

# Slijtvaste kunststoffen; aantrekkelijk constructiemateriaal, maar optimale selectie is lastig

van een kunststof dat als zodanig te boek staat, is lang niet zo ondubbelzinnig definieerbaar dan die van bijvoorbeeld een In veler ogen, ook van hen die de voordelen zien, hebben kunststoffen nog altijd niet de status van volwaardig alternatief voor staal en voor slijtvaste kunststoffen geldt dat al evenzo. Deels komt dat door onbekendheid met de toepassingsmogelijkheden als constructiemateriaal, deels doordat de selectie van het juiste type voor een gegeven toepassing complex is. De slijtvastheid

aluminiumlegering, omdat omgevingscondities, zoals de temperatuur en vochtigheid, een grote invloed hebben op het uiteindelijke slijtgedrag. Een goede selectiestrategie komt aan deze bezwaren tegemoet, zodat de constructeur het kind niet met het badwater hoeft weg te gooien en toch van de vele voordelen van slijtvaste kunststoffen kan profiteren.

Gerrit Vlot, Eriks, Alkmaar

28

**S**lijtage is het aanhoudende verlies van materiaal van het contactoppervlak van een vast lichaam door mechanische oorzaken, dat wil zeggen, contact met een relatieve beweging van een vast, vloeibaar of gasvormig tegenlichaam. Bij slijtage komen kleine deeltjes vrij terwijl ook het oppervlak van het belaste vaste lichaam aan veranderingen onderhevig is. We spreken van tribologische belasting van de oppervlaktelaag. Twee factoren bepalen samen de totale belasting bij een slijtageproces. In de eerste plaats is dat de vorm en het verloop in de tijd van de beweging. De optredende bewegingsvormen kunnen worden herleid tot de vier elementaire bewegingen: glijden, rollen, stoten en stromen, of combinaties daarvan. Het verloop van de beweging kan continu, oscillerend of intermitterend zijn. In de tweede plaats wordt de tribologische belasting bepaald door de technische en fysische belastingparameters. We onderscheiden de normaalkracht  $F_N$ , de snelheid  $v$ , de temperatuur  $T$  en de belastingsduur  $t_B$ . Als de grootte van het geometrische contactoppervlak bekend is ( $A_O$ ), kan uit de normaalkracht de gemiddelde vlaktedruk  $p = F_N/A_O$  worden berekend. De voor een slijtageproces maatgevende snelheid  $v$  is de 'relatieve snelheid' van de beide betrokken lichamen. De temperatuur heeft betrekking op de thermische evenwichtstoestand van het gehele tribologische systeem. De belastingsduur  $t_B$  is de tijd dat de



**Afbeelding 1.** Een sterk en slijtvast kettingglijprofiel van kunststof (Multilene MRG-groen) zorgt voor een soepel transport op een plantenveiling; bij een metalen rails zou dit alleen door (duurdere) rollen te realiseren zijn.

