

# Evaluatie en optimalisatie van sealperformantie van kunststof topfilm- en traymaterialen bij sealen met verwarmde balken al dan niet met contaminatie

Ellen Poets

master IW verpakkingstechnologie

## Situering

### CORNET-project EVOCOSEAL

Evaluation and Optimization of Contaminated Seal Performance for Food Packaging

- VerpakkingsCentrum/imo-imomec UHasselt, Diepenbeek (BE)
- MeBioS KU Leuven, Leuven (BE)
- Fraunhofer IVV, Dresden (DE)

### Masterproef

- Topfilm- en traymateriaal op basis van PET
- Sealen met warme lasbalken
- Sealen door vervuilingen: koffie, bloedpoeder, water, olie en bloed

## Doel

Sealperformantie van kunststof topfilm- en traymaterialen evalueren en optimaliseren bij sealen door contaminaties met warme lasbalken

- Onderzoeken van de materiaaleigenschappen en de relatie tussen de materiaaleigenschappen van een APET tray en een PET-PE/EVOH/PE/PETG topfilm en de sealperformantie, zowel bij aan- als afwezigheid van vervuilingen;
- Ontwikkelen en valideren van een efficiënte methode voor het testen en optimaliseren van de sealperformantie van een APET traymateriaal en een PET-PE/EVOH/PE/PETG topfilm, zowel bij aan- als afwezigheid van vervuilingen;
- Effect van het thermovormproces op de sealperformantie van een APET-tray onderzoeken.

## Materialen en methoden

### Materialen (Fig. 1)

Topfilmmateriaal: PET-PE/EVOH/PE/PETG 52  $\mu\text{m}$   
Traymateriaal: APET 250  $\mu\text{m}$



Fig. 1: Materialen

Fig. 2: Koffie

Fig. 3: Bloedpoeder



Fig. 4: Vloeibare vervuilingen (water, olie en bloed)

### Methoden

#### Karakterisatietesten

Er worden karakterisatietesten uitgevoerd om inzicht te krijgen in de chemische samenstelling van de materialen en hun mechanische en thermische eigenschappen. De karakterisatietesten die worden uitgevoerd zijn: *attenuated total reflection - Fourier transformed infra red spectroscopy* (ATR-FTIR), *differential scanning calorimetry* (DSC), *dynamic mechanical analysis* (DMA), diktemeting (ISO 4593), elasticiteitsmodulusbepaling (ISO 527) en bepaling scheurweerstand (ISO 6383).

#### Testen sealperformantie

Sealperformantie is de combinatie van sealsterkte (ASTM F88) en lekdichtheid (ASTM F3039). Deze eigenschappen worden bepaald in aanwezigheid van vaste vervuilingen (koffie, bloedpoeder) en vloeibare vervuilingen (water, olie, bloed), te zien op Fig. 2, 3, 4.

#### Optimaliseren sealsterkte

Er wordt een *design of experiments* (DOE) opgesteld met 20 experimenten voor het meten van de sealsterkte bij variërende temperatuur, tijd en druk. De resultaten van dit DOE worden gemodelleerd m.b.v. een stapsgewijze regressie door de software JMP®. Er wordt een model gekozen o.b.v. 3 criteria, nl. Akaike information criterium (AICc), Bayesian information criterium (BIC) en root mean square error (RMSE). Dit model wordt gebruikt om de maximale sealsterkte te voorspellen en de benodigde sealparameters (temperatuur, tijd en druk) om die te bereiken. Het model wordt gevalideerd door 10 controlestalen te sealen met de gevonden sealparameters en te bepalen of de gemiddelde sealsterkte hiervan overeenkomt met de voorspelde maximale waarde.

#### Vergelijken vlakke en gethermovormde materialen

Uitvoeren van t-test op resultaten uit DOE van zuivere stalen en stalen vervuild met koffie

## Resultaten en discussie

### Karakterisatietesten

De resultaten van de mechanische karakterisatietesten bevestigen de specificaties van het materiaal.

De resultaten van DSC, DMA en ATR-FTIR bevestigen de samenstelling van de topfilm als PET-PE/EVOH/PE/PETG en de tray als APET.

### Sealperformantie van tray en topfilm

De gemaximaliseerde sealsterkte en de optimale sealtemperaturen, -tijden en -drukken die gevonden zijn met JMP® zijn gegeven in Tabel 1. De resultaten van de 10 validatieruns en hun 95% betrouwbaarheidsinterval worden in Fig. 7 vergeleken met de voorspelling van JMP®.

