

Derde deel van een vierdelige serie over engineering kunststoffen

# PBT, PC EN POM

Engineering kunststoffen: de aanduiding voor thermoplastische kunststoffen die qua eigenschappen uitstijgen boven de commodities zoals polystyreen, PVC, polypropreen en polyethyleen. Engineering kunststoffen zijn duurder, worden in minder grote hoeveelheden geproduceerd en meestal toegepast voor wat kleinere objecten, zoals mechanische delen. Vooral door hun gunstige gewicht/sterkte verhouding en de aanpasbare eigenschappen wordt deze groep materialen steeds vaker ingezet ter vervanging van andere materialen en dan met name metaal. De wereldwijde markt voor deze materialen groeit fors: van 45,2 miljard dollar in 2011 tot naar verwachting bijna 77 miljard dollar in 2017. In deze serie – die tot stand kwam in nauwe samenwerking met grondstoffenspecialist Korrels BV – bespreken we ze allemaal, te beginnen met de meest gebruikelijke typen. In dit derde deel van deze vierdelige serie kijken we naar de materialen PBT, PC en POM.

Door Antoine Sonnega en Tim Harmsma

Polybutyleentereftalaat (PBT) is een semi-kristallijne kunststof die behoort tot de familie van polyester thermoplasten. Het is een hoogmoleculair materiaal met zeer goede mechanische eigenschappen, dat zich eenvoudig laat verwerken. Omdat het materiaal snel kristalliseert laat het zich makkelijk verwerken in het spuitgietproces. Door de korte cyclustijden en het verwerken op lagere temperaturen dan vele andere technische kunststoffen is het dan ook een veel ingezet materiaal. Dit thermoplastische polyester is erg vormvast nadat het gespoten is. Het heeft een zeer goede weerstand tegen chemicaliën en is bestand tegen hogere temperaturen. Door deze eigenschappen worden andere thermoplastische materialen zoals polypropreen,

Nylon en acetal nogal eens vervangen door PBT. Niet alleen vormt het een 'concurrent' voor deze thermoplasten, maar ook voor amorfe engineering plastics zoals polysulfon en polycarbonaat.

## KENMERKEN

PBT is uitstekend bestand tegen een groot aantal chemicaliën op kamertemperatuur. Vergeleken met niet versterkte compounds, vertoont glasversterkt PBT een twee tot drievoudige toename van de trek-, buig- en druksterkte. De versterkte materialen vertonen een goede weerstand tegen oxidatie in warme lucht, dit in tegenstelling tot Nylon 6 of Nylon 66.

PBT wordt gekenmerkt door hoge stijfheid en sterkte en de prima dimensionele stabiliteit (geringe vervorming). Producten vertonen weinig tot geen krimp en combineren een zeer goede wrijvingsweerstand en slijtvastheid met goede slagvastheid. Ook de goede chemische/zuurbestendigheid en de zeer goede elektrische eigenschappen zijn kenmerkend voor PBT, dat ook zeer geringe

vocht opname kent. Belangrijke andere voordelen zijn de goede hechting en de mogelijkheid tot lassen.

## TOEPASSINGEN

Toepassingen met engineering polyesters zoals PBT vinden we terug in de transportsector, de automobielindustrie, in elektronische componenten en in huishoudelijke artikelen, zoals een strijkijzer of een douchekep. Ook in high end toetsenborden wordt PBT veel ingezet. Technische toepassingen vereisen een goede balans tussen kosten en materiaaleigenschappen zoals hittebestendigheid, maar ook elektrische en andere fysische eigenschappen bepalen welk type polymeer geselecteerd wordt. Engineering polymeren worden gebruikt in een groot scala aan producten in de productie van auto's. Dit zijn zowel producten voor onder de motor (tot in die bougies aan toe) maar ook aan de buitenkant van de auto, zoals de spiegelbehuizing en de ruiterswissershouders. Een grote toename in het gebruik van PBT zien we terug in de ontwikkeling van elektronica in de auto zelf.

Een andere grote markt is de elektronica-industrie, waar men dankbaar gebruik maakt van eigenschappen als hoge warmtevervormingstemperatuur (HDT) en elektrische isolatie. PBT wordt daar ingezet voor het maken van connectoren, schakelaars en de behuizing van huishoudelijke apparaten. Ook laat PBT zich extruderen tot garen: de eigenschappen zijn vergelijkbaar met Lycra® dat we veelal terugvinden in sportkleding. Vooral vanwege de resistentie tegen chloor wordt het vaak in zwembekleding gebruikt.