FOTO: ERIKS

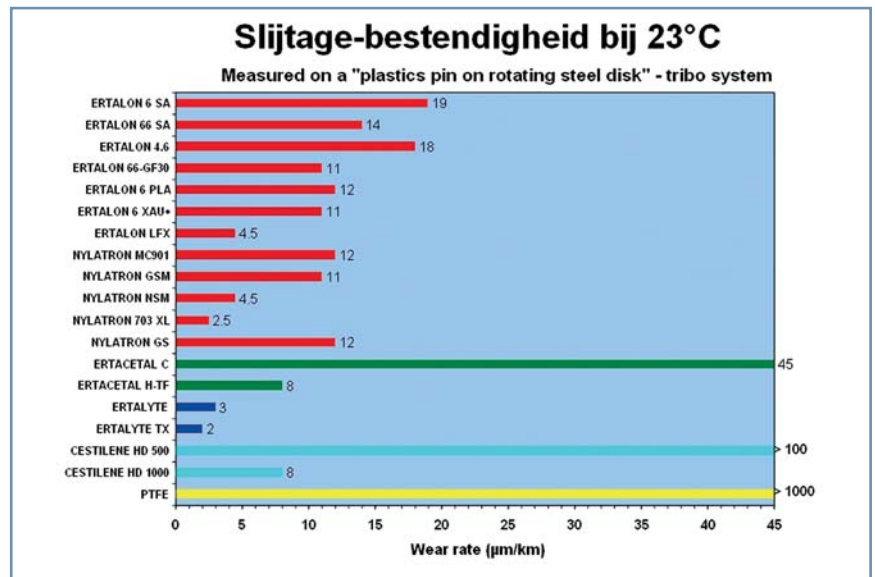
belasting die tot slijtage leidt werkzaam is. Uit de belastingsduur  $t_B$  en de snelheid  $v$  kan de 'belastingsafstand' worden afgeleid. Bij ieder slijtageproces zijn vooral de eigenschappen van het hoofdlichaam en het tegenlichaam van belang. Deze vormen samen met de tussenstof en het omgevingsmedium het 'tribologische systeem'. Een belangrijke vraag is: 'hoe veranderen de eigenschappen van hoofd- en tegenlichaam onder invloed van de slijtage?' We moeten er rekening mee houden dat elk technisch materiaal een lagenstructuur heeft; bij metalen omvat deze bijvoorbeeld een absorptielaag, oxidelaag, verhardingslaag en het basisvolume. Een belangrijk punt is dat door de wrijving een deel van de energie die aan het 'tribologisch systeem' wordt toegevoerd, wordt omgezet in warmte. Deze omgezette wrijvingsenergie wordt verdeeld over de onderdelen van het systeem en verhoogt hiervan de gemiddelde temperatuur en de grensvlaktemperatuur. Dit gegeven bepaalt, zoals we zullen zien, voor een groot deel de inzetbaarheid van kunststoffen als onderdeel van een tribologisch systeem.

### Slijtagemechanismen

De beschrijving van een compleet slijtageproces is complex. Dat komt omdat het tribologische systeem zelf wijzigt onder invloed van de slijtage en zich daardoor anders gaat gedragen. Bovendien is de praktijk vaak dat de gestage slijtage wordt onderbroken of verstoord door andere invloeden, bijvoorbeeld externe mechanische trillingen. De zojuist al genoemde warmteontwikkeling is eveneens een complicerende factor en ook kunnen zich veranderingen voordoen in het medium (een productstroom verandert van laminair in turbulent) en het omgevingsmedium. We onderscheiden vier slijtagemechanismen:

- 1 *Adhesie*. De vorming en verbreking van hechttingen aan het grensvlak (voorbeeld: het beruchte 'vreten').
- 2 *Abrasie*. Materiaalafslijping door krasbelasting (microverspaning).
- 3 *Oppervlaktebeschadiging*. vermoeiing en scheurvorming in oppervlaktegebieden door wisselende tribologische belastingen, die tot materiaalverbrekingen leiden ('pitting').
- 4 *Tribochemische reacties*. Ontstaan van reactieproducten door tribologische belasting bij chemische reactie van het hoofdlichaam, tegenlichaam en medium.

Speciaal daartoe ontwikkelde slijtvaste kunststoffen vertonen vaak een beter slijtagegedrag dan metalen (afbeelding 1). De markt biedt een zeer breed spectrum op dit gebied en naast de gunstige slijteigenschappen kan ook worden geprofiteerd van de algemene positieve kenmerken van kunst-



Afbeelding 2. Slijtagebestendigheid bij 23 °C voor een aantal slijtvaste kunststoffen en PTFE.

stoffen: het relatief lage gewicht (dat zich bij transportmiddelen in een lager brandstofverbruik vertaalt), de ongevoeligheid voor corrosie en inwerking van chemische stoffen, de gemakkelijke verwerkbaarheid en de veelal aantrekkelijke prijsstelling. Daar staat dan weer tegenover dat de selectie van de juiste kunststof geen sinecure is. Met kunststoffen is men doorgaans minder vertrouwd, minder in ieder geval dan met staal. Er zijn minder ervaringsgegevens bekend en testen om de eigenschappen van kunststoffen vast te stellen zijn niet uitputtend genormaliseerd. Een voorbeeld: de slijtage kan bij een kunststof worden vastgesteld door gedurende een bepaalde tijd een proefstukje met een pen onder een zekere kracht tegen een ronddraaiende schijf van zekere korrelgrootte te duwen. We zien hier diverse van de bovenomschreven parameters (de belastingsduur  $t_B$ , de normaalkracht  $F_N$ , de snelheid  $v$ ) terug. Door de drukkracht en het toerental van de schijf te variëren kunnen uitspraken worden gedaan over het slijtgedrag. Dergelijke testen zijn echter niet genormaliseerd; er zijn wel normen maar de fabrikanten hebben zich daaraan niet gecommitteerd. Hoe anders is dat in de staalwereld!

