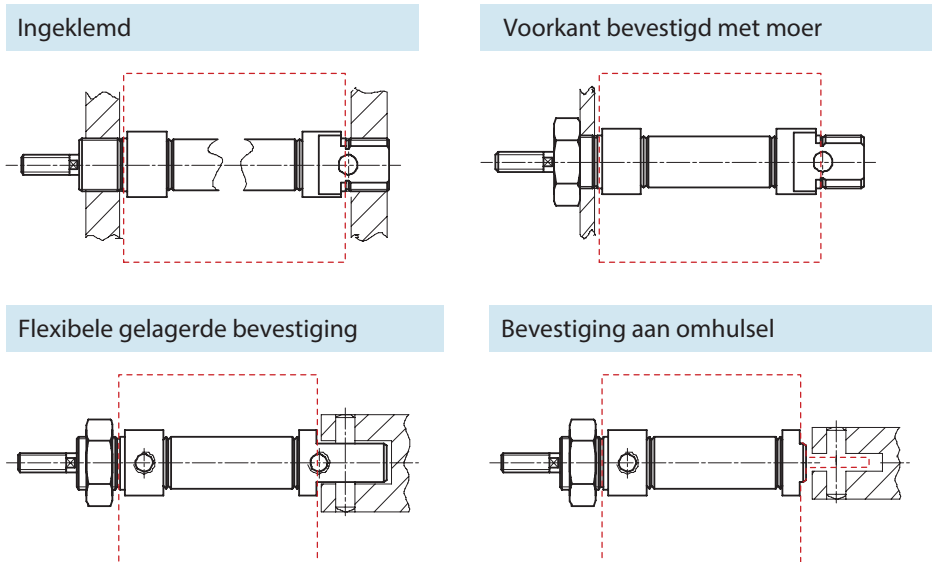


O-ring 2

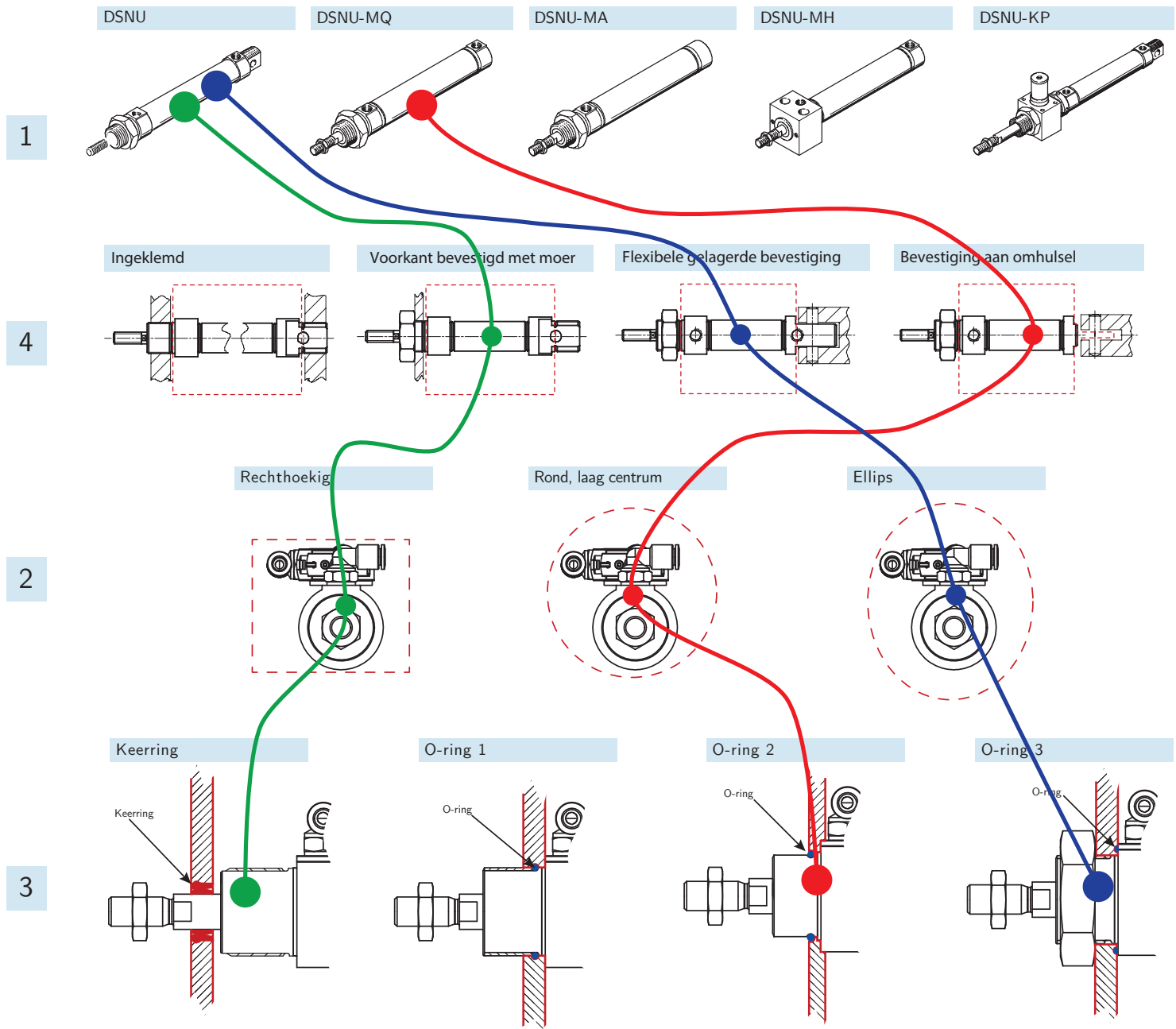


O-ring 3

**Figuur V.4:** Verschillende manieren voor de afdichting tussen het omhulsel en de combinatie.



Figuur V.5: Verschillende bevestigingsmethode van de cilinder met omhulsel (in het rood).



Figuur V.6: Morfologische kaart met daarin drie mogelijke samenstellingen. De nummering aan de linkerkant komt overeen met de nummering in paragraaf V.

Bibliografie

- [1] EEC, “General food hygiene directive,” vol. 9240/2/02, june 2002.
- [2] NEN-EN, “1672-2 A1: Food processing machinery - basic concepts - part 2: Hygiene requirements,” Nederlands Normalisatie-instituut, Tech. Rep., 2009.
- [3] D. A. Shapton and N. F. Shapton, *Principles and Practices for the Safe Processing of Foods*, ser. Woodhead Publishing Series in Food Science and Technology. Butterworth-Heinemann, 1991, ISBN: 978-0750611213.
- [4] H. Lelieveld and European Hygienic Engineering & Design Group, *Hygiene in Food Processing*, ser. Woodhead Publishing Series in Food Science and Technology. Woodhead Pub. Limited, 2003, ISBN: 978-1855734661.
- [5] G. Curiel, G. Hauser, and D. Timperley, “Hygienic design of equipment for open processing,” *EHEDG Document 13*, no. 305-310, 1995.
