TECH SLEEVES

Bijlage van eindrapport ontwikkeling van polyurethaanschuim print sleeves en applicatieproces
E.Bastiaan-Net

Inhoud

Bijlage 1. Onderzoek Polyurethaanschuim en applicatie methode 2

1.1 Polyurethaanschuim 2

1.2 Doseer installaties 4

1.3 Gieten 4

1.4 Spuiten 9

Bijlage 2. Spuit test 11

Bijlage 3. Giet testen 12

Bijlage 4. Productiemethode afweeg tabel 15

Bijlage 5. Test prototype giet opstelling 16

5.1 Technische tekeningen 16

5.2 Test Uitvoering 21

5.3 berekeningen voor benodigde componenten hoeveelheid 22

5.4 Datasheets purschuim componenten 24

Bijlage 6. Test in flexo printer 32

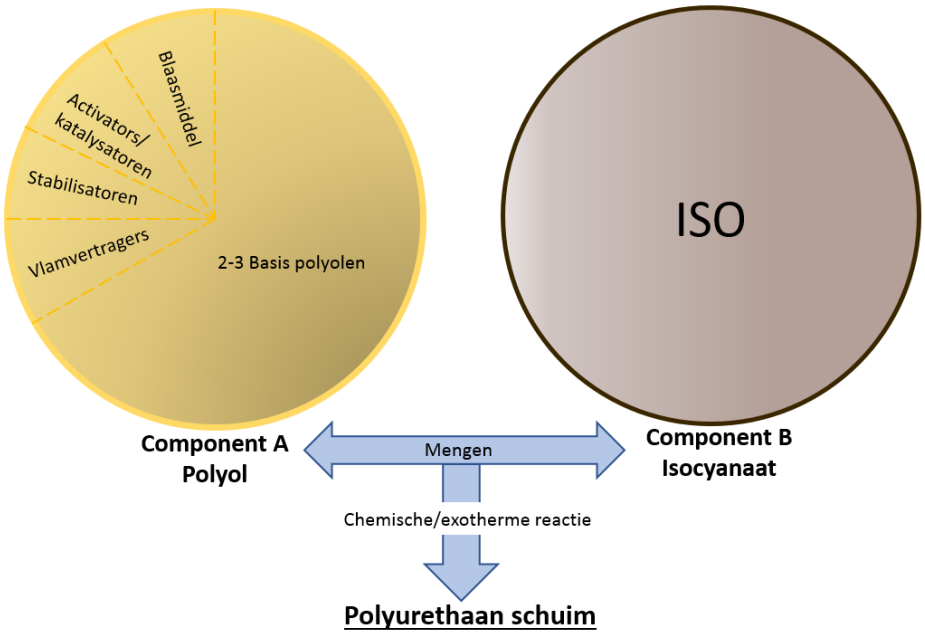
Bijlage 7. Drie punt buig test resultaten 33

Bijlage 8. Homogeniteit dichtheid testresultaten 37

Bijlage 1. Onderzoek Polyurethaanschuim en applicatie methode

1.1 Polyurethaanschuim

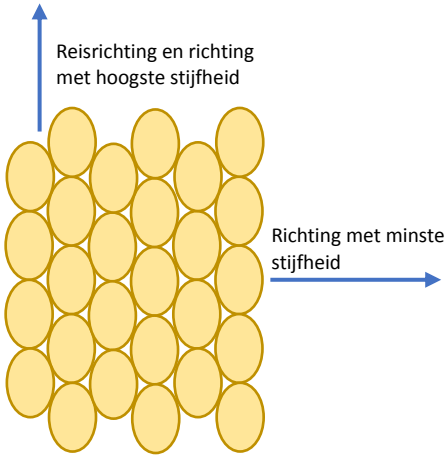
Polyurethaanschuim is een van de leidende leden in het brede assortiment en de diverse familie van polymeren en kunststoffen. Het kan een open celstructuur hebben of een vaste stof zijn.
In het geval van een open celstructuur wordt het een schuim genoemd dat zowel stijf als flexibel kan zijn met een bereik aan dichtheden vanaf ongeveer 15 kg/m^3 tot 500 kg/m^3 afhangend van de toepassingen waar het voor wordt gebruikt. Schuimen worden veel gebruikt als kern- of isolatiemateriaal in een grote verscheidenheid aan industrieën. Stijve polyurethaanschuimen worden op grote schaal gebruikt vanwege verschillende belangrijke aspecten. Ze hebben een lage warmtegeleidingscoëfficiënt, groot variërende dichtheid, lage waterabsorptie en een vrij goede mechanische sterkte. Polyurethaanschuim wordt verkocht in platen of als twee vloeistoffen, component A en B. Wanneer deze 2 componenten gemengd worden vindt er een chemische reactie plaats. Hierdoor gaan de twee componenten uitzetten tot ze hun maximale uitzettingsvermogen hebben bereikt, en hardt het mengsel uit tot een polyurethaanschuim. Component A is een Polyol en component B een Isocyanaat. Het Polyol bestaat uit een samenstelling van verschillende stoffen te zien in figuur 1. Deze stoffen bepalen de eigenschappen van het schuim zoals: dichtheid, reactiepatroon en brandgedrag.



Figuur 1: Samenstelling polyurethaanschuim

De chemische reactie die plaatst vindt tussen de 2 componenten is exotherm, dit houdt in dat er warmte vrijkomt tijdens de reactie. Hiervan maakt men t.b.v. de schuimvorming gebruik, men voegt aan het polyol een "blaasmiddel" toe, dat is een chemisch niet-reactieve vloeistof, vaak is het blaasmiddel water. Door de warmte gaat het blaasmiddel in het reactiemengsel koken en ontwikkelt gasbellen die het vloeibare mengsel opblazen. (Venin, 2018)

Purschuim cellen zijn niet totaal rond maar zijn lichtelijk ovaal, dit heeft invloed op de stijfheid van het schuim. De richting van de cellen wordt bepaald door de reisrichting van het schuim, in de reisrichting van het schuim zit de hoogste stijfheid en haaks op deze richting is de laagste stijfheid. Dit is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: celstructuur purschuim

Het is relatief eenvoudig om polyurethaanschuim op verschillende complexe vormen aan te brengen door het mengsel te gieten of de twee componenten te spuiten. Ook is purschuim zeer eenvoudig te bewerken met behulp van houtbewerking gereedschap. Het duurt ongeveer 24 uur voordat het schuim stabiel is en deze afgewerkt kan worden. Deze 24 uur kan ingekort worden door de sleeve in een oven te plaatsen met een temperatuur van ongeveer 60°C. (T. van Ierssel, Nestaan, persoonlijke communicatie, 27 september 2018)

Polyurethaanschuim afvalmateriaal

Tijdens het op maat zagen en afdraaien van de huidige Spherecore sleeves ontstaat een grote hoeveelheid afvalmateriaal. Een vergelijkbare en mogelijk grotere hoeveelheid afvalmateriaal wordt verwacht bij polyurethaanschuim sleeves. Het is van groot belang dat dit afvalmateriaal eenvoudig afgevoerd, verwerkt of gerecycled kan worden. Uitgehard polyurethaanschuim valt onder normaal- en of bedrijfsafval. Dit houdt in dat het met normaal restafval weg gegooid kan worden. De polyurethaan componenten vallen onder chemisch afval. Vaak wordt purschuim voor recycling verkleind tot deeltjes van 3 tot 25mm en in bepaalde gevallen zelfs verpoederd tot deeltjes kleinere dan 0.1 mm. Een veel gebruikt proces voor de recycling van PU-schuim is het bonded foam productieproces. Het verkleinde purschuim wordt met een bindmiddel gehecht tot nieuw purschuim. Dit materiaal wordt toegepast als een tweede laag onder vloerbedekking (“carpet underlay”). Carpet underlay vindt ook haar toepassing in sporthallen en vloermatten van auto’s. In auto’s wordt het gerecyclede purschuim ook gebruikt voor geluidsisolatie in allerlei tussenholtes. purschuim wordt ook door de verpakkingsindustrie gebruikt als beschermlaag, bijvoorbeeld bij het vervoer van glas. (Nvpu, 2018), (Recycling platform, z.j.)

Purschuim restafval van de grote polyurethaan leverancier Nestaan (gevestigd in Nederland) wordt gebruikt voor de opvulling van duinen. Het zaagsel dat tijden hun proces ontstaat wordt gebruikt bij het maken van face scrubs. Kortom, het is zeker mogelijk om purschuim op een goede manier te verwerken/recycle. (T. van Ierssel, Nestaan, persoonlijke communicatie, 22 oktober 2018)

1.2 Doseer installaties

Het aanbrengen van purschuim wordt gedaan met behulp van een doseermachine/installatie. Deze machines pompen de componenten in de gewenste verhouding en hoeveelheid uit grote vaten. De componenten worden met hoge druk en snelheid een mengkamer in gebracht en worden door een pistol met spuit mond naar buiten gespoten. Er zijn verschillende klassen doseermachines met groot verschil in inzetbaarheid, instelbaarheid, accessoires en prijs. Een splitsing kan gemaakt worden tussen hydraulische en pneumatische doseermachines.

Pneumatisch aangedreven hebben een vrij lage output van maximaal 7kg/minuut en hebben een vrij kleine dimensionering (ong. 60x50x85 cm). Zij worden voornamelijk ingezet voorbuitenhuisgebruik, denk hierbij aan het spuiten van een dak ten behoeve van isolatie.

Hydraulische machines worden in het algemeen voor zwaardere toepassingen gebruikt en hebben een veel groter bereik in output, maximaal 80kg/minuut. Hydraulische machines zijn in grote variatie prijsklasse verkrijgbaar. De Nederlandse leverancier Elasticol maakt hydraulische machines in twee klasse, klasse 1 heeft een prijs rond de 40 duizend euro (130x110x75 cm) en klasse 2 rond de 100 duizend euro (279x232 cm). Machines in de zwaardere prijsklasse hebben onder andere een hoger maximale output, verwarmen niet alleen de componenten en leidingen maar kunnen deze ook koelen en hebben de mogelijkheid tot het aanpassen van de mengverhouding zonder de machine te hoeven ombouwen. Beide klasse kunnen gebruikt worden om te gieten of te spuiten, enkel de spuitmond en instelling van de machine hoeven hiervoor aangepast te worden.

Als men een machine gaat aanschaffen is een van de belangrijkste eigenschappen de output. Wanneer de machine voor de toepassing gieten gebruikt wordt bepaalde de maximale output tevens de shot grote. De shot grote wordt bepaald door de output van de doseermachine en de ''cream time'' van het purschuim. Met cream time bedoel men de tijd tussen het begin van de menging van de componenten en het begin van de uitharding van het purschuim. Een voorbeeld:

Een machine met een maximale output van 10 kg/minuut spuit een purschuim met een cream time van 30 seconden. In 30 seconde kan de machine 10/2= 5kg spuiten, resulterend in een maximaal shot grote van 5 kg. Wanneer een enkel shot niet groot genoeg is om een mal te vullen zal een 2de shot gebruikt moeten worden. Het 2de shot kan pas ingespoten worden wanneer het eerste shot is uitgehard, resulterend in ongewenste extra handelingen en productietijd. Het is aan te nemen dat er geen zwakke plek ontstaat tussen de twee uitgeharde shots omdat purschuim op purschuim een uitstekende hechting heeft.

Wanneer de machine gebruikt wordt om de pur componenten te spuiten is een afzuiginstallatie en spuit cabine vereist. Tijdens het spuiten komen purschuim deeltjes in de lucht terecht, deze mogen niet ingeademd worden of in ogen terecht mogen komen. (Elastisol, 2007), (J. Buijs, Elastisol, persoonlijke communicatie, 8 oktober 2018)

1.3 Gieten

Bij het gieten van purschuim wordt gebruik gemaakt van een mal. Gieten kan onder druk in een afgesloten mal (met ontluchting gat). De tweede optie wordt vrij schuimen genoemd, bij vrij schuimen wordt de boven zijde van de mal opengelaten. Bij onder druk schuimen is een stuk zwaardere doseer machine en een sterkere mal verijst dan bij vrij schuimen, vanwege de hogedruk opbouw in de mal. Bij

onder druk schuimen krijg je een iets rondere celstructuur wat zorgt voor hogere stijfheid en een constantere dichtheid van het schuim.

De mal

Er is weinig informatie beschikbaar met betrekking tot het gieten van purschuim in een cilindrische vorm. Wel wordt purschuim gebruikt voor het isoleren van leidingen. Bij deze toepassing wordt de buitenmantel (te zien als zwart in figuur 3) gebruikt als de mal. Deze buitenmantel hoort bij het eindproduct waardoor er geen ontmalling hoeft plaats te vinden.

Figuur 3: Purschuim geïsoleerde leidingen

Bij het gieten van sleeves zal het niet mogelijk zijn om tussen de wanden van de sleeves in te gieten omdat de wanddikte op een honderdste van een millimeter nauwkeurig moeten zijn. Het centreren van de binnen en buitwand op deze nauwkeurigheid is niet haalbaar. Ook kan purschuim tot 24 uur na het gieten nog uitzetten en krimpen. Om deze reden moet een verwijderbare mal gebruikt/ontworpen moeten worden. Na het ontmallen kan het schuim worden afgedraaid en kan de final layer op het schuim gelamineerd worden.

Mal materiaal

Een mal kan van meerdere materialen gemaakt worden. Het materiaal van de mal is van groot belang omdat dit invloed heeft op de purschuim oppervlaktekwaliteit, mal hanteerbaarheid, mal kosten, cyclustijd, aanwezige temperaturen, het ontmallings proces, etc.

Materiaal opties bestaan uit:

- <u>Dunne staalplaten</u>
  Dunne staalplaten zijn zeer flexibel en kunnen daardoor gemakkelijk in allerlei vormen gebogen worden. Stalen mallen kunnen voorverwarmd worden, dit zorgt voor een goede doorharding en geeft het eindproduct een zeer glad oppervlakte wanneer deze uit te mal gehaald wordt. Vaak hoeft het eindproduct dan ook niet meer extra bewerkt te worden. Omdat sleeves een zeer hoge diameter nauwkeurigheid eisen zullen deze na het gieten nog afgedraaid moeten worden en zal een voorverwarmde mal hier niet veel toevoegen. Stalen malen worden normaal gesproken gebruikt in combinatie met een lossing was. Lossing was is in 2 vormen te krijgen. Een soort van wax die je met een spons kan aanbrengen, of een waterachtige spray die je op de mal spuit, deze moet een paar minuten uitdampen en vormt vervolgens een dun laagje. Dit laagje voorkomt hechting tussen de mal en het purschuim.

