

## Ontwikkelingen op het gebied van rubberachtige materialen

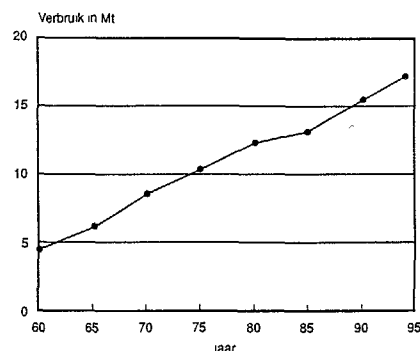
Ing. W.J. Aben, Centrum voor Polymere Materialen TNO

Het onderwerp van dit artikel is het schetsen van een beeld van de ontwikkelingen op het gebied van rubberelastische materialen gedurende de laatste jaren. Duidelijk zal worden dat er op het gebied van de traditionele ge vulcaniseerde rubbers de laatste jaren vele varianten van reeds bestaande elastomeren zijn ontwikkeld. Aan de andere kant zijn er in deze groep geen nieuwe elastomeren bijgekomen die op dit moment al een belangrijk afzetgebied hebben gevonden.

De meeste aandacht zal daarom worden gegeven aan een sterk in opkomst zijnde groep van rubberachtige materialen die zich in het grensgebied tussen de ge vulcaniseerde rubbers en de kunststoffen bevindt, namelijk de thermoplastische elastomeren.

### Inleiding

De hoeveelheid rubber die jaarlijks wordt verwerkt groeit nog steeds; zie figuur 1. Het International Institute of Synthetic Rubber Producers (IISRP) verwacht dat het totale verbruik zal stijgen van ongeveer 15,8 miljoen ton in 1990 tot 17,6 miljoen ton in 1994. Het aandeel van de synthetische rubbers hierin wordt voor 1994 geschat op bijna 12 miljoen ton. Toch moet men hieruit niet afleiden dat het verbruik van natuurrubber stagneert of afneemt: het IISRP voorspelt zowel voor natuurrubber als voor synthetische rubbers tot 1994 een jaarlijkse groei van ongeveer 2%.



Figuur 1 Jaarlijks rubberverbruik (bron: IISRP).

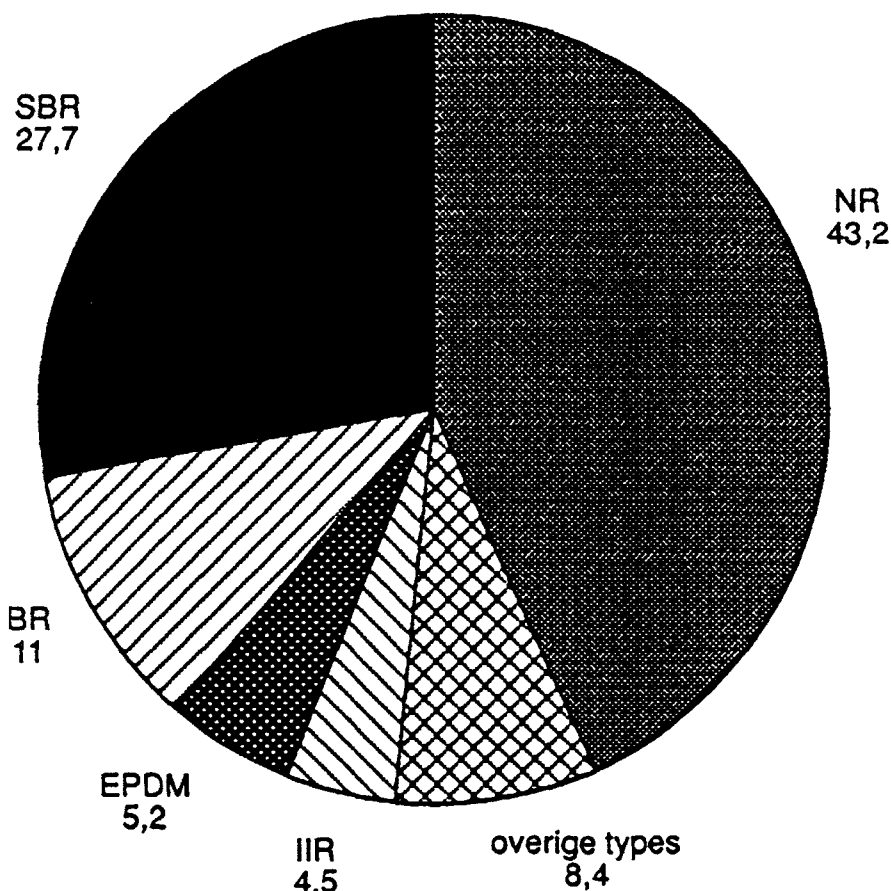
Ongeveer 60% van de totale hoeveelheid rubber die jaarlijks wordt verwerkt wordt gebruikt in de bandenindustrie, voornamelijk in de vorm van natuurrubber (NR), styreen-butadeen rubber (SBR) en polybutadeen rubber (BR). Deze drie soorten alleen nemen meer dan 80% van de wereldproductie van rubber voor hun rekening; zie figuur 2. Het aandeel van alle overige soorten bedraagt per soort slechts enkele procenten. Ethyleen-propyleen rubber (EPDM) en butyl rubber (IIR) zijn daarvan de koplopers met elk ongeveer 5%.