### Slijtbestendigheid relatief

Waarom is dit zo? Omdat het slijtgedrag van kunststoffen gedurende de belastingsduur veel sterker afhankelijk is van de feitelijke applicatiecondities dan dat van metalen. Je kunt wel een test opzetten, maar de voorspellende waarde ervan is nogal relatief. We geven daarvan een voorbeeld.

## Enkele voorbeelden van slijtvaste kunststoffen

Het marktaanbod van slijtvaste kunststoffen is zeer breed. De toepassingen zijn dan ook legio: glijgoten, lagers in alle denkbare vormen, slijtplaten, kettinggeleiders, silo's, allerlei bekledingen, elevator Emmers, glijkokers, trechters, allerlei onderdelen in de voedselverwerkende industrie, de procesindustrie en de mijnbouw, voorraadbunkers, verdeelgoten, transportschroeven. Eriks is distributeur voor Nederland van het programma van de Zwitserse fabrikant Quadrant, die ongeveer drie jaar geleden het kunststofproductenprogramma van DSM heeft overgenomen. Enkele voorbeelden:

*Ertalyte PETP-TX* is een slijtvaste en vooral maatvaste kunststof. Door de toevoeging van een intern smeermiddel zijn de slijtvaste eigenschappen verder verbeterd. Andere kenmerken: hoge mechanische sterkte, zeer goede kruipvastheid en een lage, constante wrijvingscoëfficiënt. Dit materiaal is toegestaan voor voedingsmiddelencontact. De wateropname is zeer gering. Het materiaal is zelfdovend en fysiologisch inert. Ertalyte is uitstekend bestand tegen oliën en vetten, de meeste organische solventen, oplossingen van minerale zouten alsmede alifatische en aromatische koolwaterstoffen. Ertalyte PETP-TX wordt toegepast wanneer hoge eisen aan de maatvastheid, kruipweerstand en slijtageweerstand worden gesteld. Voorbeelden: zwaar belaste lagers en glijstukken, geleidingen met geringe speling, tandwielen met kleine modules, zwaar belaste wielen zonder schokken, kleppen en klepzittingen.

*Ertalon PA* is een standaard polyamide dat zowel taai als slagvast is. Ook hierbij wordt de slijtvastheid verbeterd door toevoeging van smeerolie (aanduiding Ertalon LFX) of MoS<sub>2</sub> (Nylatron GSM). Ook is er een hittegestabilliseerde kwaliteit beschikbaar (Ertalon 6 XAU). Een nieuwe variant met gunstige stick-slipeigenschappen is Nylatron 703 XL.

Onder de naam *Rhino Hyde* brengt Eriks een polyurethaan type met een hoge slijtvastheid op de markt; het resultaat van tien jaar research. Het is leverbaar in verschillende uitvoeringen, zoals elevatorbekers, conische emmers, niveaumeters, strooischijven en platen. De platen worden geleverd in combinatie met een weefsel- of metalen rug. De metalen rug kan zowel van strekmetaal als van plaatstaal zijn. Door variaties in laagdikten, polyurethaantypen en metaalsoorten kan een kwaliteit worden samengesteld die is afgestemd op een specifiek slijtageprobleem. Naast een hoge slijtvastheid onderscheidt Rhino Hyde zich door een hoge scheursterkte, goede lossingseigenschappen en een eenvoudige verwerkbaarheid. Het is antistatisch, toepasbaar bij droge levensmiddelen en geluidsabsorberend.