- Staalplaten met een coating, laagje van PTFE (teflon) of Polyetheen
  Purschuim hecht niet aan PTFE en polyetheen. Een mal van een van deze materialen heeft daardoor het voordeel dat er geen lossing was gebruikt hoeft te worden. Een laagje PTFE is relatief slijtvast en zou voor een hoog aantal cyclus mee moeten gaan. Een coating van PTFE wordt door leveranciers afgeraden omdat zij hier slechte ervaringen mee hebben en het duur is om deze te laten aanbrengen. (J. Buijs, Elastisol, persoonlijke communicatie, 8 oktober 2018)

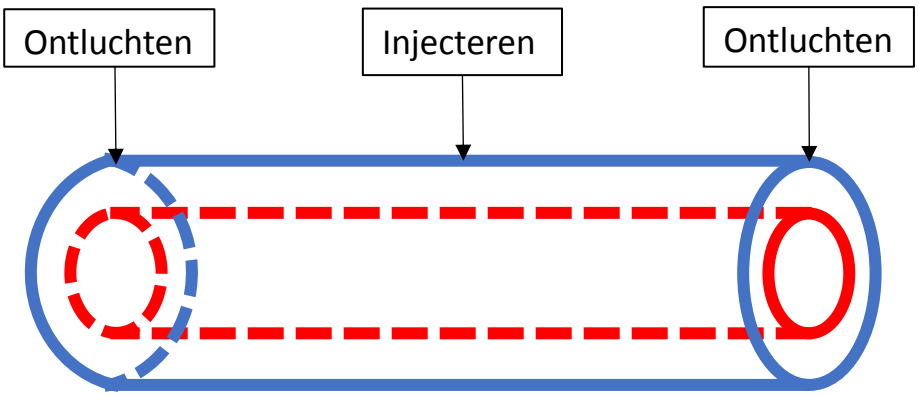
- Een kunststof
  Verschillende soorten kunststof kunnen gebruikt worden voor het maken van een mal. Mogelijke opties zijn PE (Polyetheen/polyethyleen), PE wordt onder andere gebruikt voor het maken van plastic flesjes, verpakkingsfilm en plastic zakjes. PP (polypropeen/polypropyleen), PP lijk op PE en is vergelijkbaar in kosten, maar is veel sterker. PP wordt o.a. gebruikt voor het maken van jerrycans, plastic meubels, kleine open zeilbootjes, touw en andere plastic producten die een hogere kwaliteit vereisen dan zijn voorganger PE. Deze kunststoffen kun je op de rol bestellen en op de vereiste maat afknippen. Mogelijk lijm of smelt je de uiteinden aan elkaar om een cilindrische mal te vormen. Of een dergelijke mal hergebruikt kan worden is niet duidelijk, dit zou moeten worden getest. Deze mallen zijn alleen geschikt voor vrij schuimen.

- Glasvezel en polyestervlies uitgehard met hars
  Sleeves van Tech sleeves worden opgebouwd uit onder andere lagen van glasvezel en polyestervlies. Deze lagen worden uitgehard met behulp van hars en worden gelamineerd in de fabriek van Tech Sleeves in Roemenië. Omdat Tech Sleeves zelf alle grondstoffen en machines voor het maken van deze mallen in huis heeft is het van zelf spreken om hier testen mee uit te voeren. Het zal hierbij belangrijk zijn om een goede balans tussen hardheid en flexibiliteit van de mal te realiseren.

Mal positionering

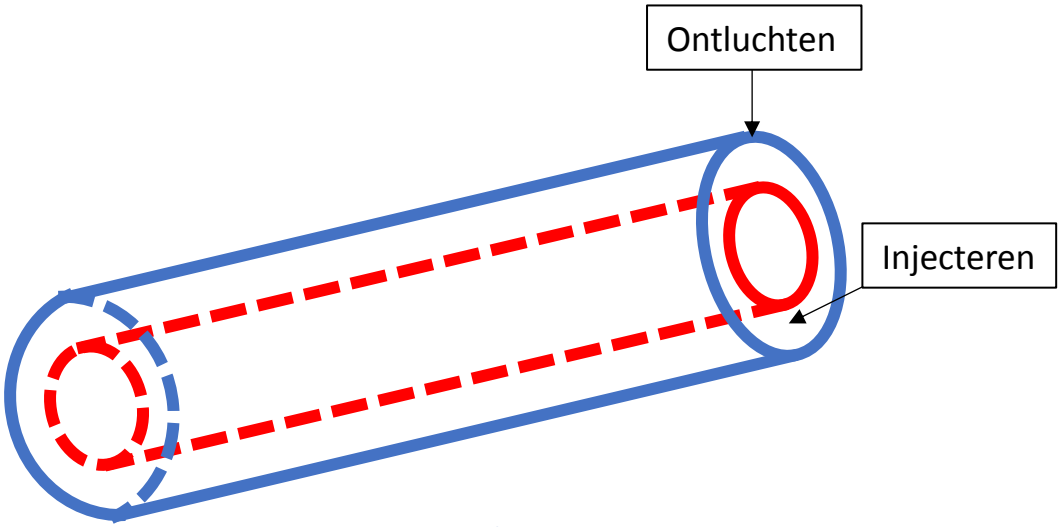
Een mal kan in verschillende standen gepositioneerd worden: verticaal, horizontaal en diagonaal. De stand van de mal hangt voornamelijk af van de giet methode, injecteer positie en efficiënt gebruik van ruimte. Een 10 meter lange mal kan men bijvoorbeeld niet eenvoudig verticaal positioneren. Bij vrij schuimen wordt een verticaal gepositioneerd mal gebruikt zodat de vloeistof niet uit de mal kan lopen. Bij onderdruk schuimen zijn alles posities mogelijk.

- Horizontaal gepositioneerde mal
  Bij een horizontaal gepositioneerde mal (Figuur 4) wordt in het midden van de mal geïnjecteerd en is aan beide zijde van de mal is een ventilatie gat vereist om lucht die door het schuim wordt weggeduwd te laten ontsnappen.



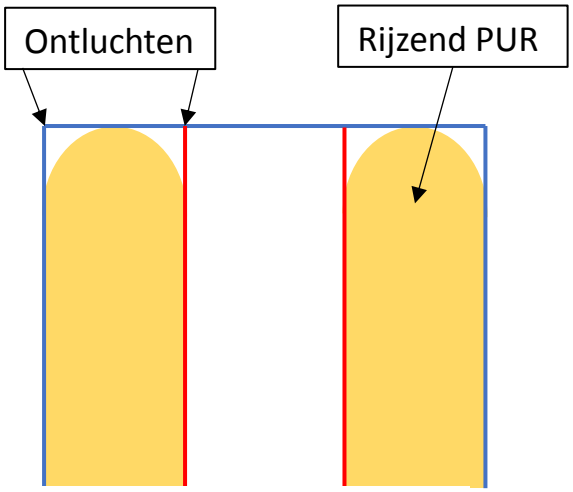
Figuur 4: Horizontaal gieten

- <u>Diagonaal gepositioneerde mal</u>
  Bij een diagonaal gepositioneerde mal kan op meerdere plaatsen geïnjecteerd worden (Figuur 5). De ontluchting vindt altijd plaatst op het hoogste punt, de positie die het schuim als laatste zal bereiken. Een van de voordelen van een diagonaal gepositioneerde mal is dat maar een ontluchting gat nodig is.

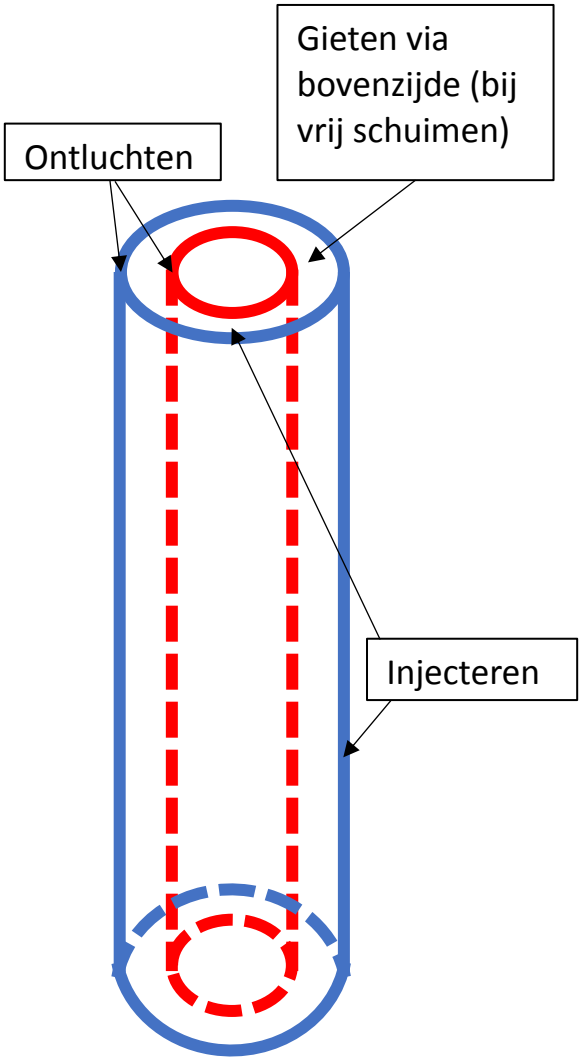


Figuur 5: Diagonaal gieten

- <u>Verticaal gieten</u>
  Bij verticaal gieten kan ook op meerdere posities geïnjecteerd worden (Figuur 6). Voor vrij schuimen is het eenvoudigste om boven in de opening van de mal de componenten te gieten omdat de mal hier niet afgesloten is. Wanneer sprake is van een dunne wanddikte (10-30 mm) is het gewenst een slangetje te gebruiken om de PUR onder in de mal aan te brengen zodat de componenten niet halverwege de mal in aanraking komen met de wanden. Als de componenten daar zouden beginnen met hun reactie kan dit verstoppingen en luchtbellen veroorzaken. Dergelijke slangetjes kunnen in de mal blijven en verwerkt worden in het PUR. Bij onderdruk schuimen zullen minimaal 2 ontluchting gaten nodig zijn vanwege de schuimvorming boven in de mal (figuur 7). (T. van Ierssel, Nestaan, persoonlijke communicatie, 22 oktober 2018)



Figuur 7: Verticaal onder druk injecteren



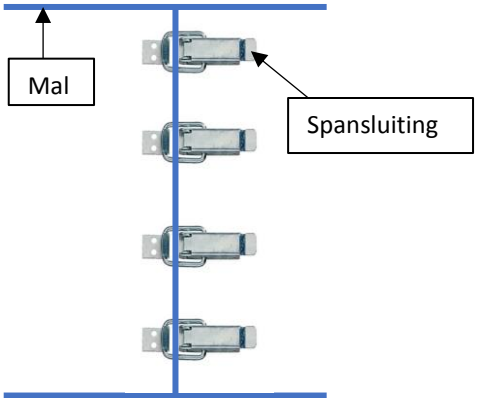
Figuur 6: Verticaal gieten

ELWIN BASTIAAN-NET
TECH-SLEEVES
18-02-2019

Ontmallen

De reactie die plaats vindt tussen de 2 PUR-componenten zorg voor drukopbouw in de mal. Wanneer het purschuim is uitgehard moet deze ontmalt worden en vanwege de druk opbouw is het niet mogelijk om de PUR sleeve uit de mal te duwen zonder de mal op een of andere manier open te maken. Ook met het gebruik van een lossing was of een niet hechtend materiaal als mal zal dit niet mogelijk zijn. Mallen voor eenmalig gebruik zoals de hierboven besproken mallen van kunststof materialen die van een rol komen, kunnen in de lengte doorgesneden worden en vervolgens van het schuim verwijderd worden. Ook is het een optie om tijdens het afdraaien van de schuimlaag, de kunststof mal meteen mee af te draaien. Zo wordt tevens een extra handeling bespaard.

Wanneer men de mal wil hergebruiken moet deze een open en sluiting mechanisme hebben. Het monteren van spansluitingen op de rand van de mal kan hier voor een optie zijn (Figuur 8). Als de mal gemaakt is van een stijf materiaal zal deze uit 2 helften moeten bestaan en zodoende ook aan 2 zijde afgesloten moeten worden. Dit is onder andere belangrijk zodat een lossing was/wax eenvoudig aan de binnenkant van de mal is aan te brengen.



Figuur 8: Mal afgesloten met span sluitingen

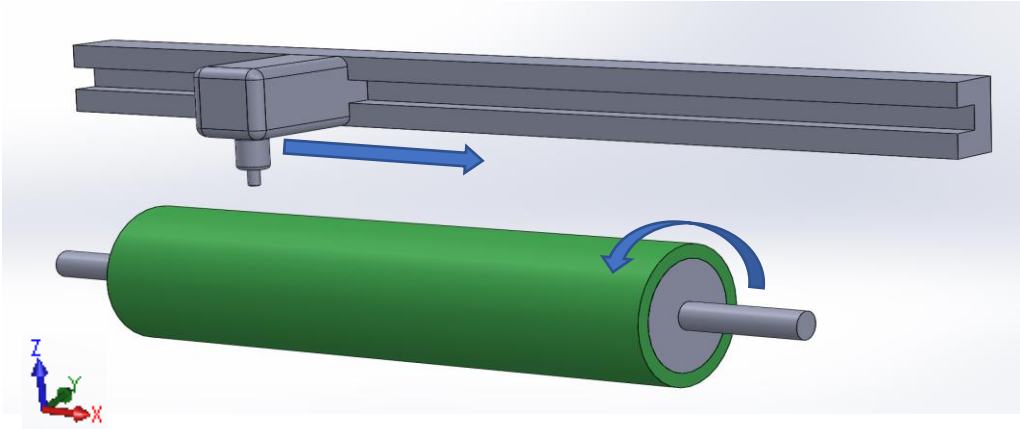
Het purschuim moet tussen de 5 minuten en 20 minuten uitharden voordat deze ontmalt kan worden, afhangend van de dichtheid van het gebruikte purschuim en de wanddikte van de purschuim laag. Hoe hoger de dichtheid en hoe dikker de wanddikte des te langer het purschuim in de mal moet blijven. (T. van Ierssel, Nestaan, persoonlijke communicatie, 22 oktober 2018)

1.4 Spuiten

Bij het spuiten van purschuim wordt een doseermachine met spuitpistool gebruikt. Voor de meeste toepassingen heeft het spuitpistool een vrij grote output en spuit een wijde straal purschuim. Sleeves kunnen een vrij kleine buiten diameter hebben, de dunste hebben een diameter van 65 mm. Om ervoor te zorgen dat het purschuim gecontroleerd op de sleeve aangebracht kan worden zal een zeer fijne spuitmond ontwikkeld moeten worden.

