

## Smeren zonder olie

**“We waren aanvankelijk geïnteresseerd in toepassingen van smeermiddelen. Daarna in het wegcijferen van die smeermiddelen”, zegt prof. Patrick De Baets, die het Soete Laboratorium van de faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur aan de Universiteit Gent leidt. “Hoge snelheden en hoge contactdrukken vergen nog steeds het gebruik van oliën maar op lage snelheden zijn zelfsmerende kunststoffen mogelijk.”**

Door Luc De Smet

**S**meren met kunststoffen kan twee richtingen uit: ofwel met een bulkkunststof, zoals een nylon, of met een mengsel, nylon én teflon, bijvoorbeeld. “Dit mengsel presteert beter op wrijving maar slechter op slijtage. Om dat te compenseren ga je de kunststof versterken, bijvoorbeeld met kunststof- of glasvezel.” Hoofdzakelijk worden thermoplasten ingezet als ‘smeermiddel’. Thermoharders worden eerder gebruikt voor structuurtoepassingen. De Baets ziet wel steeds meer proeven gebeuren op thermoharders in wrijvingstoepassingen. “Dat kan werken als je ze vult met glijmaterialen, poeders, vezel- of nano-constituenten.” Het vullen met nano-deeltjes blijkt alvast betere eigenschappen op te leveren dan microdelen omdat ze verhoudingsgewijs een groter contactoppervlak hebben.

De Baets doet research in die ‘droge’ wereld. “Wij munten uit in grootschalige proeven. Daarmee zitten we in de zware machinebouw en constructies.” Het lab deed onderzoek o.a. voor de Maeslantkering, voor de stormstuw in Sint-Petersburg, voor het reuzenrad Eye of Dubai en voor de Rotating Tower, eveneens in Dubai.

### De Maeslantkering

De ‘stormstuw’, die de zeetoegang tot de haven van Rotterdam afsluit, was al gebouwd toen Rijkswaterstaat in 2006 in Gent aanklopte voor een noodoplossing. De Maeslant-wa-terkering sluit bij stormvloed de zeetoegang tot de Maas af met twee 22 m hoge en 210 m lange semi-ronde



De Maeslantkering sloot voor een storm in 2007 en in januari van dit jaar. Straks vindt de proef- of verificatiesluiting plaats op 15 september. (Foto: LDS)

stalen poorten, elk even groot als de Eiffeltoren. Beide armen eindigen in een stalen bolscharnier die een diameter heeft van 10 m en 680 ton weegt. Dat scharnier beweegt als een schoudergewricht, opzij en op en neer. Het moet een druk van 70.000 ton kunnen opvangen. De bol beweegt op 10 holvormige schalen. Aanvankelijk was tussen bol en kom een glijlak aangebracht. Deze MoS<sub>2</sub>-glijlak kreeg een toplaag van een PTFE-emulsie mee. In de ontwerpfase bevatte het materiaal nog CFK's maar die werden in de loop der jaren verboden. Er werd dus een alternatief ontwikkeld. De resulterende glijlak had een bijzonder lage wrijvingscoëfficiënt van 0,1 maar... moest na elke sluiting vernieuwd worden. “Na één of twee keer sluiten had men al millimeters diep staal uit de kom gerukt”, zegt De Baets die jaren nadat de kering in

1997 in gebruik genomen was, ingeroepen werd. Een trouble shooting probleem.

“Dat het niet zou werken stond in de sterren geschreven”, zegt De Baets. “De bewezen oplossingen zijn brons tegenover staal én overvloedig smeren met olie of vet. Maar dan ben je aan smeerintervallen gebonden. Je moet die bijhouden. Je moet er volk naartoe sturen. Eventueel kan je automatiseren maar dat genereert complexiteit en de kans op uitval. Valt de smering weg, dan heb je onmiddellijk een groot probleem.” Voor de Maeslantkering wou men zeker niet terug naar de ‘bronsstijd’ maar tegelijk wou men wel een ‘oplossing met een trackrecord’ zonder dat het onderzoek vergde.

### Herontwerpen

“We moesten wel herontwerpen. De zwaarste eis was dat de wrijvings-

## In the field Smeertechniek

coëfficiënt onder de 0,15 moest blijven. Anders zou de betonnen basis, waarop het scharnier liep, uit de grond gedraaid worden.” De driehoekige fundering (een taartpunt met zijden van 70 meter lang en 7 m hoog) weegt zo’n 52.000 ton. Het Soete laboratorium kwam toen met een heel andere oplossing op de proppen.