- [6] H. Lelieveld, M. Mostert, and J. Holah, *Hygiene of hygiene control in the food industry*, ser. Woodhead Publishing Series in Food Science and Technology. Woodhead Pub. Limited, 2005, ISBN: 978-1855739574.
- [7] B. Valdez Salas, M. Schorr Wiener, M. Stoytcheva, R. Zlatev, and M. Carrillo Beltran, *Corrosion in the Food Industry and Its Control, Food Industrial Processes - Methods and Equipment*. InTech, 2012, ISBN: 978-9533079059.
- [8] EHEDGE, “Trends in food science & technology,” vol. S40eS50, no. 18, 2007.
- [9] Council, “Approximation of the laws of the member states relating to materials and articles intended to come into contact with foodstuffs,” vol. 89/109/EEC, no. 2, 1988.
- [10] NEN-EN, “4288:1998 nl: Geometrische productspecificaties (gps) - oppervlaktegesteldheid - regels en procedures voor de beoordeling van de oppervlaktetextuur,” Nederlands Normalisatie-instituut, Tech. Rep., 1998.

- [11] P. Philip A. Schweitzer, *Corrosion of Polymers and Elastomers*, ser. Corrosion Engineering Handbook, Second Edition. Taylor & Francis, 2006, ISBN: 978-0849382451.
- [12] Grantadesign, “Ces edupack,” <http://www.grantadesign.com/products/ces/>, versie 12.2.13.
- [13] T. L. Ogden and K. O. L. F. Jayaweera, “Drag coefficients of water droplets decelerating in air. q.j.r. meteorol. soc.” vol. 97, pp. 571–574, 1971.