De vervuilingen die onderzocht zijn, hebben elk een eigen effect op de sealsterkte en de lekdichtheid. Vaste koffiëpartikels veroorzaken een verlaagde maximale sealsterkte ten opzichte van de zuivere sealsterkte. De partikels hebben een grote diameter vergeleken met de dikte van de topfilm en ze hebben scherpe randen, hetgeen resulteert in het doorbreken van de topfilm bij sealen met als gevolg de minder goede sealsterkte. De lekdichtheid van de seals is ook minder goed vergeleken met de zuivere stalen en met andere vervuilingen. Bij het bloedpoeder moeten extremere parameterinstellingen toegepast worden om een voldoende hoge sealsterkte te bekomen. Het effect van bloedpoeder op de sealsterkte lijkt bij te dragen aan de sealsterkte, de gemiddelde maximale sealsterkte van de validatieruns is vergelijkbaar met die van de zuivere stalen. Dit zou verklaarbaar kunnen zijn door de polaire aard van de eiwitten in het bloedpoeder die kunnen reageren met de polaire polymeerketens van het materiaal tijdens het smelten. De vloeibare vervuilingen (olie, water en bloed) leveren een vergelijkbare maximale sealsterkte op als de zuivere stalen, terwijl de condities waarmee optimaal geseald kan worden, sterk variëren.

De gebruikte methode voor optimalisatie van de sealsterkte is een waardevolle tool voor bedrijven om hun sealproces te optimaliseren. De methode voor het aanbrengen van vervuilingen op een gestandaardiseerde manier is praktisch goed haalbaar. Bij de vaste vervuilingen is het effect van de deeltjesdistributie echter een bepalende factor voor de sealsterkte. Er moet onderzocht worden of een kwantitatieve factor voor de deeltjesdistributie kan opgenomen worden in de optimalisatiemethode. Daarnaast kan door het incorporeren van de reproduceerbaarheid in het DOE het model versterkt worden. Ook dit voorstel tot optimalisatie moet verder onderzocht worden.

### Gecombineerde optima

Het optimalisatieproces geeft ook de mogelijkheid om de sealparameters te optimaliseren voor twee responsen (bv. sealsterkte van zuivere stalen en sealsterkte van vervuilde stalen). Op die manier kan er gezocht worden naar optimale sealparameters die voordelig zijn voor zuivere stalen én vervuilde stalen. Er wordt dan één set van optimale sealparameters bepaald die voor beide sealsterktes een zo hoog mogelijke waarde leveren. De bijhorende sealsterktes liggen dikwijls een weinig lager dan die van de enkelvoudige optima, maar ze zijn het best haalbare compromis wanneer de twee condities in rekening worden gebracht (zuiver of vervuild).

### Vergelijking vlakke materialen en gethermovormde materialen

Het blijkt dat er geen significant ( $\alpha = 0,05$ ) verschil is tussen vlakke en gethermovormde materialen. De testen kunnen dus uitgevoerd worden op kleine hoeveelheden materiaal. Het materiaal hoeft niet gethermovormd te worden (minder tijd en geld nodig).

Tabel 1: Overzicht optimale sealparameters

	Temperatuur (°C)	Tijd (s)	Druk (N·mm <sup>-2</sup> )
Zuiver	191,6	3,0	4,0
Koffie	140,0	3,0	4,0
Bloedpoeder	220,0	3,0	2,8
Water	140,0	3,0	4,0
Olie	196,1	2,3	4,0
Bloed	220,0	3,0	4,0