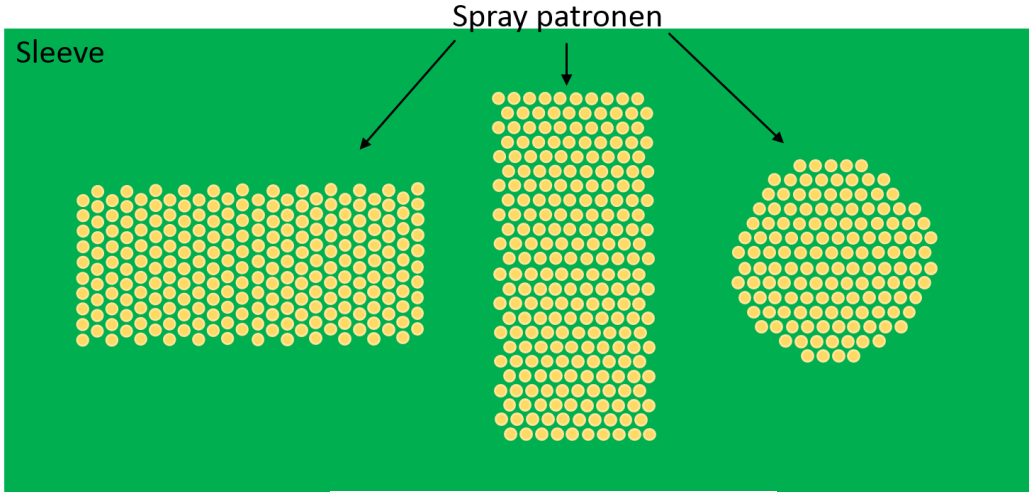
Het purschuim moet via spuiten laag voor laag op de sleeve worden aangebracht tot de gewenste wanddikte is behaald. Beoogd wordt dit te realiseren door het roteren van de sleeve met behulp van een rotatiemachine. Om een goede verdeling van het purschuim op de sleeve te krijgen, wordt de mandrel waarop de sleeve zich bevindt ingeklemd in een machine, deze de sleeve kan laten roteren.

Het spuitpistool wordt haaks op de sleeve gemonteerd aan een slede, deze setup is versimpeld weergegeven in figuur 9. Als het purschuim via deze methode aangebracht wordt moet ten eerste



Figuur 9: Spuit setup

bepaald worden hoe de sleeve en het spuitpistool ten opzichte van elkaar gaan bewegen. De sleeve kan met een constant snelheid blijven roteren terwijl het spuitpistool met een constante snelheid over de x as beweegt. Een andere optie is dat het spuitpistool een baan over de sleeve maakt, vervolgens draait de sleeve met een bepaald aantal graden waarna het spuitpistool een volgende baan maakt, enzovoort. Vervolgens moeten een aantal variabelen zoals rotatiesnelheid of rotatiehoek van de sleeve, en translatie snelheid van het spuitpistool op elkaar afgesteld worden. Ook moet de ideale vorm, grote en richting van de straal die uit het mondstuk van het spuitpistool komt bepaald worden. Conventioneel wordt een rechthoekige straal gebruikt. Deze straal kan haaks of parallel te opzichten van de sleeve geplaatst worden, ook een rond patroon is mogelijkheid zoals in figuur 10 is weergegeven. De grote van de straal moet zo zijn dat deze zo veel mogelijk van de sleeve bespuit, zonder naast de sleeve te spuiten en zonder ongelijkheid in wanddikte te veroorzaken.



Figuur 10: spuit patronen

Bijlage 2. Spuit test

Om een inschatting te kunnen maken van alle obstakels die kunnen ontstaan bij het spuiten van polyurethaanschuim op een sleeve, is bij de polyurethaan leverancier Nestaan een eerste spuit test uitgevoerd. In totaal zijn 4 sleeves bespoten, 2 met een schuim dichtheid van 80 kg/m^3 en 2 met 130 kg/m^3.

De opzet van de test is met de beschikbare materialen zo goed mogelijk nagebootst naar de opstelling in hoofdstuk 4.4. Als draaimechanisme voor de sleeve is een draaibank gebruikt (Figuur 11). De draaibank was niet instaat om op een laag toerental te draaien. Door de hoge draaisnelheid werd de PUR-vloeistof buitenwaarts geslingerd en harde vervolgens uit. Dit zorgden voor het vormen van spikes op de test sleeves (Figuur 12). De hoge draaisnelheid maakte het moeilijk een constante en dikke wanddikte aan te brengen op de sleeve. De gebruikte spuit machine met spuitpistool wordt normaal gebruikt om grote oppervlakten te spuiten t.b.v. isolatie. Om deze reden was de straal zeer groot en ontstond veel afvalmateriaal langs de sleeve. Aanzienlijk minder afvalmateriaal wordt verwacht met het gebruik van een fijne spuitmond.

Figuur 11: Spuit test opstelling

Figuur 12: Sleeve bespoten met purschuim

Het schuim is laag voor laag op de sleeve gespoten. Na het spuiten van een laag is telkens de temperatuur van het schuim opgemeten. Wat duidelijk werd is dat de laagdikte en schuim dichtheid direct invloed heeft op de temperatuur ontwikkeling. Bij het aanbrengen van een dikkere laag werden hogere temperaturen gemeten dan bij het aanbrengen van dunne lagen. En bij het schuim met 130 kg/m^3 werden hogere temperaturen (max 102°C) gemeten dan bij de 80 kg/m^3(max 74°C). Eveneens werden er lagere temperaturen gemeten wanneer er grotere pauzes werden gehouden tussen het aanbrengen van iedere laag. Na het demonteren van de sleeves is ook de temperatuur aan de binnen kant van de sleeves bijgehouden. Een maximale temperatuur van 60°C is hier gemeten.

Na de hand zijn de sleeves bij Tech Sleeves in Roemenië afgedraaid. Wat meteen duidelijk werd is dat de sleeves zeer moeilijk op een mandrel te schuiven waren, vooral bij de sleeves me het schuim van 130 kg/m^3 kosten het aanzienlijk veel kracht om deze te monteren. Dit betekend dat de binnen sleeve vervormd is. Aangenomen wordt dat de hoge temperatuur de binnen sleeve vatbaarder maakt voor vervorming en dat de uitzetting van het schuim de sleeve ovaal heeft geduwd.

Bijlage 3. Giet testen

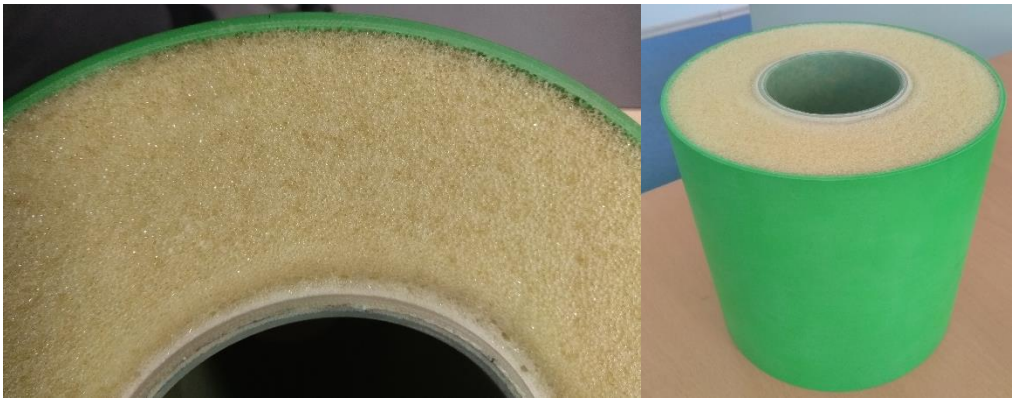
Ook voor het gieten zijn door de student een aantal testen uitgevoerd in de fabriek van Tech-Sleeves. De eerste testopstelling bestaat uit een binnen sleeve en dunne mal van glasfiber welke zijn vast gelijmd aan de grond met hotglue (figuur 13). Vervolgens zijn de 2 pur componenten met een mixer voor ongeveer 10 seconde gemixt en is de mix tussen de sleeve en mal ingegoten, het resultaat is te zien in figuur 14.

Figuur 13: giet test 1

Figuur 14: Resultaat giet test 1

Er zijn barsten ontstaan in het schuim doordat het de componenten niet goed genoeg gemixt zijn. Een goede menging van de componenten blijkt zeer belangrijk te zijn voor het verkrijgen van een goede schuim kwaliteit. Ook was duidelijk te zien dat de binnen sleeve ovaal was getrokken door de hoge temperatuur ontstaan bij de reactie.

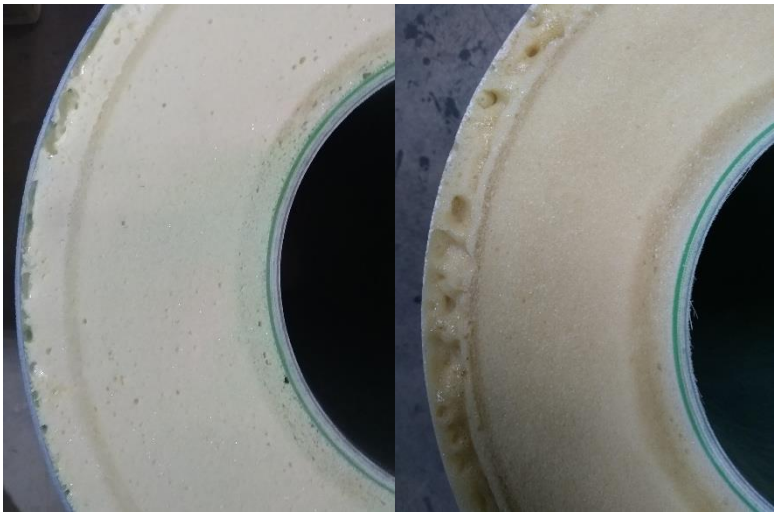
Bij test 2 is dezelfde setup gebruikt, maar is de binnen sleeve aan de uiteinden verstevigd door hier ringen in te persen om vervorming van de binnen sleeve te ver komen, en zijn de componenten voor ongeveer 25 seconde gemengd. Het resultaat is te zien in figuur 15. Ditmaal zijn er geen scheuren ontstaan maar is de schuim kwaliteit nog steeds vrij slecht. Dit is te zien aan het glazige uiterlijk van het schuim en de grovere celstructuur.



Figuur 15: Resultaat giet test 2

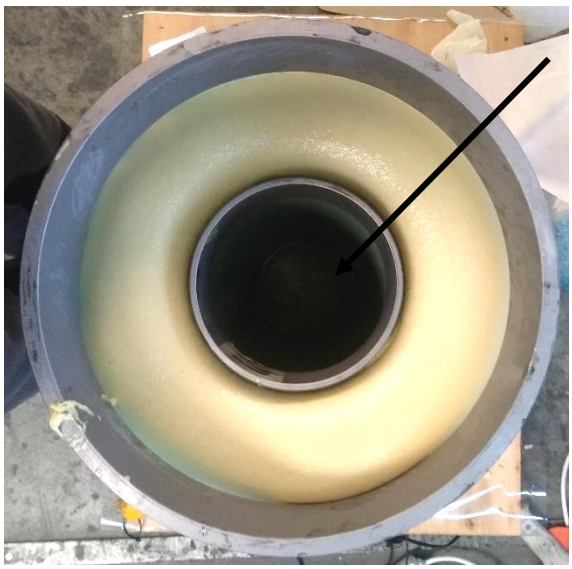
Een maand later zijn nog 2 giet testen uitgevoerd. Ditmaal zijn 2 dichtheden schuim gebruikt, 60 kg/m^3 en 110 kg/m^3. De test setup is te vergelijken met test 2. Verschil is dat de mal ook is verstevigd met ringen om een rondere vorm te creëren en om de binnen sleeve en mal betere ten opzichte van elkaar te kunnen centreren. Ook is een lossing was gebruikt om de mal en ringen in te spuiten zodat deze eenvoudig te demonteren zijn. De lossing was die gebruikt is wordt als een spray aangebracht en moet vervolgens enkele minuten uitdampen waarna deze uithardt. Het bleek lastig om een constante laag van de spray aan te brengen in de mal, de gebruikte spuitfles past net in de mal en is moeilijk te maneuvreren, ook is het lastig om te waar te nemen waar de spray wel of niet dekkend is omdat deze wit/helder uitslaat.

Voor het mengen van de componenten is ditmaal een boormachine gebruikt met 2800 toeren/minuut met een verf mixstaaf (aangeraden door de leverancier van de componenten). Bij het mixen van de componenten voor de 60 kg/m^3 schuim is in totaal 2,5 liter aan componenten in een maal gemixt (35 seconde gemixt, heeft te maken met cream time van het schuim). Dit gaf een vrij goede schuim kwaliteit (figuur 16 links). Bij het mixen van de componenten voor de 110 kg/m^3 schuim is in totaal 4 liter aan componenten in een maal gemixt (40 seconde om te mixen). Te zien is dat het schuim er glaziger uitziet en de kwaliteit dus minder is (figuur 16 rechts).



Figuur 16: Resultaat giet test 3 en 4

Bij het gieten van beide sleeves was het schuim onder de binnen sleeve door gegaan (zichtbaar in het midden van figuur 17) en duwde de binnen sleeve ongeveer 3 cm omhoog. Dit terwijl de sleeve aan de grond was vastgelijmd. Aangenomen wordt dat de lijm niet goed heeft gehouden doordat deze over de lossing was is aangebracht.



Figuur 17: Bovenaanzicht sleeve in mal giet test 3

Tijdens het lamineren van de schuim laag met een final layer ontstond er een probleem met het gladstrijken van de aangebrachte glasweefsel laag. Op de afgedraaide schuim laag waren enkele putjes aanwezig. Deze putjes zorgde voor opsluiting van lucht tussen het schuim en de eerste wikkelingen van het glasweefsel hierdoor kon het glasweefsel niet gladgestreken worden. De glasweefsel laag laat vrijwel geen lucht en hars door waardoor de lucht niet kon ontsnappen. Als oplossing is voor een final layer gekozen deze ook voor conductive sleeves wordt gebruikt. Deze final layer begint met een 1 wikkeling polyestervlies welke beter lucht en hars doorlaat. Hierbij was dan ook meteen een beter resultaat zichtbaar. Het enige verschil tussen een conductive en een standaart final layer is dat begonnen wordt met een wikkeling polyestervlies, de rest van de final layer is gelijk aan de hieronder omschreven standaard final layer.