Het zijn meestal juist de overige soorten die men tegenkomt op plaatsen waar een rubberelastisch materiaal nodig is waaraan hoge eisen kunnen worden gesteld als het gaat om bijvoorbeeld de bestandheid tegen chemicaliën, oliën of zeer hoge dan wel juist extreem lage temperaturen. Hoewel de totale jaarlijks verwerkte

hoeveelheid van elk van deze soorten meestal vrij gering is, hebben ze zich op grond van hun specifieke eigenschappen een vaste plaats op de markt verworven. Het geheel overziende zal duidelijk worden dat het voor de gebruiker steeds moeilijker wordt uit de veelheid van de mogelijkheden de juiste te kiezen. Een goede keuze is des te belangrijker omdat het succes van een product vaak afhangt van de juiste keuze van een rubberonderdeel dat op zich meestal slechts een klein deel van de kosten ervan uitmaakt.

### Ge vulcaniseerde rubbers

Op het gebied van de ge vulcaniseerde rubbers is de aandacht van de polymeerfabrikanten vooral uitgegaan naar het verbeteren van de eigenschappen en de verwerkbaarheid van bestaande elastomeren.



Figuur 2 Wereld-rubberproductie in 1986 (bron: IISRP).

## Ontwikkelingen op het gebied van rubberachtige materialen

Het verbeteren van de eigenschappen was (en is) nodig om te kunnen voldoen aan de steeds hogere eisen die aan rubbers worden gesteld

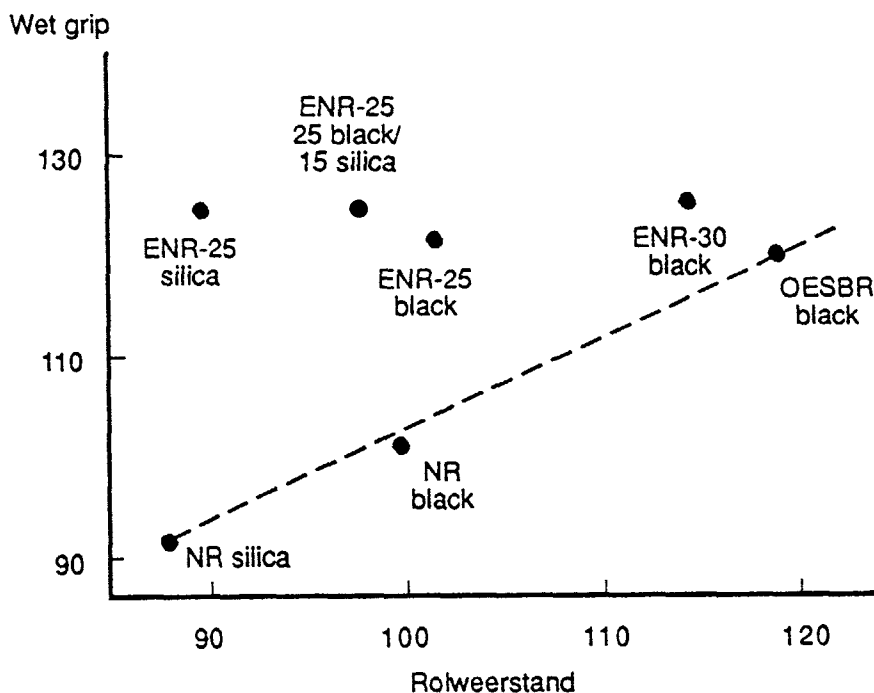
Een betere verwerkbaarheid heeft onder meer geleid tot een meer constante kwaliteit van de produkten, zeer belangrijk gezien de aandacht die op dit moment aan kwaliteitsbeheersing wordt gegeven.