Vandaag gebruikt men zo’n 500 schijven in ‘Ultra High Molecular Weight Polyethyleen’ of UHMW-PE, een goedkoop, basaal polymeer met een hoogmoleculair gewicht. Elke schijf heeft een diameter van 25 cm en komt in een uitsparing die in de schalen geboord werd. Is een schijf stuk, dan licht men die met een luchttoel uit zijn kamer en stopt men er een nieuwe in. “We kozen voor kunststof die we op heel erg hoge druk gingen gebruiken als smering”, zegt

De Baets. Er waren al toepassingen bij 10 MPa (10.000.000 Pascal). “Hier gingen we naar 150 en 200 MPa. Bij zo’n hoge druk wordt de kunststoffen schijf ‘vloeibaar’ en loopt die weg. We omzwachtelden de schijf daarom met een koolstofvezelring.” Elke schijf wordt in zijn kamer vastgezet met een rubberen O-ring.

“We zetten niet echt nieuwe technologie neer”, relativeert De Baets, “maar door de juiste design werd die toepasbaar in een breder krachtenbereik dan voorheen. We waren wel erg ‘brutaal’. We gebruiken het materiaal immers ver voorbij zijn bezwijkgrens.” Hoe meer je de PE belast, des te beter glijdt het. “Wrijvingstechnisch is dat een voordeel. Voor alle andere zaken is het een nadeel.” Sleet, bijvoorbeeld. “We staken er een extra koolstofversterking in.”

### Slijtage

De Maeslantkering is slechts enkele keren operationeel gebruikt. Hij sloot voor een storm in 2007 en in januari van dit jaar. Wel is er elk jaar een proef- of verificatiesluiting, dit jaar op 15 september. “Het glijmateriaal, de PE-schijven, slijt hierdoor vrij gecontroleerd af. De koolstofring rond elke schijf werd met PE bekleed om sleet te voorkomen. De schijven spannen met rubberen O-ringen in hun kamer. “Het schijfmateriaal is wit, de koolstof zwart. Als men bij inspecties merkt dat de rand zwart wordt, moet de schijf vervangen worden. Als er niks te zien is, blijft men eraf.” De levensduur van een schijf is beperkt. Rekening houdend met het aantal geplande en statistisch verwachte sluitingen schat De Baets die op... tien jaar. Bij de Maeslantkering was men naar verluidt bereid de glijpads na vijf jaar te vervangen. Na elke sluiting wordt de sleet nu manueel geregistreerd. “Men meet de uitstekende hoogte van de schijf.”

### Acceptatie van alternatieve oplossingen

Dat de PE-oplossing een kans maakte, heeft volgens De Baets te maken met het feit dat Rijkswaterstaat toen veel ervaring had met PE-kussens. In België zie je al eens dat stalen wielen de thermische uitzetting van bruggen opvangen. In Nederland gebruiken ze daar PE-kussens voor. “Daarom ook wou men niet naar nog meer geavanceerde polymeren. Zou je dat a priori in een nieuw ontwerp steken? Ik denk het niet”, zegt De Baets, “omdat PE nogal wat plaats inneemt, maar het was een goede oplossing voor de problematiek die zich stelde.”

Zo’n soort glijlagers is nog niet geïnstrumenteerd, merkt De Baets op. “Wij denken eerder aan open contacten voor visuele bewaking, bv. met usb-camera’s, waarvan de procesbeelden ooit door expertsystemen worden geïnterpreteerd. De wrijving meten met sensoren, daar hebben we ook aan gedacht maar er zijn talrijke falingsmechanismen en er zal veel ruis zitten op elke meting.”

Ondertussen gaan materiaalproducenten hun materialen kwalificeren. “Rijkswaterstaat was zeer streng. Zelfs de gevestigde leverancier moet bij elke levering kwalificatietesten (acceptatietesten) ondergaan. Men weet dat er een grote variabiliteit mogelijk is in de productie”, zegt De Baets.

“Wij willen ook meer tijd om de mechanismen te onderzoeken en te begrijpen”, aldus De Baets. Voor de industrie werken, is steeds tegen de klok. Hij wijst er op dat de slijtage van kunststoffen een typische curve volgt: aanvankelijk zeer snel, gevolgd door een stabilisatie maar na een zekere tijd schiet de sleet plots de hoogte in. “Wanneer dat omslagpunt zich voordoet, weten we nog niet.”