Een standaard sleeve wordt afgewerkt met:

- 8 wikkelingen glasweefsel 160 gram/m^2
- 5 wikkelingen polyestervlies 60 gram/m^2

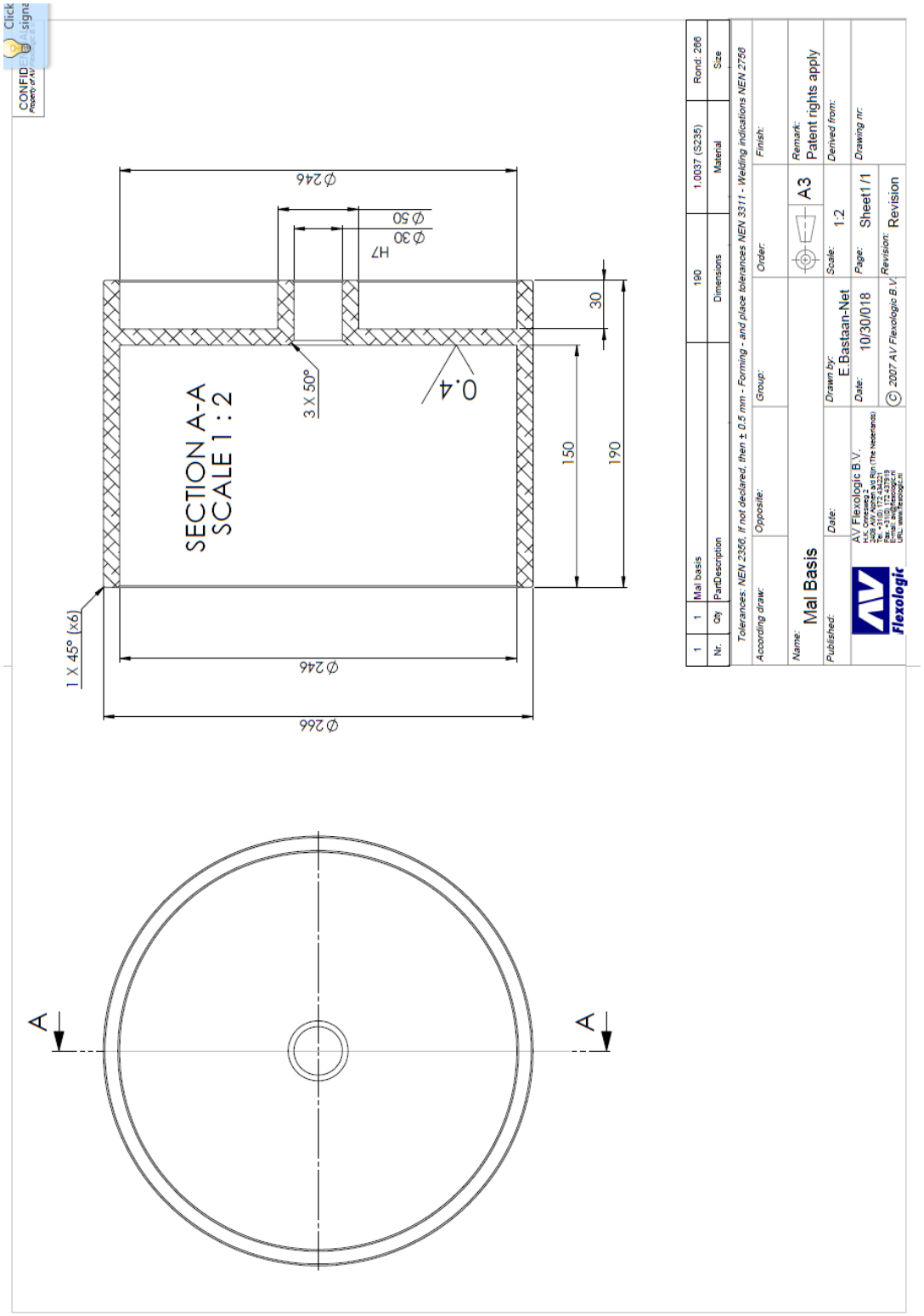
Wanddikte wordt naar 2.5 mm gedraaid

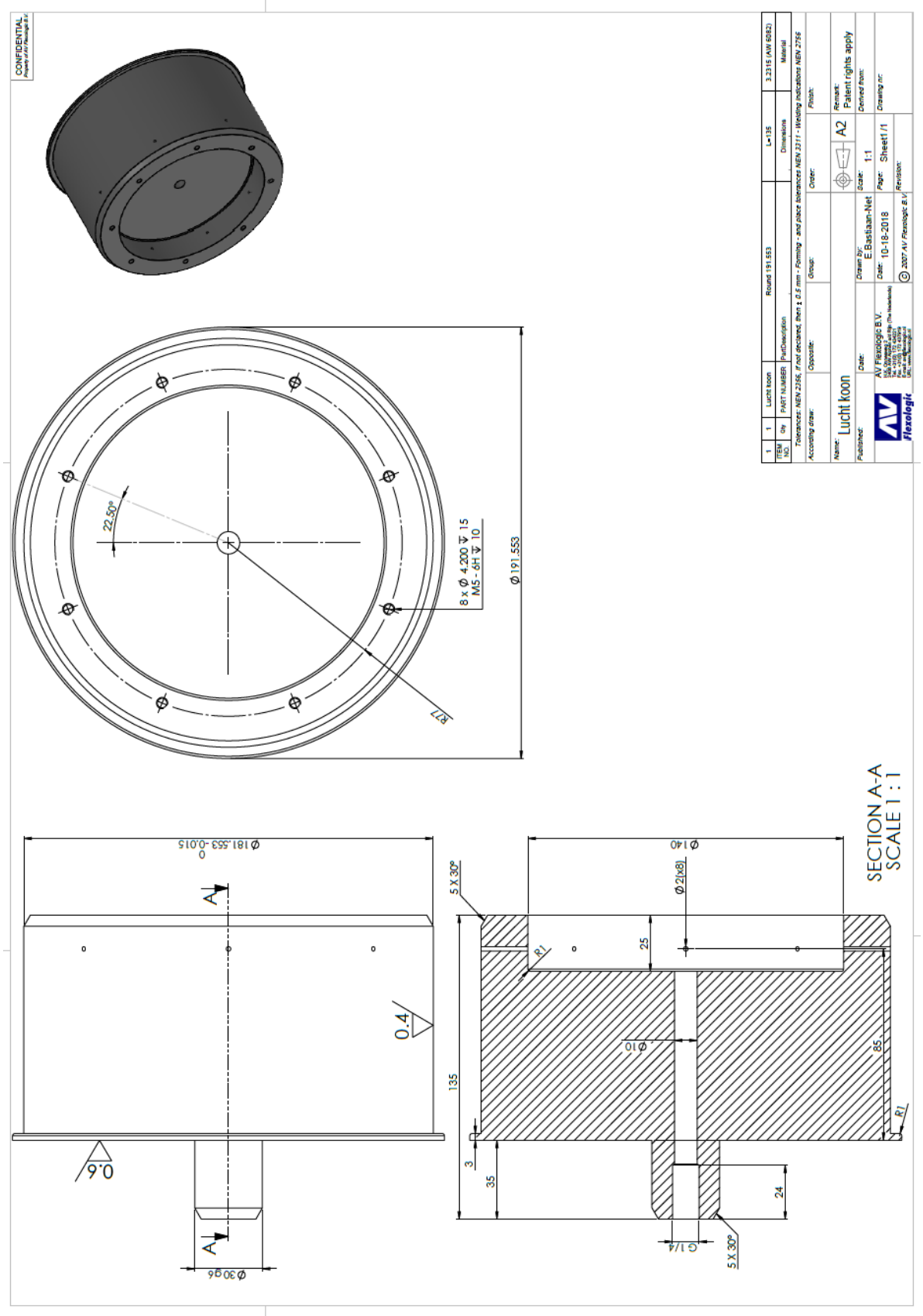
Bijlage 4. Productiemethode afweeg tabel

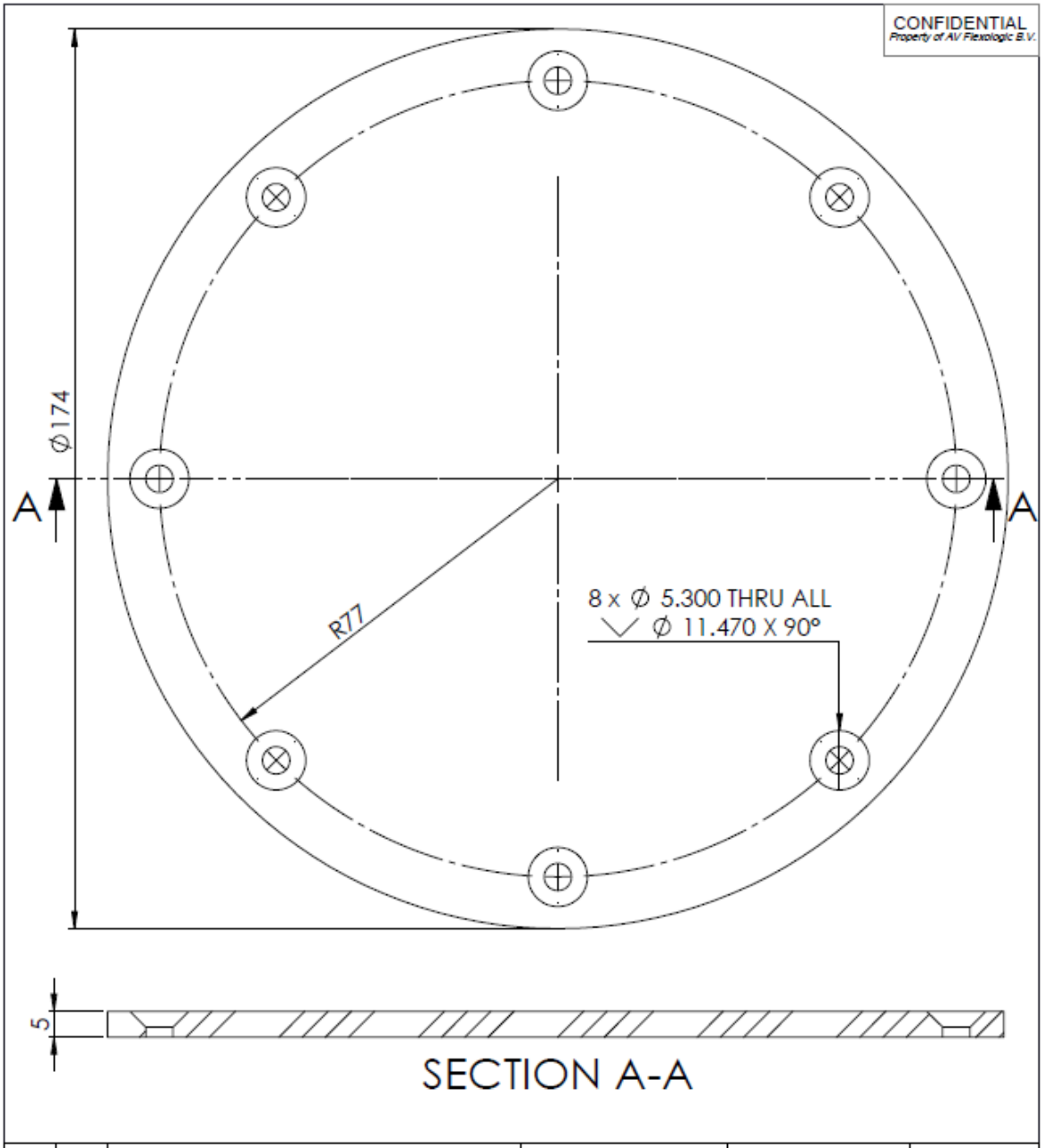
			Methode 1 Gieten		Methode 2 Spuiten			
Nr.	**Criteria**	**Weeg factor 1-5**	**Cijfer 1-5**	**Totaal**	**Cijfer 1-5**	**Totaal**	**Commentaar Gieten**	**Commentaar Spuiten**
1	Kosten (eenmalig)	3	4	12	1	3	Benodigdheden: Mallen staal(5K), PUR-doseerinstallatie (35K of 80K), mal houder/ophanging/opslag (8K), klimaatkamer(optioneel). Totaal: 48 K	Benodigdheden: Sleeve rotatie machine (80K), purschuim spuit machine(35K), speciale mondstuk voor spuitkop (10K), afzuigcabine(5K), klimaatkamer(optioneel). Totaal: 130K
2	Complexiteit	2	3	6	2	4	Relatief eenvoudig concept. Mogelijk ingewikkeld: mal positionering/ophanging en mal ontwerp.	Mogelijk ingewikkeld: Spuitpistool/mondstuk, programmeren van Sleeve rotatie machine in relatie tot de spuitkop
3	Mogelijkheid tot (deels of volledige) automatisering	1	3	3	4	4	De sleeve uit de mal halen is moeilijk te automatiseren	Sleeve hoeft alleen aangeleverd te worden op een mandrel en de rest gaat van zelf.
4	Realisatie tijd proces	3	3	9	2	6	Het opzetten van een doseermachine en het ontwerpen van de mallen kan relatief snel gerealiseerd worden.	Het ontwerpen van het mondstuk van de spuit kop en het correct afstellen van de rotatie machine samen met de doseer snelheid kan veel tijd kosten.
5	Cyclustijd	4	5	20	2	8	Korte cyclustijd, omdat meerdere malen te gelijke tijd gebruikt kunnen worden. Product moet 5-20 min in mal blijven afhankelijk van de wanddikte.	Lange cyclustijd omdat maar op een sleeve te gelijk tijd PUR aangebracht kan worden. Ook kosten grote wanddiktes extra veel tijd
6	Variabele wanddikte	4	4	16	4	16	Dunnen wanddikte zijn moeilijk te gieten waardoor veel materiaal afgedraaid moet worden (min 10 mm), grote wanddikte zijn eenvoudig te realiseren.	Dunne wanddikte eenvoudig, grote wanddikte kosten veel tijd. Min dikte hangt af van PUR-dichtheid dit zal tussen de 5 en 10mm liggen.
7	Hoeveelheid afvalmateriaal (o.a. door afdraaien)	1	2	2	3	3	Er zal vrij veel afvalmateriaal zijn vanwege een beperkt aantal mallen en omdat het niet mogelijk is om een zeer dunnen wanddikte te gieten zonder een gedeelte te moeten afdraaien	Als het mondstuk van de spuit kop niet fijn genoeg is, kan tijdens het spuiten PUR langs de sleeve komen. Ook zal een aantal mm afgedraaid moeten worden vanwege de standaard laag hoogte.
8	Even verdeling van dichtheid over lengte v.d. sleeve	3	3	9	4	12	Het rijzen van het PUR kan mogelijk de dichtheid beïnvloeden, vooral wanneer verticaal gegoten/injecteert wordt. Mogelijk moet in meerdere stappen gegoten worden.	Dit zou via spuiten geen probleem moeten zijn om het PUR in lagen over de sleeve verdeeld wordt.
9	Hanteerbaarheid van de sleeves in het proces	2	3	6	3	6	Het gewicht van de mallen zal hier een grote factor in zijn. Mallen van staalplaten of bepaalde kunststoffen zullen niet heel zwaar zijn.	Als de sleeve tussen konen ingeklemd kan worden i.p.v. ophanging via een mandrel zal dit de hanteerbaarheid aanzienlijk vergroten en is het mogelijk de sleeves handmatig te verplaatsen.
10	Risico m.b.t. ovaal trekken van de binnen sleeve	5	2	10	4	20	Groot risico i.v.m. de hoge exoterische reactie. Bij grote wanddikte zal hier op gelet moeten worden (T: 60-100 °C). Mogelijk moet de binnen wand verstevigd of ondersteund worden.	Weinig risico, minder hoge temperaturen vanwege dunnen lagen die aangebracht worden. En als de binnen sleeve op een mandrel zit kan deze vrij hoge temperaturen hebben.
11	Stijfheid PUR i.v.m. rijsrichting	1	1	1	5	5	Stijfheid zal vanwege de rijsrichting niet in de goede directie gaan, hierdoor moet mogelijk een hogere dichtheid PUR gebruikt worden. Verschil zou maximaal 20% moeten zijn.	Stijfheid gaat altijd in de gewenste richting.
				94		**87**		