Er zijn vele soorten vulcaniseerbaar rubber op de markt. Alleen al aan de ontwikkelingen op het gebied van siliconenrubber en polyurethaanrubber zou een gehele voordracht kunnen worden gewijd. Daarom kunnen er in het kader van dit artikel niet meer dan enkele voorbeelden worden gegeven van interessante ontwikkelingen in de laatste jaren. Deze zijn zo gekozen dat enerzijds duidelijk wordt dat zelfs bij de van oudsher bekende en nog steeds meest gebruikte rubbersoorten de ontwikkelingen niet stil staan, terwijl anderzijds enkele varianten van reeds bestaande soorten worden besproken waarvan op dit moment nog niet te zeggen valt in hoeverre deze in de toekomst een marktpositie zullen veroveren.

### Natuurrubber

Eén van de problemen waarmee de producenten van natuurrubber zich bij de snelle opkomst van synthetische rubbers na de Tweede Wereldoorlog geconfronteerd zagen was dat de kwaliteit van de synthetische produkten veel constanter was dan die van hun natuurproduct. Zo is de vulcanisatiesnelheid van met zwavel ge vulcaniseerde natuurrubber afhankelijk van de mate van verdunning van de latex vóór coagulatie en van de pH bij het begin van de coagulatie. Door deze variabelen te gaan controleren werd het mogelijk natuurrubber-kwaliteiten te vervaardigen waarvan de vulcanisatie-karakteristieken tussen vrij nauwe banden liggen. Dit leidde tot de invoering van technisch ge classificeerde natuurrubber-kwaliteiten, het eerst geïntroduceerd door Maleisië in 1960 (SMR, Standard Malaysian Rubber Specifications), later gevolgd door Indonesië (SIR) en ander landen.

Omdat met name de fabrikanten van banden steeds meer automatiseren en daarom behoefte hebben aan grondstoffen met een zo constant mogelijke kwaliteit wordt de laatste jaren veel onderzoek verricht naar mogelijkheden om deze specificaties aan te scherpen en nieuwe eisen toe te voegen.



Figuur 3 Geëpoxydeerde natuurrubber (NR).

### Polynorborneen:

maakt zeer zachte massieve rubberprodukten mogelijk

Voorbeeld:

met 200 delen olie en 200 delen		HAF	MT	klei	krijt	
hardheid	Sh A	55	32	33	25	
treksterkte	MPa	20,5	15,0	14,5	12,0	
rek bij breuk	%	330	510	520	580	
scheursterkte	N/mm <sup>2</sup>	30	27	24	11	
blijvende vervorming na 22 uur bij 70°C		%	14	12	26	25

Figuur 4 Ge vulcaniseerde rubbers (HAF: versterkend roettype; MT: niet versterkend roettype).