In afbeelding 2 is de slijtagebestendigheid van een aantal kunststoffen uitgezet, gemeten door proefstukjes op de bovenbeschreven wijze tegen een draaischijf te drukken. Daarbij is een aantal testcondities gespecificeerd, zoals de temperatuur  $T$  (23 °C), de druk  $p$  (3 MPa), de relatieve snelheid  $v$  (0,33 m/s), de ruwheid van de draaischijf ( $R_a = 0,7-0,9 \mu\text{m}$ ), de totale belastingafstand (28 km), de luchtvochtigheid (50 procent RH) en het gegeven dat er geen smering is toegepast. We zien dat Ertalyte TX als beste uit de bus komt met een

slijtage van  $2 \mu\text{m/km}$ . Het slijtgedrag is, zou je zeggen, viermaal zo goed als dat van Ertacetal H-TF, dat onder dezelfde condities een slijtage vertoont van  $8 \mu\text{m/km}$ . Deze uitspraak is echter alleen geldig met de toevoeging 'onder de genoemde condities'. Daalt bijvoorbeeld de druk, dan kan Ertacetal H-TF een stuk slijtvaster zijn; idem dito geldt dit voor alle testcondities. In een gedachte-experiment zou je aan een bedieningspaneel kunnen zitten met draaiknoppen om de fysische condities te variëren waardoor het beeld van afbeelding 2 er totaal anders uit komt te zien, met voortdurend groeiende en slinkende balken die de 'wear-rate' weergeven. Vooral de temperatuur brengt een element van onvoorspelbaarheid in, omdat het een 'zelfversterkende' factor is: wordt een onderdeel warmer, dan wordt het vaak ook zachter, waardoor het sneller slijt, terwijl temperatuurverlaging niet automatisch een beter slijtgedrag impliceert omdat de kerfslaggevoeligheid snel kan toenemen onder een bepaalde temperatuur.

### Checklist

Dat is nog niet alles. Nog andere factoren vertroebelen het beeld nog meer; om maar iets te noemen: de vorm van het 'tegendeel'. Is dit scherp en sterk abrasief, dan zal een hardere kunststof minder neiging tot insnijding vertonen dan een zachtere. Ergo: grafieken als die van afbeelding 2 bieden de constructeur in de praktijk weinig houvast. De beste aanpak is daarom een selectiestrategie, waarbij in het voortraject een soort checklist wordt afgewerkt en in het eindstadium de keuze voor een bepaald materiaal in samenspraak met de leverancier wordt gedaan op basis van diens praktijkervaring. Het nadeel daarvan is natuurlijk dat geen enkele leverancier volledig neutraal is. Eriks te Alkmaar, dat als technische groothandel naast een omvangrijk programma afsluiters, kunststofleidingssystemen, meet & regeltechniek, afdichtingen enz. ook industriële kunststoffen levert, ontwikkelde een stappenplan om in een gegeven situatie de juiste slijtvaste kunststof te selecteren, gebruikmakend van de leveranciersdocumentatie. De achterliggende gedachte is daarbij om de constructeur ervan te weerhouden dat hij vanwege de complexe keuzeproblematiek afziet van deze materialengroep en daarmee ook niet van de grote voordelen ervan kan profiteren: licht gewicht, goede slijtgedrag, zelfsmering, relatief lage kosten, de goede isolatie-eigenschappen, corrosievastheid en gemakkelijke bewerkbaarheid (afbeelding 3). Nadelen zijn soms van belang, soms niet: de hoge thermische uitzettingscoëfficiënt, of in sommige gevallen de gevoeligheid voor water.