Bijlage 5. Test prototype giet opstelling

5.1 Technische tekeningen



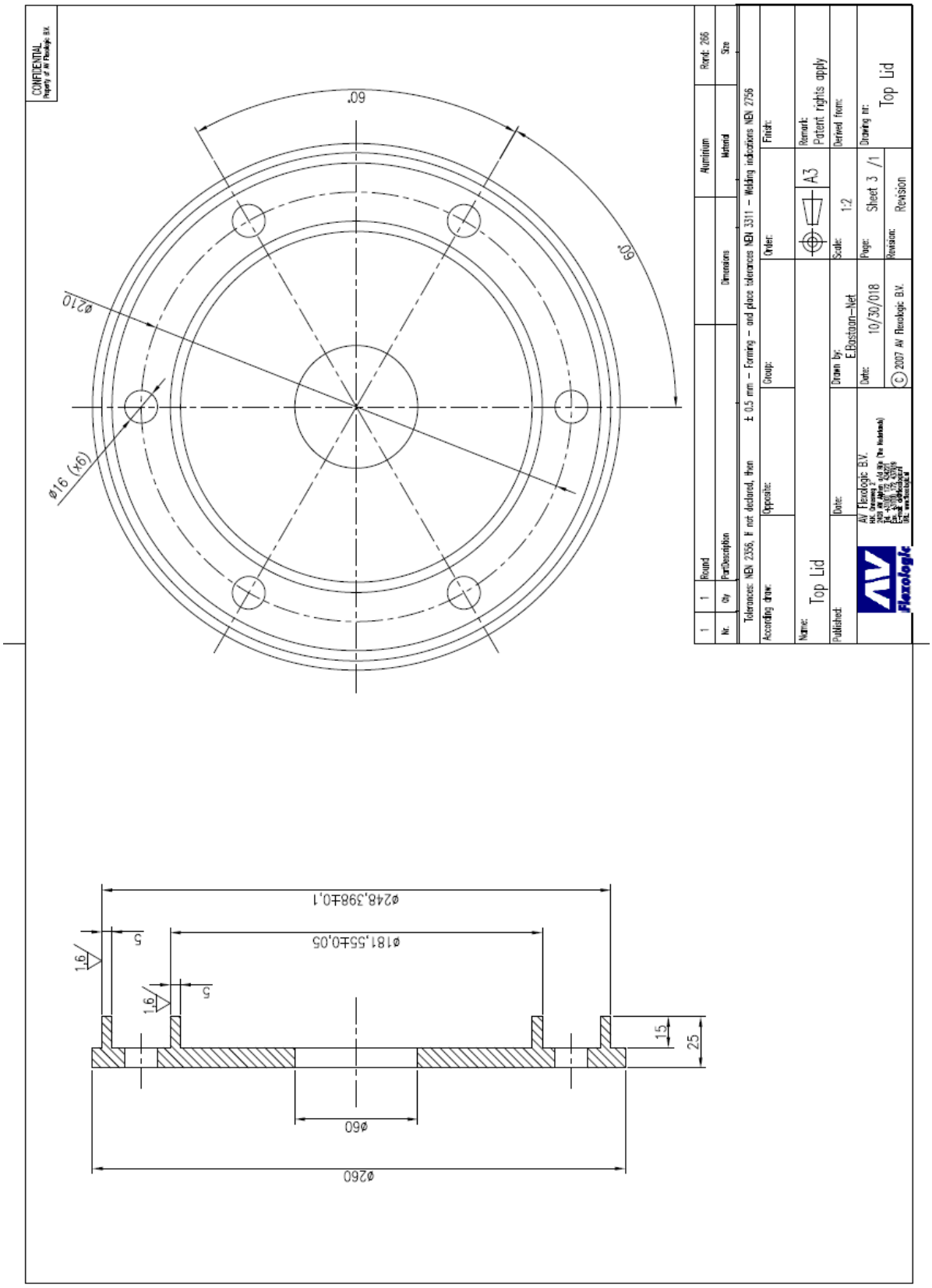

CONFIDENTIAL
Property of AV Flexologic B.V.
ITEM NO.
Qty
PART NUMBER
Part Description
Lucht koon
1
1
Round 191.553
L=135
3.2315 (AW 6082)
Dimensions
Material
Tolerances: NEN 2556, if not declared, then ± 0.5 mm - Forming - and place tolerances NEN 2756
According draw:
Opposite:
Group:
Order:
Finish:
Name:
Lucht koon
A2
Remark:
Patent rights apply
Published:
Date:
Drawer by:
E.Bastiaan-Net
Scale:
1:1
Derived from:
AV Flexologic B.V.
Date:
10-18-2018
Page:
Sheet1/1
Drawing nr:
flexologic
© 2007 AV Flexologic B.V.
Revision:
22.50°
8 x Ø 4.200 ↧ 15
M5 - 6H ↧ 10
Ø191.553
R71
Ø181.553 -0.015
0
A
0.4
0.6
Ø30g6
5 X 30°
Ø140
Ø2(x8)
25
R1
Ø10
135
85
3
35
24
G 1/4
SECTION A-A
SCALE 1 : 1

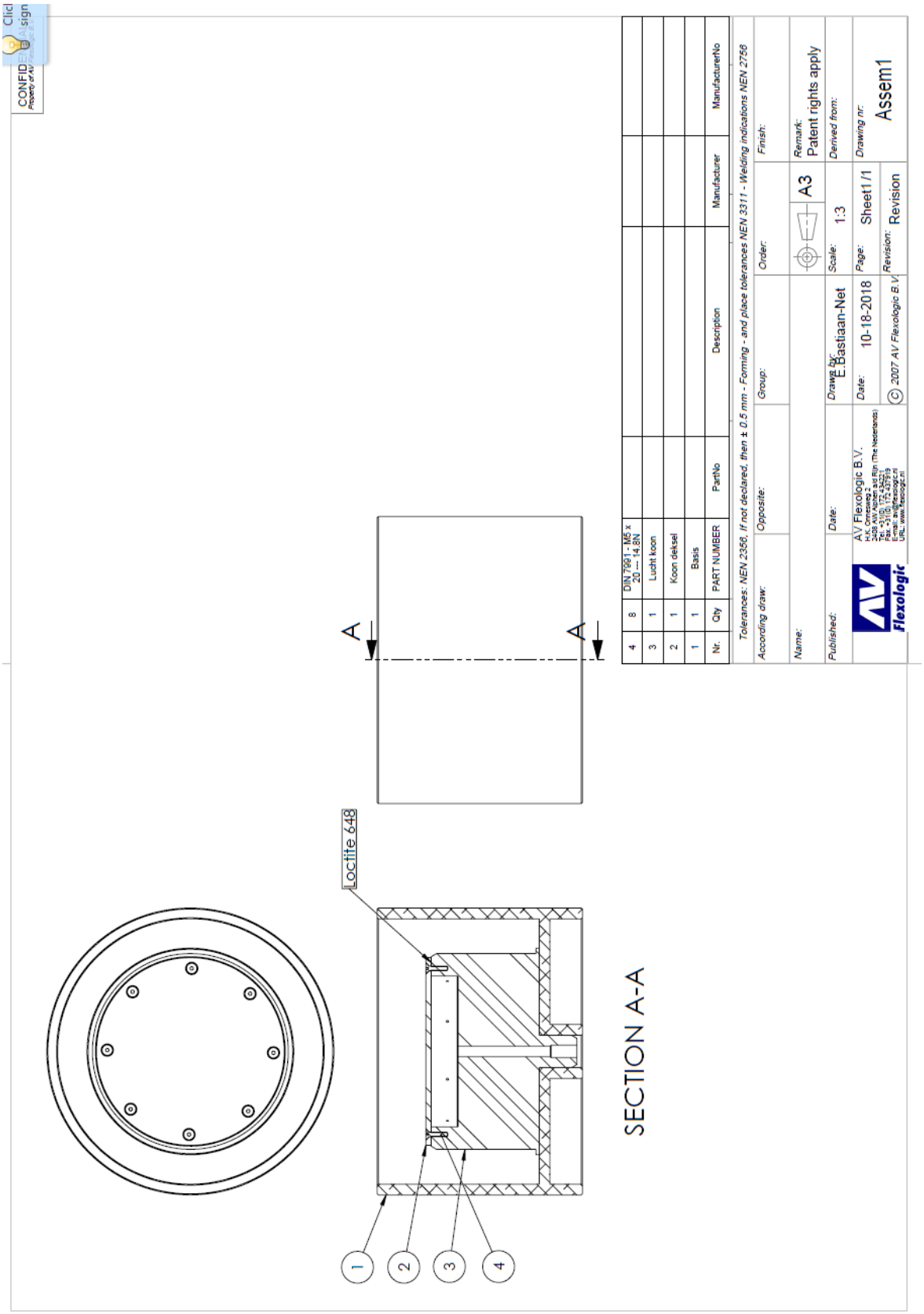


Nr.	Qty	PartDescription	Dimensions	Material	Size
1	1	5mm	round 174	1.0037 (S235)	

Tolerances: NEN 2356, If not declared, then ± 0.5 mm - Forming - and place tolerances NEN 3311 - Welding indications NEN 2756

According draw:	Opposite:	Group:	Order:	Finish:
Name: Koon deksel			A4	Remark:
Published:	Date:	Drawn by: E.Bastiaan-Net	Scale: 1:1	Derived from:
AV Flexologic B.V. H.K. Onnesweg 2 3408 AVV Alphen a/d Rijn (The Nederlands) Tel. +31(0) 172 434221 Fax. +31(0) 172 437919 E-mail: av@flexologic.nl URL: www.flexologic.nl		Date: 10-17-2018	Page: Sheet1 /1	Drawing nr:
		© 2007 AV Flexologic B.V.	Revision:	


CONFIDENTIAL
Property of AV Flexologic B.V.
60°
60°
Ø210
Ø16 (9x)
Ø248,398±0,1
Ø181,55±0,05
1,6
5
1,6
5
15
25
Ø60
Ø260
Nr. 1 Qty 1 Round
PartDescription
Dimensions
Aluminium
Material
Round: 266
Size
Tolerances: NEN 2356, if not declared, then ± 0,5 mm – Forming – and place tolerances NEN 3311 – Welding indications NEN 2756
According draw:
Opposite:
Group:
Order:
Finish:
Name: Top Lid
Published:
Date:
Drawn by: E.Bastiaan-Net
Scale: 1:2
A3
Remark: Patent rights apply
Derived from:
AV Flexologic B.V.
Date: 10/30/018
Page: Sheet 3 /1
Drawing nr: Top Lid
© 2007 AV Flexologic B.V.
Revision: Revision
Flexologic


CONFIDENTIAL
Property of AV Flexologic B.V.
Loctite 648
A
A
SECTION A-A
1
2
3
4
4 8 DIN 7991 - M5 x 20 --- 14.8N
3 1 Lucht koon
2 1 Koon deksel
1 1 Basis
Nr. Qty PART NUMBER PartNo Description Manufacturer ManufacturerNo
Tolerances: NEN 2356, If not declared, then ± 0.5 mm - Forming - and place tolerances NEN 3311 - Welding indications NEN 2758
According draw: Opposite: Group: Order: Finish:
Name:
A3
Remark: Patent rights apply
Published: Date: Drawn by: E.Bastiaan-Net Scale: 1:3 Derived from:
AV Flexologic B.V.
Date: 10-18-2018 Page: Sheet1 / 1 Drawing nr: Assem1
© 2007 AV Flexologic B.V. Revision: Revision

5.2 Test Uitvoering

De purschuim componenten zijn een week van tevoren in de fabriekshal geplaatst waar deze zijn geklimatiseerd op een constante temperatuur van 20 °C om een optimale viscositeit te krijgen.