Verder proberen de natuurrubberproducenten het hoofd te bieden aan de sterke concurrentie van de producenten van synthetische rubbers door een aantal speciale typen natuurrubber op de markt te brengen. Als voorbeeld kan in dit verband geëpoxydeerde natuurrubber worden genoemd. Dit is een chemisch gemodificeerde vorm van natuurrubber waarin een aantal van de koolstof-koolstof bindingen uit de hoofketen zijn omgezet in epoxygroepen. Drie in het oog springende eigenschappen van dit materiaal zijn een goede oliebestandheid, een lage gasdoorlatendheid en een goede hechting aan andere polymeren zoals PVC. De veerkracht is echter gering, terwijl bij lage temperaturen snel verharding optreedt. Toepassingen worden voorzien in de ver-

vang van butyl-chloropreen- en "mid-denklasse" nitrilrubbers, daar waar goede sterkte en vermoeiingseigenschappen samen met een redelijke mate van oliebestandheid worden gevraagd. Op langere termijn voorziet men ook toepassing in autobanden; zie figuur 3. Of geëpoxydeerde natuurrubber zich inderdaad een zekere marktpositie zal verwerven is twijfelachtig, met name voor wat betreft het gebruik in de bandenindustrie. Tot dusver is er zelfs nauwelijks sprake geweest van productie op enige schaal.

### Nitrilrubber

Nitrilrubber is reeds ongeveer vijftig jaar op de markt. Het materiaal kenmerkt zich vooral door een uitstekende weerstand

tegen alifatische koolwaterstoffen (oliën, brandstoffen en vetten), een goede weerstand tegen hitte, althans in afwezigheid van zuurstof, en een geringe permeabiliteit voor gassen. Nadelen zijn de matige weerstand tegen aantasting door ozon en het snel verhardten bij lage temperaturen.

Rond 1985 introduceerde Bayer een gehydrogeneerde nitrilrubber, Therban, die aanzienlijke voordelen heeft boven de "gewone" nitrilrubbers. Een veel betere weerstand tegen hitte, weersinvloeden en ozon, slijtvast, veel sterker en goed bestand tegen vele olie-additieven en tegen ruwe olie. Bovendien is het materiaal bij veel lagere temperaturen nog flexibel. Het gebruik van gehydrogeneerde nitrilrubber is nog steeds vrij gering, maar groeit gestaag.

### Polynorborneenrubber

In 1975 werd door CdF Chemie polynorborneenrubber op de markt gebracht onder de naam Norsorex. Het monomeer norborneen wordt verkregen uit additie van ethyleen en cyclopentadien.

Het polymeer wordt pas bij temperaturen boven 35°C rubberachtig, maar het kan worden geplastificeerd met grote hoeveelheden aromatische, naftenische of paraffinische olie. Daarnaast kunnen vulstoffen als roet, silicaten, klei, krijt en zelfs kurk in hoge percentages worden toegevoegd, waarna het eindproduct toch nog steeds redelijke mechanische en rubberelastische eigenschappen blijkt te bezitten; zie *figuur 4*. De fabrikant claimt dat er op 100 gewichtsdelen rubber wel 1500 gewichtsdelen olie en vulstof mogen worden toegepast.

Polynorborneenrubber maakt het mogelijk om massieve rubberproducten met een zeer lage hardheid te maken (20 tot 25 Sh A). Verder heeft het materiaal dempingseigenschappen die het zeer geschikt maken voor trillingsdempers

#### Figuur 5 Fluorrubber:

● Kalrez: tegen hogere temperaturen bestand dan Viton; ook tegen vrijwel alle media, maar extreem duur en zeer moeilijk te verwerken.

Voorbeeld:

Gedrag in hete lucht.

		oorspronkelijk	na 500 dagen bij 230°C	na 7 dagen bij 315°
hardheid	Sh A	90	87	87
treksterkte	MPa	18,3	16,8	14,0
rek bij breuk	%	120	220	230

### Fluorrubber

De meest bekende typen uit deze groep zijn wel de copolymeren op basis van vinylideenfluoride en hexafluorpropyleen.