### Vulmiddelen

De toevoeging van een geschikt vulmiddel ( $\text{MoS}_2$ , olie, paraffine, glas, koolstof) kan het slijtgedrag van kunststoffen aanmerkelijk verbeteren. Ook andere kenmerken, zoals de glijeigenschappen en de sterkte, worden er positief door beïnvloed. Daarbij is in sommige gevallen van belang in welke vorm de vulstof wordt toegevoegd: koolstof bijvoorbeeld kan als poeder, als kleine bolletjes of als strengetjes in het basismateriaal worden ingebracht, met verschillende effecten als resultaat. Het effect op het slijtgedrag is aanzienlijk. Neem bijvoorbeeld Ertalon 6 PLA en Ertacetal C uit afbeelding 1, beide basiskunststoffen zonder vulstoffen (respectievelijk PA = polyamide en POM = Polyoxymethyleen) met een slijtagebestendigheid van 12 respectievelijk 45 bij 23 °C. Het nylon heeft een veel betere slijtvastheid. Voegen we echter als vulmiddel olie toe, dan verbetert de slijtvastheid tot 4,5 (Ertalon LFX). De slijtvastheid van Ertacetal C verbetert door toevoeging van een vulmiddel tot een waarde 8 (Ertacetal H-TF).

### Selectie stap voor stap

De Eriks-benadering omvat de volgende stappen: Stap 1. Stel vast of sprake is van een statische of dynamische toepassing. Daarbij komt de vraag aan de orde of kan worden volstaan met een standaard materiaal of dat een 'gevulde kwaliteit' noodzakelijk is.

Stap 2. Stel de temperatuur vast waaraan het onderdeel zal worden blootgesteld, zowel de piektemperatuur als de temperatuur onder constante belasting (zie afbeelding 4).

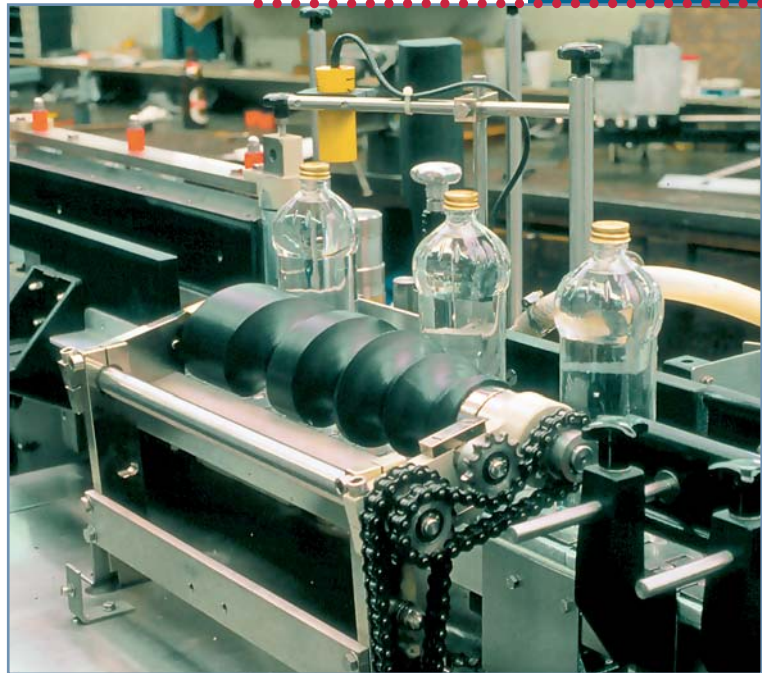
Stap 3. Bepaal of er sprake is van een binnen- of buitentoeppassing, dit in verband met UV-straling. Stap 4. Bepaal aan welke chemicaliën de kunststof wordt blootgesteld (zowel tijdens het gebruik als tijdens reinigingswerkzaamheden); ook de bestendigheid tegen hydrolyse is wellicht van belang. Stap 5. Stel vast of de kunststof wordt blootgesteld aan stotende belasting en of de maatvastheid van belang is.

Stap 6. Ga na of bepaalde goedkeuringen vereist zijn, zoals FDA (levensmiddelencontact toegestaan).

Stap 7. Bepaal of stick-slip van belang is, het hordend en stotend lopen van bijvoorbeeld een lager. Dit verschijnsel treedt op bij een kritische toepassing met betrekking tot de PV (druk  $\times$  snelheid)-waarde (afbeelding 5).

Stap 8. Bepaal bij eventuele tegenlooppdelen welk materiaal mag en kan slijten.