1. De malen basis ring moeten worden ingespoten met een lossing was op de plekken waar deze mogelijk in aanraking komen met het purschuim. Na het aanbrengen moet de lossing was een aantal minuten uitdampen tot deze een laagje vormt. Het is zeer belangrijk dat de was overal dekkend is om hechting van het purschuim te vorkomen.
2. Er wordt lucht aangesloten op de koon en de binnen sleeve wordt op de koon geduwd.
3. De luchtkoon met binnen sleeve wordt in het midden van de basis geplaatst.
4. De mal wordt over de binnen sleeve in de basis geplaatst en afgesloten met de span sluitingen.
5. De top lid wordt op de mal en binnen sleeve geplaatst.
6. De componenten worden afgewogen aan de hand van de vooraf gemaakte berekeningen (Bijlage 5.3).
7. Het ISO wordt bij het Polyol gegoten, omdat het ISO een lagere viscositeit heeft en er dus minder vloeistof in de maatbeker achter zal blijven.
8. De componenten worden m.b.v. een hoog toerental boormachine (min toerental 2800 RPM) ingespannen met mix staaf gedurende de voorgeschreven tijd (verschild per dichtheid PUR) in een hoge maatbeker gemixt (zie bijlage 5.4 voor de purschuim datasheets en verwerkingsvoorschriften). Maximaal wordt 2 liter aan componenten in een maal gemixt omdat uit eerdere testen bleek dat het niet mogelijk is om meer dan 2 liter voldoende te mixen binnen de voorgeschreven tijd me de huidige mix methoden.
9. De gemixte componenten worden direct na het mixen m.b.v. een trechter door het gat in de centreer ring gegoten.
10. De temperatuur van de binnen sleeve wordt bijgehouden m.b.v. een infrarood temperatuur gun (stap 6 t/m 10 worden herhaald wanneer in meerdere stappen gegoten moet worden).
11. De top Lid wordt 20 minuten na het gieten van de laatste stap verwijdert
12. De mal met binnen sleeve en koon wordt uit de basis ring verwijdert.
13. De koon wordt op weer op lucht aangesloten en de binnen sleeve met het schuim en de mal wordt gedemonteerd van de koon.
14. De span sluitingen op de mal worden lost gemaakt en de mal wordt van de pur laag verwijdert. De mal en basis worden gereinigd en enige overgebleven aanhangend schuim wordt verwijderd zodat het proces weer opnieuw kan beginnen.5.3 Berekeningen voor nodige componenten hoeveelheid

TECH SLEEVES

5.3 berekeningen voor benodigde componenten hoeveelheid

Binnen diameter	191,90	mm		Inhoud binnen sleeve:	37165368	mm^3
Buiten diameter	248,40	mm		Inhoud Mal:	62270980	mm^3
Lengte	1285,00	mm				
				Werkelijke inhoud	25105613	mm^3
					0,025	m^3
Dichtheid	**68,00**	kg/m^3		Gewicht componenten	1,707	kg
Dichtheid met verlies	**80**	kg/m^3		Gewicht componenten	**2,008**	**kg**

Binnen diameter	191,90	mm		Inhoud binnen sleeve:	37165368	mm^3
Buiten diameter	248,40	mm		Inhoud Mal:	62270980	mm^3
Lengte	1285,00	mm				
				Werkelijke inhoud	25105613	mm^3
					0,025	m^3
Dichtheid	**110,00**	kg/m^3		Gewicht componenten	2,762	kg
Dichtheid met verlies	**130**	kg/m^3		Gewicht componenten	**3,264**	**kg**

Binnen diameter	191,90	mm		Inhoud binnen sleeve:	37165368	mm^3
Buiten diameter	248,40	mm		Inhoud Mal:	62270980	mm^3
Lengte	1285,00	mm				
				Werkelijke inhoud	25105613	mm^3
					0,025	m^3
Dichtheid	**180,00**	kg/m^3		Gewicht componenten	4,519	kg
Dichtheid met verlies	**210**	kg/m^3		Gewicht componenten	**5,272**	**kg**

Dichtheid 68

Gewicht deel A	100		0,474	%		
Gewicht deel B	111		0,526	%		
Dichtheid A	1110	kg/m^3				
Dichtheid B	1230	kg/m^3		Gewicht component A	**0,952**	kg
				Gewicht component B	**1,057**	kg
Totaalgewicht	2,008					
				Volume A	0,858	L
				Volume B	0,859	L
				Totaal voor 1 sleeve	1,717	L

In een keer gieten
40 seconde mix tijd
10 seconde giet tijd

TECH SLEEVES

Dichtheid 110

Gewicht deel A	100		0,465	%				
Gewicht deel B	115		0,535	%				
Dichtheid A	1070	kg/m³						
Dichtheid B	1230	kg/m³		Gewicht component A	1,518	kg	**0,759**	kg
				Gewicht component B	1,746	kg	**0,873**	kg
Totaalgewicht	3,264							
				Volume A	1,419	L	0,709	L
				Volume B	1,419	L	0,710	L
				Totaal voor 1 sleeve	2,838	L	1,419	L
				In **2** keer gieten			x2	
				50 seconde mix tijd				
				10 seconde giet tijd				

Dichtheid 180

Gewicht deel A	100		0,461	%				
Gewicht deel B	117		0,539	%				
Dichtheid A	1055	kg/m³						
Dichtheid B	1230	kg/m³		Gewicht component A	2,430	kg	**1,215**	kg
				Gewicht component B	2,843	kg	**1,421**	kg
Totaalgewicht	5,272							
				Volume A	2,303	L	1,151	L
				Volume B	2,311	L	1,156	L
				Totaal voor 1 sleeve	4,614	L	2,307	L
				In **2** of **3** keer gieten			x2	
				50 seconde mix tijd				
				10 seconde giet tijd				

Gewicht component A	**0,810**	kg
Gewicht component B	**0,948**	kg
Volume A	0,768	L
Volume B	0,770	L
Totaal A+B	1,538	L
	x3	

5.4 Datasheets purschuim componenten

Quality insulation
with a personal touch

TECHNISCH INFORMATIEBLAD
NESTAAN® POLYURETHAAN SYSTEMEN

HR ISOLATIE

NESTAAN® PN793/60-HM

Componenten	A-Component: NESTAAN® POLY PN793/60-HM B-Component: NESTAAN® ISO 30
Materiaalbeschrijving	NESTAAN® PN793/60-HM is een twee componenten PUR gietsysteem. Bevat gefluoreerde broeikasgassen (HFK365mfc/227ea).
Toepassing	NESTAAN® PN793/60-HM is een twee componenten PUR gietsysteem dat als isolatiemateriaal, vulmateriaal en drijfmateriaal gebruikt kan worden. Verwerking kan gebeuren met een hoge- of lage druk machine. Dit systeem is tevens zeer geschikt voor handmatige verwerking door de vertraagde reactiestart.
Toepassingsgebieden	Isoleren van opslagtanks, industriële isolatie, gebruik als vulling voor drijvende lichamen, discontinu vullen van panelen en het volschuimen van andere complexe objecten.

Producteigenschappen			
	A-Component	**B-Component**	**Eenheid**
Uiterlijk	Lichtgele vloeistof	Donkerbruine vloeistof	
Dichtheid 20°C	1100 – 1120	1210 – 1250	g/l
Viscositeit 20°C	900 – 1300	200 - 400	mPa.s
Mengverhouding Gewichtsdelen Volumedelen	 100 100	 110 – 112 100	

Typische schuimgegevens (handmix, 20°C, 3000 tpm)			
		Waarde	**Eenheid**
Reactiviteit	Cream time (CT) Gel time (GT)	50 ± 5 190 ± 19	s s
Dichtheid	Kerndichtheid Bekerdichtheid	68 ± 3 72 ± 3	kg/m³ kg/m³

Verpakking	
NESTAAN® POLY PN793/60-HM kan geleverd worden in	
Plastic cans	30 kg netto
Metalen vaten	60 of 225 kg netto
IBC's	1125 kg netto
Bulk	23000 kg netto
NESTAAN® ISO 30 kan geleverd worden in	
Plastic cans	30 kg netto
Metalen vaten	60 of 250 kg netto
IBC's	1250 kg netto
Bulk	23000 kg netto

Houdbaarheid en opslag			
	A-Component	**B-Component**	**Eenheid**
Opslagtemperatuur	5 - 30	5 – 30	°C
Houdbaarheid (in gesloten, verzegelde verpakking)	3	6	maanden

TDS – PN793/60-HM – NL – 20160428 Pagina 1 van 3

Nestaan Holland B.V. • Slabbecoornweg 31 • NL-4691 RZ Tholen • P.O. box 32 • NL-4690 AA Tholen
T +31 (0)166 – 605 605 • F +31 (0)166 – 603 450
www.nestaan.nl

Quality insulation
with a personal touch

Verwerking
Dit systeem kan gebruikt worden voor diverse toepassingen waar grote en kleine volumes volgeschuimd dienen te worden. NESTAAN® PN793/60-HM heeft een goede hechting op de meest gebruikte bekledingen. Sommige bekledingen, zoals aluminium en RVS moeten geschuurd worden en worden behandeld met een primer. In geval van twijfel moet de hechting getest worden op de gebruikte bekleding of een vergelijkbaar materiaal. De temperatuur van de bekledingen en alle andere objecten die met het reagerende schuim in aanraking komen moet minimaal 25°C zijn. Als zeer grote volumes (> 0,5m3) gevuld moeten worden, moet er rekening gehouden worden met de exotherme reactie, die bij alle polyurethaan schuimen optreedt. Er dient voldoende tijd gegeven te worden om het schuim af te laten koelen, voordat de volgende hoeveelheid schuim aangebracht wordt. Door de uitgebalanceerde reactiviteit van dit systeem is het uitermate geschikt om met eenvoudige hulpmiddelen een polyurethaanschuim van zeer goede kwaliteit te realiseren. De reactiestart is bij dit systeem uitgesteld, terwijl de overige reactietijden overeenkomen met standaard systemen voor machinale verwerking, zodat de totale verwerkingsduur gelijk blijft. De reactiviteit van alle polyurethaan systemen is sterk afhankelijk van de omgeving- en grondstoftemperatuur, bij lage temperaturen is de reactie trager, bij hoge temperaturen sneller. De ideale verwerkingstemperatuur ligt ongeveer bij 20°C. Het is dus noodzakelijk de verpakkingen ruim voor de verwerking op kamertemperatuur te laten komen. Vlak voor de verwerking worden beide componenten in de juiste meng- verhouding in een mengbeker gedurende 10-15 s. intensief met elkaar gemengd. Dit gebeurt bijvoorbeeld met een snel draaiende mixer van ca. 3000 tpm. met daarop gemonteerd een propeller mixer (bijv. Master Speed Mixer, Ø = 55 mm.), totdat een egaal gekleurde vloeistof ontstaat zonder 'strepen' ongemengde polyol of isocyanaat, die later een schuim van mindere kwaliteit kunnen opleveren. Let bij de berekening van de benodigde hoeveelheid schuim op het 'aanhangverlies' in de mengbeker, dit zal bij kleinere hoeveelheden 10-15% van de totale massa zijn. Aanhangresten in de mengbeker mogen nooit uitgeschraapt worden, omdat deze niet voldoende gemengd zijn. Na verwerking kunnen verontreinigde mixers e.d. gereinigd worden met een geschikt oplosmiddel. Temperatuur bereik van het schuim: -50°C tot +90°C.

Typische schuimeigenschappen			
	Value	**Unit**	**Method**
Kerndichtheid	65 – 80	kg/m³	EN 1602
Drukweerstand	> 270	kPa	EN 826
Water absorptive	< 0,3	kg/m²	EN 1609
Warmtegeleidbaarheid 10°C (λi)	< 0,023	W/m.K	EN 12667
Closed cell content	> 90	%	ISO 4590
Dimensionele stabiliteit -20°C +70°C/90% RH	 < 1 < 5	%	EN 1604
Brandklasse*	B3 <125 F	-- mm	DIN4102, t.1 ISO 3582 EN 13501

**Opmerking: de in dit document vermelde waardes voor brandgedrag zijn niet bedoeld om de gevaren van dit of ieder ander materiaal tijdens werkelijk branden te beoordelen.*

Nestaan Holland B.V. • Slabbecoornweg 31 • NL-4691 RZ Tholen • P.O. box 32 • NL-4690 AA Tholen
T +31 (0)166 – 605 605 • F +31 (0)166 – 603 450
www.nestaan.nl

Quality insulation
with a personal touch

Opmerkingen
Al onze producten dienen verwerkt te worden door terzakekundige personen. Bij twijfel dient u contact met ons op te nemen. Bij de verwerking van polyurethaan dient rekening te worden gehouden met het brandrisico. Alle maatregelen dienen te worden genomen om te voorkomen dat er ontbranding plaatsvindt. Ook dient er gezorgd te worden voor de directe aanwezigheid van geschikte blusmiddelen. Onze adviezen met betrekking tot de technische toepassing in woord, geschrift of door middel van proeven worden naar beste weten verstrekt, doch gelden slechts als vrijblijvende aanwijzingen, ook ten aanzien van eventuele rechten van derden. Zij ontslaan u niet van de verplichting de door ons geleverde producten op hun geschiktheid voor de beoogde procedures en doeleinden te controleren. Toepassing, gebruik en verwerking van de producten vinden plaats buiten onze controlemogelijkheden en vallen onder uw eigen verantwoordelijkheid. Nestaan aanvaardt geen aansprakelijkheid voor schade welke wordt veroorzaakt door toepassing van onze producten (schade aan derden en gevolgschade daar onder begrepen). Wij verwijzen hiervoor naar de aansprakelijkheidsbeperking in onze algemene voorwaarden.

Nestaan Holland B.V. • Slabbecoornweg 31 • NL-4691 RZ Tholen • P.O. box 32 • NL-4690 AA Tholen
T +31 (0)166 – 605 605 • F +31 (0)166 – 603 450
www.nestaan.nl

Quality insulation
with a personal touch

TECHNICAL DATASHEET
NESTAAN® POLYURETHANE SYSTEMS

NESTAAN® PN013/110-HM

Components	A-Component: NESTAAN® POLY PN013/110-HM B-Component: NESTAAN® ISO 30
Material description	Waterblown 2 component PU pour foam system.
Application	NESTAAN® PN013/110-HM is a water blown two component PUR pour system with low odor, suitable for hand-mix operation, because of the delayed reactivity.
Application areas	High density moulded pieces such as pipe sections, wood imitation, decorative- and technical parts.