Handelsnamen zijn onder meer Viton en Fluorel. Deze materialen worden vooral gebruikt op plaatsen waar zeer hoge temperaturen kunnen optreden. Ze zijn verder uitstekend bestand tegen alifatische en aromatische koolwaterstoffen en gechlorideerde oplosmiddelen. Ze zwellen echter aanzienlijk in ketonen, mono-esters, ethers en sommige fosfaten en verhardten in contact met ammoniak en aminen. Verder zijn ze, tenzij hierop speciaal wordt gecompoundeerd, niet goed bestand tegen heet water, stoom en chloor. Er zijn enkele andere typen fluorrubber die veel minder bekend zijn maar waarvan sommige nog betere eigenschappen hebben. Eén hiervan is het door Du Pont op de markt gebrachte Kalrez, een copolymeer van perfluor(methylvinylether) en tetrafluorethyleen (Teflon). Dit materiaal zou continu tot 260°C kunnen worden gebruikt, terwijl het tegen vrijwel alle media bestand is, zelfs tegen stoom, zie *figuur 5*. Er zijn echter wel een aantal nadelen aan verbonden, waarvan de voornaamste wel de extreem hoge prijs is. Een ander nadeel is dat het materiaal erg moeilijk te verwerken is, waardoor de afmetingen en de vormgevingsmogelijkheden van producten beperkt zijn.

### Thermoplastische elastomeren

De groep van materialen die met "thermoplastische elastomeren (TPE's)" of ook wel "thermoplastische rubbers (TPR's)" wordt aangeduid groeit de laatste jaren snel. Het IISRP voorspelde onlangs dat het verbruik van deze materialen zal stijgen van 585.000 ton in 1988 tot 858.000 ton in 1994. Dit zou dus een groei van meer dan 6,5% per jaar betekenen. Ter vergelijking: het IISRP verwacht, zoals

reeds eerder gezegd, dat in dezelfde periode het verbruik van natuurrubber en van synthetische rubber met 2% per jaar zal toenemen. Het marktaandeel van TPE's is nu reeds ongeveer 4% van het totale rubberverbruik. In Europa worden TPE's relatief vaak toegepast; ongeveer 12% van het totale rubberverbruik bestaat hier al uit TPE's

Het kenmerkende van deze groep materialen is al uit de naam af te leiden: een thermoplastisch elastomeer gedraagt zich in het werkgebied als een ge vulcaniseerde rubber, maar vloeit bij zijn verwerkingstemperatuur als een thermoplastisch materiaal. Vanuit verwerkingsoogpunt is dit natuurlijk een zeer aantrekkelijk concept omdat na het vormgeven een produkt alleen nog maar hoeft te worden afgekoeld.

Conventionele rubbers moeten na het vormgeven eerst nog enige tijd worden verwarmd om het netwerk van dwarsverbindingen tot stand te brengen waaraan deze materialen hun sterkte en hun elasticiteit ontleen: het vulcaniseren. Dit kost tijd en energie.

Een ander voordeel van thermoplastische elastomeren is dat deze zonder veel problemen kunnen worden herverwerkt. Bij conventionele ge vulcaniseerde rubbers is dit niet mogelijk. Dit kan bij de verwerking tot aanzienlijke besparingen leiden.

Voor de traditionele kunststofverwerker zijn TPE's vooral van belang omdat ze, met behoud van de reeds aanwezige apparatuur en verwerkingstechnieken, de weg openen naar het maken van producten waarin voordien alleen ge vulcaniseerde rubbers konden worden toegepast

TPE's hebben uiteraard ook wel nadelen. De kostprijs ervan is meestal aanzienlijk hoger dan die van conventionele elastomeren, terwijl een aantal vooral voor technische rubberproducten belangrijke eigenschappen (nog) niet het niveau halen van die van ge vulcaniseerde rubbers.

Alle thermoplastische elastomeren hebben gemeen dat ze bestaan uit een harde thermoplastische fase en een zachte elastomere fase. De flexibele ketens worden bij de gebruikstemperatuur bij elkaar gehouden door verbindingen die bij de verwerkingstemperatuur niet meer effectief zijn. Men noemt deze verbindingen daarom ook wel "heat fugitive crosslinks".

## Ontwikkelingen op het gebied van rubberachtige materialen

Naar wijze van vervaardiging kunnen TPE's worden onderscheiden in:

- blok copolymeren bestaande uit afwisselend harde en zachte blokken,
- blends van een thermoplastisch materiaal en een elastomeer,
- legeringen van een thermoplastisch materiaal en een elastomeer.