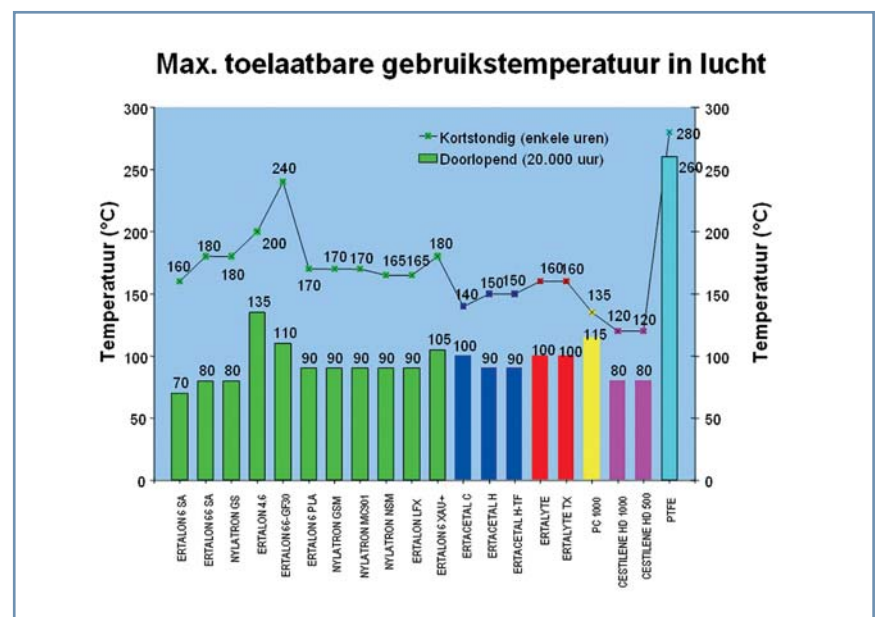
Stap 9. Bepaal de meest economische vorm en/of productiemethode voor het onderdeel.



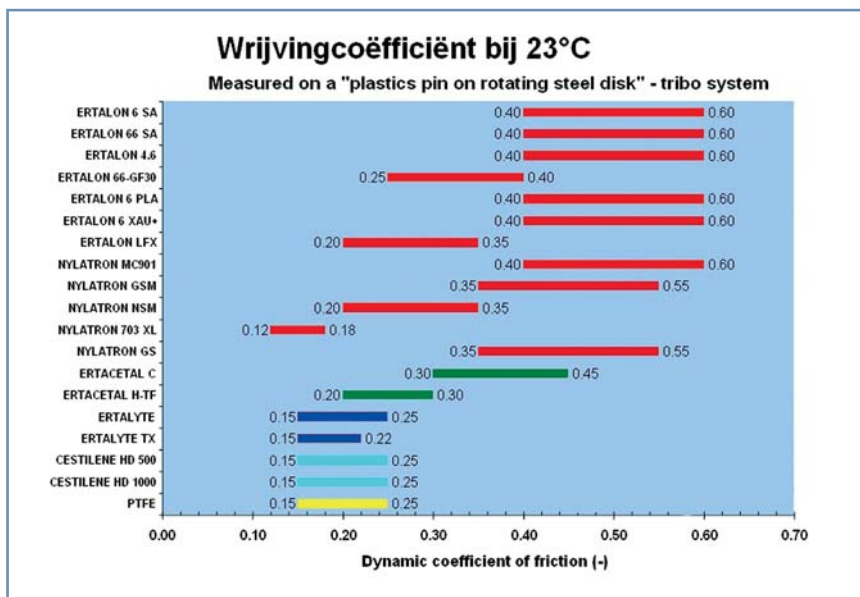
**Afbeelding 3.** Vaak verdient de inzet van een kunststof onderdeel (zoals hier een worm van het zeer slijtvaste Multilene) verre de voorkeur boven een metalen alternatief.