Product properties			
	A-Component	**B-Component**	**Unit**
Appearance	Yellowish liquid	Dark brown liquid	
Specific mass 20°C	1060 – 1080	1210 – 1250	g/l
Viscosity 20°C	1000 – 1200	200 - 400	mPa.s
Mixing ratio Parts by weight Parts by volume	 100 100	 115 100	

Typical foaming properties (handmix, 20°C, 3000 rpm)			
		Value	**Unit**
Reactivity	Cream time (CT) Gel time (GT) Tack Free Time (TFT)	60 ± 6 200 ± 20 250 ± 25	s s s
Density	Core density	110 ± 11	kg/m³

Packaging	
NESTAAN® POLY PN013/110-HM can be supplied in	
Plastic cans	25 kg nett
Metal drums	50 or 210 kg nett
IBC's	1050 kg nett
Bulk	21000 kg nett
NESTAAN® ISO 30 can be supplied in	
Plastic cans	30 kg nett
Metal drums	60 of 250 kg nett
IBC's	1250 kg nett
Bulk	23000 kg

Shelf life and storage			
	A-Component	**B-Component**	**Unit**
Storage temperature	10 - 25	5 - 30	°C
Shelf life (in closed, sealed packaging)	3	6	months

Nestaan Holland B.V. • Slabbecoornweg 31 • NL-4691 RZ Tholen • P.O. box 32 • NL-4690 AA Tholen
T +31 (0)166 – 605 605 • F +31 (0)166 – 603 450
www.nestaan.nl

Quality insulation
with a personal touch

Processing

Due to the balanced reactivity of NESTAAN PN013/110-HM, it is suitable to produce high quality polyurethane foams with the use of basic tools. The start of the reaction (cream time) is delayed, while the other reactions are like other standard system for mechanical processing, so the total processing time remains equal.
The reactivity of all polyurethane systems strongly depends on ambient and material temperature, slower reaction times at low temperatures, faster reaction times at high temperatures. The ideal processing temperature on this system is 20°C. So it is necessary to place the materials at room temperature several hours before processing.
Just before processing, weigh out both components in the right mixing ratio and mix intensively during appr. 10-15 sec. with a high speed drill (3000 rpm) using a propeller mixer (Master Speed Mixer, Ø = 55 mm.). Properly mixed material is free of stripes and has a uniform cream-like colour. After pouring in the desired mould, never scrape material from the wall of the mixing cup, this is not mixed well and results in poor foam.
After processing used material can be cleaned using an appropriate solvent
(e.g. NESOL X).

Typical foam properties

	Value	Unit	Method
Applied density	100 – 150	kg/m³	EN 1602
Compressive strength	> 1000	kPa	EN 826
Water absorption	< 2	kg/m²	EN 1609
Thermal conductivity	< 0,045	W/m.K	EN 12667
Closed cell content	> 90	%	ISO 4590
Dimensional stability -20°C +70°C/90% RH	 <2 / <0,5 <4 / <1	%	EN 1604
Fire behavior	B3 < 125 F	-- mm --	DIN4102,t.1 ISO 3582 EN 13501

Remarks

Our recommendations with regard to technical applications, whether verbal, written or through means of testing, are provided to the best of our knowledge. However, they only count as non-committal guidelines, also applicable to the possible protective rights of third parties. They do not dismiss you of the obligation to check the products supplied by us on their suitability for the intended applications or purposes.

Application, usage and processing of the products happen outside of our control possibilities and therefore are your own responsibility. Nestaan does not accept any liability for damage caused by the application of our products (damage by third parties and possible consequential damages included). In case a court should conclude liability, the damage of all claims is limited only to the value of the goods that we supplied to you in relation to the damage causing project.

The above according to mentioned criteria in our general sales and delivery terms.

Nestaan Holland B.V. • Slabbecoornweg 31 • NL-4691 RZ Tholen • P.O. box 32 • NL-4690 AA Tholen
T +31 (0)166 – 605 605 • F +31 (0)166 – 603 450
www.nestaan.nl

Quality insulation
with a personal touch

TECHNICAL DATASHEET
NESTAAN® POLYURETHANE SYSTEMS

NESTAAN® PN013/180-HM

Components	A-Component: NESTAAN® POLY PN013/180-HM B-Component: NESTAAN® ISO 30
Material description	2 component PU pour foam system.
Application	NESTAAN® PN013/180-HM is a water blown two component PUR pour system with low odor.
Application areas	High density moulded pieces such as pipe sections, decorative parts technical parts, floor lifting and soil stabilization.

Product properties			
	A-Component	**B-Component**	**Unit**
Appearance	Yellowish liquid	Dark brown liquid	
Specific mass 20°C	1045 – 1065	1210 – 1250	g/l
Viscosity 20°C	1200 – 1600	200 - 400	mPa.s
Mixing ratio			
Parts by weight	100	116 – 118	
Parts by volume	100	100	

Typical foaming properties (handmix, 20°C, 3000 rpm)			
		Value	**Unit**
Reactivity	Cream time (CT)	60 ± 6	s
	Gel time (GT)	170 ± 17	s
	Tack free time (TFT)	280 ± 28	s
Density	Core density	180 ± 10	kg/m³
	Cup density	200 ± 20	kg/m³

Packaging	
NESTAAN® POLY PN013/180-HM can be supplied in	
Plastic cans	25 kg nett
Metal drums	50 or 210 kg nett
IBC's	1050 kg nett
Bulk	21000 kg nett
NESTAAN® ISO 30 can be supplied in	
Plastic cans	30 kg nett
Metal drums	60 of 250 kg nett
IBC's	1250 kg nett
Bulk	23000 kg

Shelf life and storage			
	A-Component	**B-Component**	**Unit**
Storage temperature	5 - 30	5 - 30	°C
Shelf life (in closed, sealed packaging)	3	6	months

Nestaan Holland B.V. • Slabbecoornweg 31 • NL-4691 RZ Tholen • P.O. box 32 • NL-4690 AA Tholen
T +31 (0)166 – 605 605 • F +31 (0)166 – 603 450
www.nestaan.nl

Quality insulation
with a personal touch

Processing

Due to the balanced reactivity of NESTAAN PN013/180-HM, it is suitable to produce high quality polyurethane foams with the use of basic tools. The start of the reaction (cream time) is delayed, while the other reactivities are like other standard system for machine processing, so the total processing time remains equal.
The reactivity of all polyurethane systems strongly depends on ambient and material temperature, slower reaction times at low temperatures, faster reaction times at high temperatures. The ideal processing temperature on this system is 20°C. So it is necessary to place the materials at room temperature several hours before processing.
Just before processing, weigh out both components in the right mixing ratio and mix intensively during appr. 10-15 sec. with a high speed drill (3000 rpm) using a propeller mixer (Master Speed Mixer, Ø = 55 mm.). Properly mixed material is free of stripes and has a uniform cream-like color. After pouring in the desired mould, never scrape material from the wall of the mixing cup, this is not mixed well and results in poor foam.
After processing used material can be cleaned using an appropriate solvent
NESTAAN® PN013/180-HM shows a good adhesion to most common facing materials, but the temperature of all parts in contact with the reacting foam should be at least 20°C to prevent delaminating of the foam. Some facing materials, like aluminum or stainless steel, should be grinded or be treated with a suitable primer. In case of doubt the adhesion should be tested on the facing or equivalent materials.
When surfaces are colder and/or not dry enough, a bad adhesion will be very probable. A humid substrate will cause, amongst others, blisters, a high amount of open cells, bad compressive strength, possible shrinkage and a bad adhesion.
Typical demould times, depending on equipment and temperatures, are approximately 3 min / cm foam thickness. This should be determined by actual production trials. When larger volumes have to be filled, care should be taken with the exothermic reaction, which occurs in all polyurethane foam reactions. A sufficient cooling period should be taken in mind before applying the next batch.

Typical foam properties

	Value	Unit	Method
Applied density	200	kg/m³	EN 1602
Compressive strength	> 2000	kPa	EN 826
Water absorption	< 0,3	kg/m²	EN 1609
Thermal conductivity	< 0,025	W/m.K	EN 12667
Closed cell content	> 90	%	ISO 4590
Dimensional stability			
-20°C	< 1	%	EN 1604
+70°C/90% RH	< 5		

Remarks

All our products must be processed by competent persons. In case of doubt you must contact us. The fire risk must be taken into account when processing polyurethane. All necessary measures must be taken to prevent firing. Suitable fire extinguishers must also be present in the immediate vicinity.

Our recommendations with regard to technical application, whether verbal, in writing or by means of tests have been drawn up to the best of our knowledge and understanding, but are intended as indicative only, also in relation to any third party entitlements. They do not discharge you of your obligation to check products delivered by us for their suitability for the intended procedures and purposes.

The application, use and processing of the products are beyond our control and you are fully responsible. Nestaan accepts no liability for damages resulting from the use of our products, including damages suffered by third parties and consequential damages. Please refer to the stipulations on the limitation of liability in our General Terms and Conditions.

Nestaan Holland B.V. • Slabbecoornweg 31 • NL-4691 RZ Tholen • P.O. box 32 • NL-4690 AA Tholen
T +31 (0)166 – 605 605 • F +31 (0)166 – 603 450
www.nestaan.nl

Quality insulation
with a personal touch

VERWERKINGSVOORSCHRIFT HANDMENGSYSTEMEN

Definitie

Onder handmengsystemen wordt verstaan: alle NESTAAN® POLY en NESTAAN® ISO combinaties die in een op het desbetreffende specificatieblad vermelde mengverhouding handmatig gemengd kunnen worden.

Werkmethode

Door de uitgebalanceerde reactiviteit van alle NESTAAN® handmengsystemen zijn deze uitermate geschikt om met eenvoudige hulpmiddelen een polyurethaanschuim van zeer goede kwaliteit te realiseren. De start van de reactie is bij deze systemen uitgesteld, terwijl de overige reactietijden overeenkomen met standaard systemen voor machinale verwerking, zodat de totale verwerkingsduur gelijk blijft.
De reactiviteit van alle polyurethaan systemen is sterk afhankelijk van de omgevings- en grondstoftemperatuur, bij lage temperaturen reageert het trager, bij hogere temperaturen sneller. De ideale verwerkingstemperatuur ligt ongeveer bij 20°C. Het is dus noodzakelijk de verpakkingen ruim voor de verwerking op kamertemperatuur te laten komen.
Vlak voor de verwerking worden beide componenten (NESTAAN® POLY en NESTAAN® ISO) in de juiste verhouding in een mengbeker gedurende 10-15 s. intensief met elkaar gemengd. Dit gebeurt met bijvoorbeeld een snel draaiende boormachine van ca. 3000 rpm. met daarop gemonteerd een propeller-mixer (Master Speed Mixer, Ø = 55 mm), totdat een egale vloeistof ontstaat zonder 'strepen' ongemengde polyol of isocyanaat, die later een schuim van mindere kwaliteit kunnen opleveren.
Let bij de berekening van de benodigde hoeveelheid schuim op het 'aanhangverlies' in de mengbeker, dit zal bij kleinere hoeveelheden 10-15% van de totale massa zijn. Aanhangresten in de mengbeker mogen nooit uitgeschraapt worden, omdat deze niet voldoende gemengd zijn.

WAARSCHUWING

- Zorg tijdens de verwerking van polyurethaan grondstoffen voor voldoende ventilatie / afzuiging, vermijdt huidcontact en draag **altijd** een veiligheidsbril.
- De grondstoffen moeten afgesloten en uit de zon bij 10-20°C bewaard worden. Polyurethaan grondstoffen zijn beperkt houdbaar.
- Polyurethaan schuim is zeer vochtgevoelig en kan uitsluitend op droge ondergrond verwerkt worden.

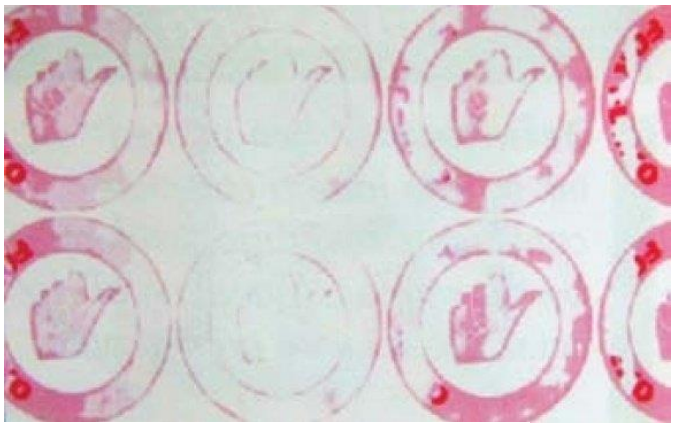
nhlab/0418/003

Nestaan Holland B.V. • Slabbecoornweg 31 • NL-4691 RZ Tholen • P.O. box 32 • NL-4690 AA Tholen
T +31 (0)166 – 605 605 • F +31 (0)166 – 603 450
www.nestaan.nl

Nestaan

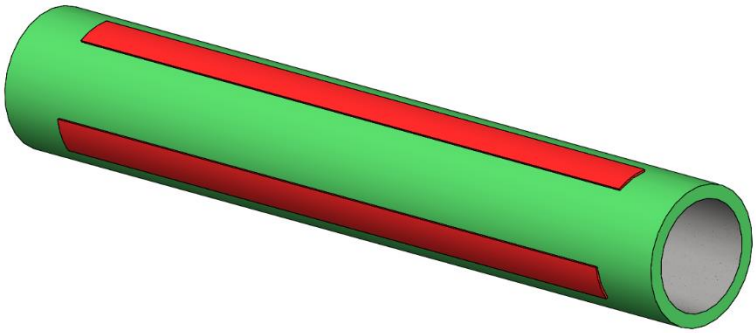
Bijlage 6. Test in flexo printer

Om erachter te komen hoe een purschuim kern sleeve zich gedraagt in echte flexo printer kunnen purschuim kern sleeves bij een klant in een printer worden getest. Het belangrijkste fenomeen waarop getest wordt is in de flexo industrie bekend als ''bouncing''. Bouncing treedt op wanneer de sleeve gaat resoneren. Door het bouncing is er geen constant contact tussen de printplaat en substraat resulterend in een slechte print kwaliteit, dit kan er uit zien als op figuur 18. Resoneren van de sleeve kan deels tegen worden gegaan door de print snelheid aan te passen.



Figuur 18: Printkwaliteit

Om de kans op resoneren voor de test te vergroten wordt een extreem situatie nagebootst waarbij de printplaten ongelijk verdeeld op de sleeve worden geplakt, te zien in figuur 19. In realiteit komt deze situatie zelden tot nooit voor om de kans op bouncing te minimaliseren. Er wordt getest op 3 verschillende snelheden: 200, 300 en 400 meter per minuut. Met elke snelheid worden enkele meters geprint. Het substraat wordt na het printen gecontroleerd op beeldkwaliteit. De sleeves worden na het printen ook geïnspecteerd op mogelijke vervorming of scheuren. De verschillende dichtheden purschuim kern sleeves en spherecore kern sleeve met dezelfde afmetingen gaan door hetzelfde test protocol en de resultaten worden vergeleken.