Bij een aantal typen wordt het elastomere aandeel tijdens de fabricage ge vulcaniseerd, hetgeen een aanzienlijke verbetering van met name het vormherstellend vermogen oplevert. Men noemt dit "dynamisch ge vulcaniseerde TPE's".

TPE's kunnen worden ingedeeld in een aantal klassen, gebaseerd op de aard van de harde fase, zie *figuur 6*.

### Indeling naar de aard van de harde fase:

TPE-S	basis styreen
TPE-E	basis ester
TPE-U	basis urethaan
TPE-O	basis olefinen
TPE-A	basis amide
TPE-F	basis fluor

**Figuur 6** Thermoplastische elastomeren.

Het werkgebied ligt tussen het glasovergangsgedrag of het glasovergangspunt van de zachte fase en het smeltpunt van de harde fase, uiteraard in beide gevallen op een zekere afstand hiervan. De laagste temperaturen waarbij sommige TPE's nog voldoende flexibel zijn liggen tussen -30°C en -40°C. Als hoogste werkt temperatuur wordt voor de nieuwste typen 160°C genoemd.

Omdat men kan "spelen" met de verhouding tussen de zachte en de harde blokken kunnen de eigenschappen variëren tussen die van het "harde" thermoplastische materiaal en die van het "zachte" elastomeer. Dit houdt in dat lang niet alle materialen die onder de naam "thermoplastische elastomeren" op de markt zijn ook echt als "rubber" aanvoelen. Uitgedrukt in getallen: de hardheid kan soms binnen één klasse variëren van bijvoorbeeld 60 Sh A tot 60 Sh D.

Voor constructeurs levert dit nieuwe mogelijkheden op, waarvan drie voorbeelden:

- Door gebruik te maken van hardere typen kan bijvoorbeeld de wanddikte

ten opzichte van die van overeenkomstige rubberprodukten vaak worden verminderd met behoud van voldoende stijfheid.

- In rubberprodukten als slangen, balgen en membranen worden vaak weefselinlagen opgenomen ter versterking. Bij gebruik van TPE's kunnen deze meestal worden weggelaten.
- Door co-extrusie of co-injectie is het soms mogelijk in één arbeidsgang een produkt met een hard en een zacht deel te vervaardigen

In de literatuur worden vaak naast de "normale" TPE's nog een aantal andere materialen met soortgelijke karakteristieken genoemd waarvan men grote verwachtingen voor de toekomst heeft. Dit zijn bijvoorbeeld:

- blends van nitrilrubber en PVC - deze worden vooral in de automobiellndustrie en in de bouw reeds vrij veel toegepast;
- flexibele materialen op basis van wat men aanduidt als "niet-traditionele PVC-harsen", bijvoorbeeld Flexel van Geon Vinyl Division (BfGoodrich), beschreven als een legering van kristallijne co-polymeren op vinylbasis,
- TPE's die om betere rubber-elastische eigenschappen te verkrijgen na de vormgeving worden "ge vulcaniseerd" met behulp van straling, bijvoorbeeld Dytron XL van Monsanto;
- TPE's gebaseerd op hoogmoleculaire PVC, bijvoorbeeld Sunprene van Sunprene Co.

*Tabel 1* geeft een globale vergelijking van een aantal eigenschappen van nitrilrubber met die van enkele TPE's.

Het is duidelijk dat TPE's gebaseerd op urethaan en ester op een aantal punten betere eigenschappen hebben dan de traditionele ge vulcaniseerde nitrilrubber. Deze worden dan ook al vaak als vervanging hiervoor gebruikt. Het vormherstellend vermogen van alle genoemde TPE's blijft echter sterk achter bij dat van de ni-

trilrubber, zoals blijkt uit het punt "blijvende vormverandering".

Bij kamertemperatuur herstelt zich overigens de oude vorm na verloop van lange tijd nog redelijk; bij iets hogere temperaturen is dit meestal nauwelijks meer het geval.