### Sint-Petersburg

Het lab van De Baets was ook betrokken bij de Sint-Petersburgdam op de Nevabaa. De bouw startte in 1980 en is in 2011 afgewerkt. “De Russen kozen uiteindelijk voor de bronsoplossing maar het ontwerp liep achter op de bouw”, zegt de professor. “Ik zag het bij ons in labtest. Het



“Bij de Maeslantkering kozen we voor kunststof die we op heel erg hoge druk gingen gebruiken als smering”, aldus prof. Patrick De Baets, hoofd van het Soete Laboratorium van de faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur aan de Universiteit Gent. (Foto: LDS)

## In the field Smeertechniek



Beide armen van de Maeslantkering eindigen in een stalen bolscharnier met een diameter van 10 m en 680 ton gewicht. De bol beweegt op 10 holvormige schalen waarin zo'n 500 schijven in 'Ultra High Molecular Weight Polyethyleen' of UHMW-PE zijn aangebracht. (Foto: LDS)

origineel gekozen smeervet (een ordinaar basisvet) voorkwam toen niet dat de stalen bol door de grote wrijving aan de bronzen kom kleefde. Men zou er een ander vet insteken,..." Best haalbaar volgens de professor met een additievenpakket van molybdeensulfide en teflon voor hun anti-adhesie effect.

### Nog meer grote projecten

De 'Eye of Dhubai' of 'Ain Dubai' is met zijn 210 m hoogte het grootste reuzenrad van de wereld. Volgend jaar begint het te tolleren. De 48 gondels, elk voor 40 mensen, doen drie kwartier over een rondje. Het rad weegt 10.000 ton en wordt door vier 130 meter hoge pijlers gedragen. De as heeft een doormeter van 6,25 m en weegt 1.805 ton. "Men keek naar een smeermiddelenvrije oplossing", zegt De Baets. Er werd polyester als matrix gebruikt met polyester-vezel als versterking en teflon in poedervorm als smeermiddel. "De hoge omgevingstemperatuur zorgt er voor een hoge wrijving. We moesten de wrijvingscoëfficiënt laag houden. Dat de kunststoffen vervormbaar zijn, kan

resulteren in een hortende beweging. Vergelijk met slappe ruitenwissers die over de voorruit springen. Het wiel zou kunnen gaan trillen. Teflon stabiliseert de glijdende beweging." HDEC (Hyundai) contracteerde het Nederlandse KCI dat op zijn beurt DRIE-D binnenhaalde om de centrale composietenlagering te ontwerpen. Elke hub heeft twee lagerringen die opgebouwd zijn uit 'leien' in D-Glide. Aan de zijkant van elke hub voorkomt een ander stel lagerleien dat de hubs van hun as glijden.

Nog in Dubai, eveneens in aanbouw, staat de torsende 'Rotating Tower'. Elke verdieping van die toren kan draaien ten opzichte van de verdieping erboven en eronder. Een typisch voorbeeld van 'dynamische architectuur'. Iedere verdieping wordt afzonderlijk aangedreven. Tussen twee verdiepingen ligt een 'pad'. "Dit kunststoffen steunblok glijdt langs het onderliggende verdiep maar sleurt wat er boven ligt mee. Een operatie die telkens weer herhaald wordt. Afhankelijk van min of meer vulmiddelen kan je een ander gedrag opwekken." Het Gentse lab deed hier de materiaal-

testen maar was niet betrokken bij de finale bouw.

Voor het Nederlandse Bluewater Energy Services onderzocht De Baets recent materialen voor kettingstoppers van boeien. "Als die 'trompetten' niet goed scharnieren wordt de laatste kettingschakel zo zwaar belast dat die kan breken. Het stuk zit 15 m onder water en moet dus onderhoudsvrij zijn." Traditioneel wordt ook hier brons gebruikt maar dat vergt smering. "Het beste materiaal dat tot nu toe getest werd is polyester met polyester-vezel versterkt en een teflontoevoeging." <<

### PEEK

PE wordt ook in biomedische toepassingen gebruikt, bijvoorbeeld voor knie- en heupprothesen, gezien de hoge biocompatibiliteit maar komt minder voor in de traditionele machinebouw. Vaak heeft men daar immers hogere snelheden en dus ook hogere contacttemperaturen. "Dan wordt eerder PEEK gekozen dat tot 300°C aankan of dubbel zoveel als een gewone polymeer", rekent De Baets. "Maar PEEK heeft een relatief hoge wrijvingscoëfficiënt en vergt dus een sterkere aandrijving om die wrijving te overwinnen." Men kan de prestaties van verschillende kunststoffen blenden. "Teflon (PTFE) heeft een zeer lage weerstand tegen afschuiven en glijdt dus, maar dat resulteert wel in meer slijtage. Dat kan je proberen te compenseren met andere vulmiddelen die de slijtageweerstand doen toenemen, verstevigingsmiddelen dus. Met composietmaterialen en vezelversterking, bijvoorbeeld. Optimaliseren is steeds een trade-off."