Figuur 19: Oppervlakte PUR 68

TECH SLEEVES

Bijlage 7. Drie punt buig test resultaten

Sleeve:	**Spherecore 1.1**						
Meetklok onder	Meetklok boven	Stroom	Delta I	Delta t	Kracht	Stijfheid factor	E
Delta Y [mm]	Delta Y [mm]	[mA]	[mA]	[Sec]	[N]	[N/mm]	[MPa]
0	0	4,83	0	0	0	/	/
0,1	0,16	5,65	0,82	30	502,8	5027,6	2069,1
0,2	0,3	6,16	1,33	60	815,5	4077,3	1678,0
0,3	0,45	6,69	1,86	90	1140,4	3801,4	1564,4
0,4	0,58	7,17	2,34	120	1434,7	3586,8	1476,1
0,5	0,72	7,67	2,84	150	1741,3	3482,6	1433,2
0,6	0,86	8,19	3,36	180	2060,1	3433,5	1413,0
0,7	1,01	8,76	3,93	210	2409,6	3442,3	1416,7
0,8	1,16	9,34	4,51	240	2765,2	3456,5	1422,5
0,9	1,3	9,94	5,11	270	3133,1	3481,2	1432,7
1	1,45	10,05	5,22	300	3200,5	3200,5	1317,2
1,1	1,6	11,12	6,29	330	3856,6	3506,0	1442,9
1,2	1,74	11,74	6,91	360	4236,7	3530,6	1453,0
1,3	1,88	12,32	7,49	390	4592,3	3532,5	1453,8
1,4	2,03	12,96	8,13	420	4984,7	3560,5	1465,3
1,5	2,16	13,54	8,71	450	5340,3	3560,2	1465,2
1,6	2,3	14,12	9,29	480	5695,9	3560,0	1465,1
1,7	2,43	14,67	9,84	510	6033,2	3548,9	1460,5
1,8	2,57	15,03	10,2	540	6253,9	3474,4	1429,9
1,9	2,72	15,91	11,08	570	6793,4	3575,5	1471,5
2	2,87	16,55	11,72	600	7185,8	3592,9	1478,7
2,1	3	17,14	12,31	630	7547,6	3594,1	1479,1
2,2	3,15	17,78	12,95	660	7940,0	3609,1	1485,3
2,3	3,27	18,3	13,47	690	8258,8	3590,8	1477,8
2,4	3,41	18,86	14,03	720	8602,1	3584,2	1475,1
2,5	3,55	19,41	14,58	750	8939,4	3575,7	1471,6
2,6	3,68	19,99	15,16	780	9295,0	3575,0	1471,3
Gem						**3420,5**	**1407,7**
Eind afwijking Boven	0,06	mm					
Eind afwijking Onder	0,05	mm					

TECH SLEEVES

Sleeve:	**Spherecore 1.2**						
Meetklok onder	Meetklok boven	Stroom	Delta I	Delta t	Kracht	Stijfheid factor	E
Delta Y [mm]	Delta Y [mm]	[mA]	[mA]	[Sec]	[N]	[N/mm]	[MPa]
0	0	4,82	0	0	0	/	/
0,1	0,2	5,67	0,84	30	515,0	5150,3	2119,6
0,2	0,34	6,22	1,39	60	852,2	4261,2	1753,7
0,3	0,5	6,77	1,94	90	1189,5	3964,9	1631,7
0,4	0,65	7,33	2,5	120	1532,8	3832,0	1577,1
0,5	0,8	7,9	3,07	150	1882,3	3764,6	1549,3
0,6	0,94	8,44	3,61	180	2213,4	3689,0	1518,2
0,7	1,19	9,02	4,19	210	2569,0	3670,0	1510,4
0,8	1,24	9,61	4,78	240	2930,7	3663,4	1507,7
0,9	1,39	10,23	5,4	270	3310,9	3678,8	1514,0
1	1,61	10,91	6,08	300	3727,8	3727,8	1534,2
1,1	1,72	11,58	6,75	330	4138,6	3762,4	1548,4
1,2	1,87	12,2	7,37	360	4518,7	3765,6	1549,7
1,3	2,02	12,82	7,99	390	4898,9	3768,4	1550,9
1,4	2,16	13,39	8,56	420	5248,4	3748,8	1542,8
1,5	2,3	13,98	9,15	450	5610,1	3740,1	1539,2
1,6	2,43	14,55	9,72	480	5959,6	3724,7	1532,9
1,7	2,56	15,12	10,29	510	6309,1	3711,2	1527,3
1,8	2,7	15,67	10,84	540	6646,3	3692,4	1519,6
1,9	2,82	16,18	11,35	570	6959,0	3662,6	1507,3
2	2,96	16,77	11,94	600	7320,7	3660,4	1506,4
2,1	3,11	17,38	12,55	630	7694,7	3664,2	1508,0
2,2	3,25	17,94	13,11	660	8038,1	3653,7	1503,7
2,3	3,39	18,5	13,67	690	8381,4	3644,1	1499,7
2,4	3,51	18,96	14,13	720	8663,5	3609,8	1485,6
2,5	3,65	19,42	14,59	750	8945,5	3578,2	1472,6
2,6	3,79	19,87	15,04	780	9221,4	3546,7	1459,6
Gem						**3782,1**	**1556,5**

Eind afwijking Boven	0,2	mm
Eind afwijking Onder	0,14	mm

TECH SLEEVES

Sleeve:	**Spherecore 1.3**						
Meetklok onder	Meetklok boven	Stroom	Delta I	Delta t	Kracht	Stijfheid factor	E
Delta Y [mm]	Delta Y [mm]	[mA]	[mA]	[Sec]	[N]	[N/mm]	[MPa]
0	0	4,83	0	0	0	/	/
0,1	0,17	5,58	0,75	30	459,8	4598,4	1892,5
0,2	0,32	6,16	1,33	60	815,5	4077,3	1678,0
0,3	0,47	6,7	1,87	90	1146,5	3821,8	1572,9
0,4	0,61	7,23	2,4	120	1471,5	3678,8	1514,0
0,5	0,76	7,76	2,93	150	1796,5	3592,9	1478,7
0,6	0,91	8,33	3,5	180	2145,9	3576,6	1471,9
0,7	1,05	8,89	4,06	210	2489,3	3556,1	1463,5
0,8	1,21	9,51	4,68	240	2869,4	3586,8	1476,1
0,9	1,35	10,11	5,28	270	3237,3	3597,0	1480,3
1	1,52	10,79	5,96	300	3654,2	3654,2	1503,9
1,1	1,66	11,4	6,57	330	4028,2	3662,0	1507,1
1,2	1,81	12,03	7,2	360	4414,5	3678,8	1514,0
1,3	1,94	12,64	7,81	390	4788,5	3683,5	1515,9
1,4	2,1	13,28	8,45	420	5180,9	3700,6	1523,0
1,5	2,25	13,88	9,05	450	5548,8	3699,2	1522,4
1,6	2,39	14,52	9,69	480	5941,2	3713,2	1528,2
1,7	2,52	15,09	10,26	510	6290,7	3700,4	1522,9
1,8	2,65	15,65	10,82	540	6634,0	3685,6	1516,8
1,9	2,79	16,24	11,41	570	6995,8	3682,0	1515,3
2	2,94	16,88	12,05	600	7388,2	3694,1	1520,3
2,1	3,09	17,49	12,66	630	7762,2	3696,3	1521,2
2,2	3,24	18,15	13,32	660	8166,8	3712,2	1527,7
2,3	3,36	18,69	13,86	690	8497,9	3694,7	1520,6
2,4	3,49	19,25	14,42	720	8841,3	3683,9	1516,1
2,5	3,64	19,82	14,99	750	9190,7	3676,3	1513,0
Gem						**3724,1**	**1532,6**
Eind afwijking Boven	0,1	mm					
Eind afwijking Onder	0,06	mm					

TECH SLEEVES

Sleeve	**Spherecore 1.4**						
Meetklok onder	Meetklok boven	Stroom	Delta I	Delta t	Kracht	Stijfheid factor	E
Delta Y [mm]	Delta Y [mm]	[mA]	[mA]	[Sec]	[N]	[N/mm]	[MPa]
0	0	4,83	0	0	0	/	/
0,1	0,13	5,58	0,75	30	459,8	4598,4	1892,5
0,2	0,28	6,19	1,36	60	833,9	4169,3	1715,8
0,3	0,43	6,74	1,91	90	1171,1	3903,6	1606,5
0,4	0,57	7,25	2,42	120	1483,8	3709,4	1526,6
0,5	0,7	7,75	2,92	150	1790,3	3580,7	1473,6
0,6	0,84	8,28	3,45	180	2115,3	3525,5	1450,9
0,7	0,98	8,87	4,04	210	2477,0	3538,6	1456,3
0,8	1,14	9,46	4,63	240	2838,8	3548,5	1460,4
0,9	1,31	10,13	5,3	270	3249,6	3610,6	1485,9
1	1,44	10,6	5,77	300	3537,7	3537,7	1455,9
1,1	1,59	11,22	6,39	330	3917,9	3561,7	1465,8
1,2	1,75	11,88	7,05	360	4322,5	3602,1	1482,4
1,3	1,9	12,47	7,64	390	4684,3	3603,3	1482,9
1,4	2,02	13,06	8,23	420	5046,0	3604,3	1483,3
1,5	2,17	13,67	8,84	450	5420,0	3613,4	1487,1
1,6	2,3	14,24	9,41	480	5769,5	3605,9	1484,0
1,7	2,44	14,83	10	510	6131,3	3606,6	1484,3
1,8	2,57	15,39	10,56	540	6474,6	3597,0	1480,3
1,9	2,73	16,05	11,22	570	6879,3	3620,7	1490,1
2	2,88	16,63	11,8	600	7234,9	3617,4	1488,7
2,1	3,01	17,24	12,41	630	7608,9	3623,3	1491,1
2,2	3,16	17,87	13,04	660	7995,2	3634,2	1495,6
2,3	3,29	18,4	13,57	690	8320,1	3617,4	1488,7
2,4	3,42	18,96	14,13	720	8663,5	3609,8	1485,6
2,5	3,56	19,48	14,65	750	8982,3	3592,9	1478,7
Gem						**3673,3**	**1511,7**
Eind afwijking Boven	0,06	mm					
Eind afwijking Onder	0,04	mm					

Bijlage 8. Homogeniteit dichtheid testresultaten

Spherecore Sleeve						
Dikte meting	1	2	3	4	**Totaal**	**Gemiddelde**
Schijf	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	59,6	59,7	59,1	59,9	238,3	59,575
2	60,3	60,3	58,8	59,2	238,6	59,65
3	58,4	60,4	60,4	58,7	237,9	59,475
4	59	60,4	60,2	59,6	239,2	59,8
5	59,8	60,6	59,1	61,2	240,7	60,175
6	57,8	58,4	57,8	58,7	232,7	58,175
7	59,7	59,8	58,5	60,1	238,1	59,525
8	58,9	58,1	58,3	58,2	233,5	58,375
9	60,5	60	59,6	59,5	239,6	59,9
Binnen diameter	94,0	[mm]				
Buiten diameter	187,0	[mm]				
Lengte	550	[mm]				

	Gewicht	**Volume**	**Dichtheid**	**Afwijking van gem.**
Schijf	[kg]	[m^3]	[kg/m^3]	[%]
1	0,513	1,2228E-03	419,54	4,68
2	0,502	1,2243E-03	410,03	2,31
3	0,489	1,2207E-03	400,59	0,05
4	0,488	1,2274E-03	397,59	0,79
5	0,487	1,2351E-03	394,31	1,61
6	0,477	1,1940E-03	399,49	0,32
7	0,486	1,2217E-03	397,79	0,74
8	0,472	1,1981E-03	393,95	1,70
9	0,484	1,2294E-03	393,68	1,77
Totaal			3606,96	13,98
Gemiddelde			400,77	**1,55**

TECH SLEEVES

PUR 68 Sleeve						
Dikte meting	1	2	3	4	**Totaal**	**Gemiddelde**
Schijf	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	50,2	52	51,7	50,9	204,8	51,2
2	48,7	49,4	49,3	49	196,4	49,1
3	48,7	47,6	45,4	48,9	190,6	47,65
4	52,6	49,5	48,5	48,6	199,2	49,8
5	51	49,2	48,8	50,9	199,9	49,975
6	45,7	38,2	41,1	46,2	171,2	42,8
7	47,2	48,7	49,6	48,2	193,7	48,425
8	49,4	49,6	50,1	49,7	198,8	49,7
9	49,1	50,3	47,2	46,2	192,8	48,2
Binnen diameter	152,8	[mm]				
Buiten diameter	290,9	[mm]				
Lengte	440	[mm]				
	Gewicht	**Volume**	**Dichtheid**	**Afwijking van gem.**		
Schijf	[kg]	[m^3]	[kg/m^3]	[%]		
1	0,183	0,0025	74,27	2,34		
2	0,172	0,0024	72,79	0,30		
3	0,168	0,0023	73,26	0,95		
4	0,176	0,0024	73,44	1,19		
5	0,177	0,0024	73,59	1,41		
6	0,149	0,0021	72,34	0,32		
7	0,168	0,0023	72,09	0,66		
8	0,17	0,0024	71,08	2,06		
9	0,163	0,0023	70,27	3,17		
Totaal			653,12	12,42		
Gemiddelde			72,57	**1,38**		

TECH SLEEVES

PUR 110 Sleeve						
Dikte meting	1	2	3	4	**Totaal**	**Gemiddelde**
Schijf	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	49,2	46,1	39,9	47	182,2	45,55
2	47	44,3	43,3	47,7	182,3	45,575
3	47,7	50,1	48,4	44,7	190,9	47,725
4	62,2	69,3	83,5	69,9	284,9	71,225
5	42,4	45,3	45,6	41,1	174,4	43,6
6	48,9	45,4	43,9	44,7	182,9	45,725
7	47,3	47,3	47,1	47,8	189,5	47,375
8	54,1	49,1	52,5	47,3	203	50,75

Binnen diameter	152,8	[mm]
Buiten diameter	292,2	[mm]
Lengte	410	[mm]

	Gewicht	**Volume**	**Dichtheid**	**Afwijking van gem.**
	[kg]	[m^3]	[kg/m^3]	[%]
1	0,275	0,0022	123,92	0,95
2	0,276	0,0022	124,30	0,64
3	0,291	0,0023	125,15	0,04
4	0,438	0,0035	126,22	0,89
5	0,264	0,0021	124,28	0,66
6	0,277	0,0022	124,34	0,61
7	0,289	0,0023	125,21	0,09
8	0,315	0,0025	127,40	1,84
Totaal			1000,82	5,71
Gemiddelde			125,10	**0,71**