Het is in het kader van dit artikel niet mogelijk om alle produkten op te sommen waarin TPE's nu al worden toegepast. De belangrijkste gebieden zijn:

- automobiellndustrie: toepassingen variëren van afdichtingsringen, balgen en raamprofielen tot interieurdelen en bumpers;
- draad- en kabelommantelingen,
- schoenenindustrie: meestal zolen,
- sportartikelen;
- "hot melts";
- bitumen-modificatie;
- voedselindustrie: slangen, afdichtingen, tankbekledingen;
- medische toepassingen;
- technische rubberartikelen in het algemeen.

Het zal uit het bovenstaande duidelijk zijn geworden dat er reeds zeer veel TPE's op de markt zijn en dat deze in een aantal, op dit moment meestal nog minder kritische toepassingsgebieden de conventionele ge vulcaniseerde rubbers aan het verdringen zijn.

De huidige TPE's hebben nog een aantal beperkingen ten opzichte van de ge vulcaniseerde rubbers, waarvan de voorname is het geringere vormherstellend vermogen na langdurige deformatie, vooral bij hogere temperaturen. Er komen echter in snel tempo steeds weer nieuwe typen uit met verbeterde eigenschappen zodat de verschillen steeds kleiner worden.

Het staat daarom vast dat TPE's in de toekomst ook een belangrijk deel van de markt voor hoogwaardige technische rubberartikelen, dat tot dusver het exclu-

**Tabel 1** Globale vergelijking van enkele eigenschappen van een aantal TPE's met die van ge vulcaniseerde nitrilrubber.

Eigenschap	TPE-U	TPE-E	TPE-O	TPE-A	NBR
werkgebied (temperatuur)	+	++	o	-	o
blijvende vormverandering bij 23°C	+	o	o	o	++
bij 70°C	+	o	o	o	++
oliebestandheid	+	+	o	+	+
ozon-, UV- en zuurstofbestandheid	++	+	-	o	-
slijtageweerstand	++	+	o	o	+
scheursterkte	++	++	+	o	+
treksterkte	++	o	o	o	o
rek bij breuk	++	++	o	+	+

sieve gebied van ge vulcaniseerde rubbers was, zullen veroveren. De snelheid waarmee dit zal gebeuren hangt sterk af van de wijze waarop constructeurs en verwerkers met deze nog vrij nieuwe klasse van materialen leren omgaan. Indien men klakkeloos bestaande produkten kopieert die tot nu toe uit ge vulcaniseerde rubbers worden vervaardigd kunnen te leurstellingen optreden die TPE's onverdiend een minder goede naam kunnen bezorgen.

Een probleem is dat vaak te weinig relevante materiaalgegevens beschikbaar zijn om te kunnen beoordelen of een bepaald type TPE geschikt is voor een gegeven toepassing. Vooral op het gebied van het gedrag op langere termijn is dit het geval. Voor een deel is dit het gevolg van de snelheid waarmee nieuwe typen op de markt worden gebracht.

Uit contacten met zowel gebruikers als verwerkers krijgt men vaak de indruk dan onvoldoende wordt beseft dat TPE's weliswaar ge vulcaniseerde rubbers tot op zekere hoogte kunnen vervangen, maar dat de beste prestaties alleen kunnen worden bereikt als rekening wordt gehouden met de typische eigenschappen van deze materialen.

De situatie is wat dit betreft misschien het best te vergelijken met de beginjaren van het kunststof-tijdperk - ook vele kunststoffen hadden aanvankelijk een slechte naam omdat produkten vroegtijdig faalden. Pas later ging men beseffen dat met deze nieuwe materialen op een andere manier moest worden geconstrueerd en dat was het sein voor de grote doorbraak.

Er zijn overigens wel voorbeelden te noemen waar constructeurs inderdaad al gebruik hebben gemaakt van de typische materiaaleigenschappen van TPE's. Zo zijn er zoals reeds genoemd balgen, membranen en slangen van TPE's op de markt, die niet de bij ge vulcaniseerde rubbers gebruikelijke weefselinlagen hebben en die toch voldoende stijf en sterk zijn.