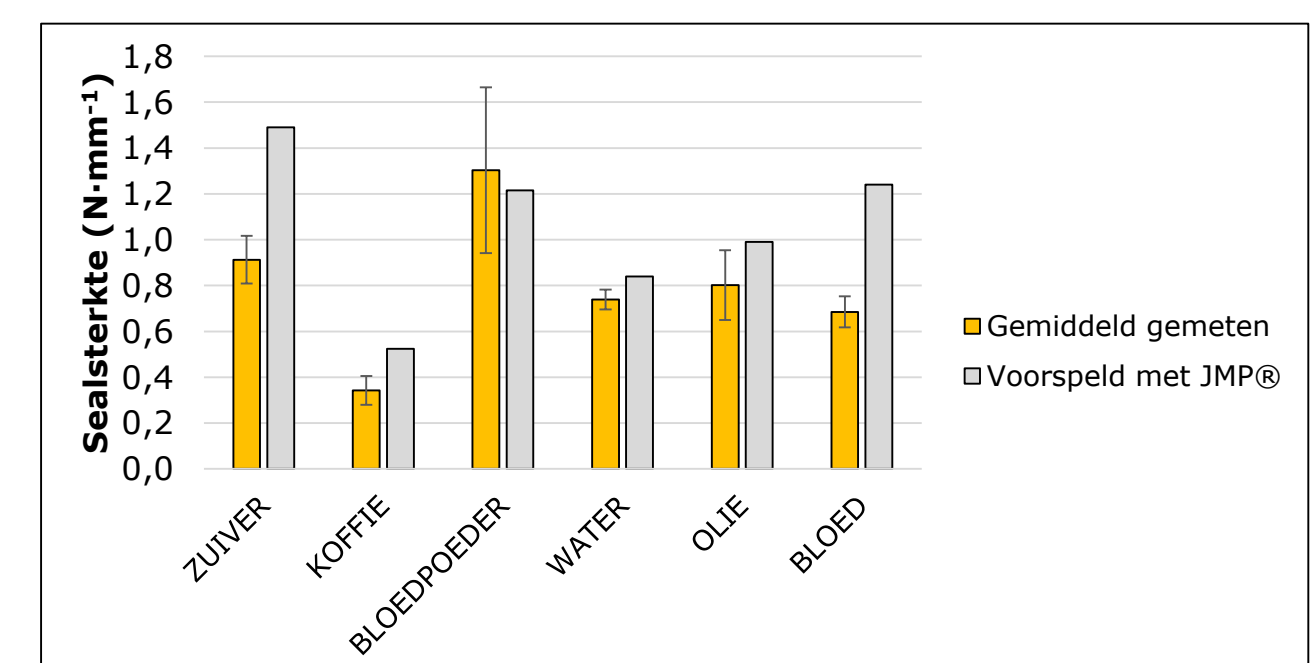


Fig. 7: Gemiddeld gemeten sealsterkte met optimale parameters (n = 10)

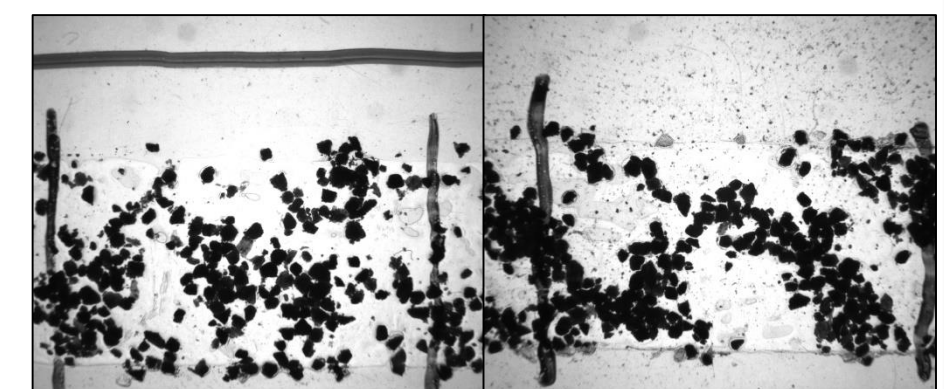


Fig. 8: Effect van deeltjesdistributie in de sealzone

## Conclusie

De sealperformantie van de APET-tray en de PET-PE/EVOH/PE/PETG-topfilm is goed, ook in aanwezigheid van vervuilingen. Bij alle condities binnen het onderzochte gebied peelt het materiaal, hetgeen een positief resultaat is. Bijkomend is ook de sterkte bij sealen door vervuilingen voldoende hoog om een goede seal te bekomen. De lekdichtheid vraagt in het geval van koffie extra aandacht, gezien de extreme aard (grootte en geometrie) van de partikels.

De methode toegepast om de sealsterkte van een APET-tray en een PET-PE/EVOH/PE/PETG-topfilm te evalueren en te optimaliseren is praktisch goed haalbaar en voordelig voor de bedrijven. Er kunnen optimalisaties uitgevoerd worden op vlak van deeltjesdistributie en reproduceerbaarheid. Een mogelijke uitbreiding van deze methode naar andere tray- en topfilmcombinaties moet verder onderzocht worden.

Promotoren / Copromotoren: prof. dr. R. Peeters  
ing. B. Bamps