FOTO: ERIKS

Nadat deze stappen zijn doorlopen (al of niet in overleg met de leverancier), blijven er misschien één of enkele toepasbare kunststoffen over. Daarna moet worden nagegaan of deze in de gewenste halffabriekaafmetingen beschikbaar zijn in het programma van de leverancier. Is het betreffende materiaal wel beschikbaar in de gewenste dikte, of is die diameter voor die lagerbus wel standaard verkrijgbaar? In deze 'afvalrace' geschiedt de terugloop van het aantal potentieel toepasbare materialen soms zeer snel,

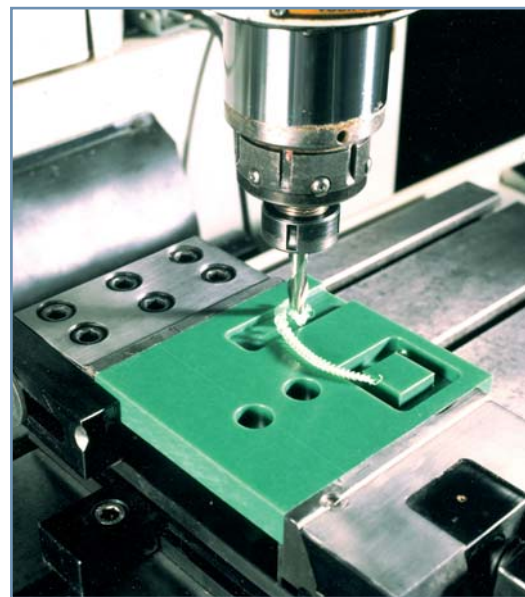


**Afbeelding 4.** De maximaal toelaatbare gebruikstemperatuur (kortstondig en doorlopend) in lucht voor een aantal slijtvaste kunststoffen.



**Afbeelding 5.** De wrijvingscoëfficiënt bij 23 °C voor een aantal slijtvaste kunststoffen; een lage waarde betekent minder kans op stick-slip.

FOTO: ERIKS



**Afbeelding 6.** Bewerking van kunststofhalffabrikaten tot klantspecifieke eindproducten.

FOTO: ERIKS

## Technivent '05

Eriks organiseert van 11 - 13 oktober in Alkmaar de vakbeurs Technivent '05 in haar nieuwbouwcomplex in Alkmaar.

Hier tonen ruim vijftig exposanten van werktuigbouwkundige componenten hun noviteiten.

Tijdens deze vakbeurs zijn er diverse seminars over trends in de techniek en inkoop van componenten.

t (072) 514 18 33  
[www.eriks.nl](http://www.eriks.nl)

met name wanneer sprake is van een hoge bedrijfstemperatuur (meer dan 100 °C) of bij agressieve chemische stoffen (bijvoorbeeld zoutzuur, HCl).

### Kennis en ervaring

Als er aan het einde van de rit twee of drie overblijven komen vragen aan de orde als: moet er worden gesmeerd of niet? Dat is niet nodig wanneer een krachtige elektromotor als aandrijving van het tribosysteem fungeert. Ook een punt van aandacht is de uitzettingscoëfficiënt. Blijven er dan nog enkele potentieel toepasbare materialen over, dan zal de prijs de doorslag geven. Om het stappenplan goed uit te voeren is voor sommige onderdelen ervan kennis en praktijkervaring vereist, bijvoorbeeld ten aanzien van de vraag of vulstoffen gewenst zijn. Deze kennis kan aanwezig zijn bij de constructeur; de leverancier kan naast up-to-date documentatie ook zorgen

voor gerichte ondersteuning. Eriks ondersteunt (potentiële) afnemers met een binnendienst voor de relatief eenvoudige vragen en door adviseurs op locatie. Het leveringsprogramma is neergelegd in een catalogus die ook veel achtergrondinformatie bevat om het stappenplan uit te voeren. Indien de klant dat wenst kan ook ondersteuning bij de ontwikkeling van producten worden geboden, waarbij Eriks zijn specifieke ervaring kan inbrengen, bijvoorbeeld door er bij het ontwerp van een lagerbus op te attenderen een voorziening mee te nemen voor de afvoer van slijtpartikeltjes; vaak gaat het om details, maar wel om belangrijke details. Naast halffabrikaten levert Eriks voor meer dan 50 procent klantspecifieke onderdelen. Ook worden op klantenspecificatie halffabrikaten bewerkt tot eindproducten (afbeelding 6).

*Dit artikel is bewerkt door H. Koopmans.*