Daar waar TPE's worden gebruikt ter vervanging van ge vulcaniseerde rubbers in

hoogwaardige technische produkten treedt vaak een ander probleem op. Voor dergelijke produkten bestaan veelal reeds jarenlang specificaties. Helaas zijn de meeste hiervan in feite meer materiaal- dan functie-gericht. Voor zover functie-gerichte proeven inderdaad een voor het betreffende produkt actuele situatie simuleren is er geen enkele reden om bij een overgang van ge vulcaniseerde rubber naar TPE hierin verandering te brengen. Bij materiaal-gerichte proeven ligt de situatie duidelijk anders. Dit kan het best aan de hand van een voorbeeld worden geïllustreerd.

Een proef die tot doel heeft de weerstand tegen blijvende vervorming na deformatie van een ge vulcaniseerde rubber te beoordelen, wordt vaak uitgevoerd bij een temperatuur die aanzienlijk boven de maximumtemperatuur ligt die het produkt in de praktijk zal bereiken. Men beoogt hiermee een goede indruk te krijgen van de vulcanisatiegraad van de rubber. Tegelijkertijd reflecteert een dergelijke proef tot op zekere hoogte de geschiktheid van de rubber om in de praktijk na langdurige vervorming weer in de oude vorm terug te keren.

Het mechanisme van blijvende vormverandering in rubbers is bekend. Het kan worden verklaard uit de twee-netwerken theorie van Tobolsky. Het oorspronkelijke netwerk dat tijdens het vulcaniseren is gevormd breekt in de loop van de tijd af met een snelheid die sterk afhangt van de temperatuur en het medium waaraan de rubber wordt blootgesteld. Tegelijkertijd vormt zich echter in de op dat moment gedeformeerde rubber door allerlei oorzaken een nieuw netwerk. Als de rubber op een bepaald moment van vorm moet veranderen - bij de bewuste proef bijvoorbeeld omdat de klem wordt geopend waarin de proefstukken waren ingedrukt - hangt de mate van terugkeer in de oude vorm af van de verhouding tussen de sterkte van het oorspronkelijke netwerk en die van het nieuwe, in de gedeformeerde toestand gevormde netwerk.

De blijvende vormverandering die een TPE onder dezelfde omstandigheden vertoont kan natuurlijk niet worden verklaard uit dezelfde twee-netwerken theorie. Bij TPE's wordt de blijvende

vormverandering zeer waarschijnlijk veroorzaakt door vloeï (kruip) van het materiaal.

Men kan daarom nauwelijks verwachten dat de resultaten van een proef, uitgevoerd onder dezelfde condities aan ge vulcaniseerde rubber en aan TPE, eenzelfde betekenis hebben voor het in de praktijk van een produkt te verwachten gedrag.

Desondanks is er in de gebruikerswereld een sterke neiging om bij overgang van ge vulcaniseerde rubber naar TPE de oorspronkelijke specificaties onveranderd te hanteren. Voor een belangrijk deel komt dit omdat er nog onvoldoende bekend is over de mechanismen die een rol spelen bij het langeduurgedrag van TPE's. Men weet niet goed hoe een en ander zou moeten worden aangepast. Voor TNO was dit reden om samen met een aantal producenten van TPE's een onderzoek hiernaar in te gaan stellen. Dit onderzoek zal waarschijnlijk binnenkort van start gaan.

## Samenvatting

Aan de boom van traditionele ge vulcaniseerde rubbers zijn de laatste jaren nauwelijks nog nieuwe takken gegroeid. Wel hebben een aantal reeds bestaande takken veelbelovende nieuwe scheuten gekregen en het lijkt redelijk te verwachten dat er nog verschillende andere zullen volgen.

Tussen deze boom en die van de traditionele kunststoffen is inmiddels een nieuwe boom gegroeid, die van de thermoplastische elastomeren. De takken daarvan grijpen in die van de beide burens. Deze laatste boom groeit op het moment snel en de kas is groot dat hij op den duur bedreigend wordt voor de burens. De vruchten ervan zijn op dit moment soms nog niet zoet genoeg maar dat zal waarschijnlijk snel veranderen.

*Dit artikel is de weergave van de voordracht gehouden in het middagprogramma van de algemene ledenvergadering van de NVFT op 31 mei 1990*