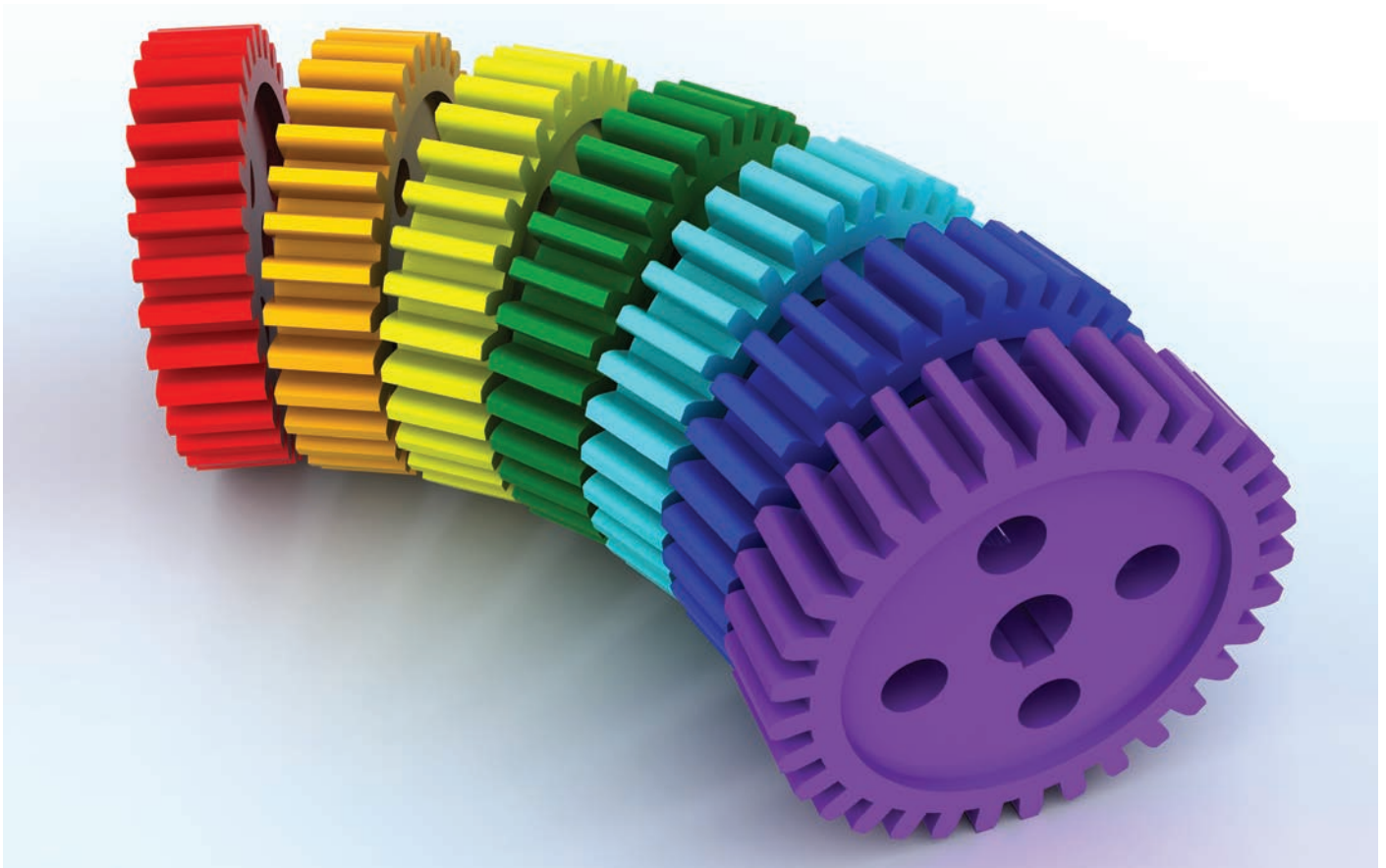
## POLYCARBONAAT (PC)

Polycarbonaat verdient zijn naam aan de repeterende carbonaatstructuren. PC is een materiaal wat veel gebruikt wordt in engineering-toepassingen. Het onderscheidt zich voornamelijk van andere materialen door zijn hoge temperatuurrezistentie: PC kan een temperatuur verdragen van circa 135 °C. Door het vervangen van difenylolpropaan door tetramethyldifenylolpropaan heeft men de temperatuurrezistentie zelfs nog verder kunnen verbeteren. Het is een taai en slagvast ma-

SERIE

ENGINEERING  
KUNSTSTOFFEN

DEEL 3



Hoogwaardige precisieproducten worden vaak uit POM vervaardigd, onder andere vanwege de hoge slijtvastheid en een lage wrijvingscoëfficiënt.

teriaal met vooral glasheldere transparante types. Doordat het materiaal amper kristalliseert is het materiaal erg transparant. Dat was in eerste instantie niet zo, want de eerste types PC hadden een amberachtige tint. In 1967 heeft men dit aangepast naar een transparante tint en werd het materiaal zelfs aanbevolen voor vensterglas.

Door zijn veelzijdigheid en makkelijke verwerking bij het spuitgieten en extrusie – maar ook bij het thermoformen van plaatmateriaal – wordt polycarbonaat in een groot aantal branches toegepast.

Net als ABS is polycarbonaat door het veelvuldig toepassen niet echt meer een engineering plastic te noemen – maar het is ook zeker geen standaard commodity. De hoge mate van slagvastheid en temperatuurbestendigheid in combinatie met het transparante uiterlijk

onderscheidt PC van vele andere kunststoffen.

Een deel van de PC materialen wordt geproduceerd door een reactie met bisphenol A. Dit is voor toepassingen zoals verpakkingen voor voedselcontact niet aan te raden, vandaar dat er ook manieren zijn om PC te produceren zonder bisphenol A.

#### KENMERKEN

Polycarbonaat is een materiaal met een lange levensduur. Desondanks kent het naast de hoge slagvastheid een slechte krasresistentie. Vaak wordt er bij toepassingen zoals voor de automotive-industrie (lampen) of veiligheidsbrillen een siliconencoating aangebracht om krassen te voorkomen.

Polycarbonaat heeft een glasovergangstemperatuur van ca. 147 °C. Dit houdt in dat bij deze

temperatuur het materiaal begint te deformeren en bij circa 155 °C vloeibaar wordt. Het beste resultaat qua oppervlakte verkrijgt men door matrijzen boven de 70 °C te houden, waardoor een spanningsloos product wordt verkregen.

Een groot voordeel van PC is de oneindige mogelijkheid om het te buigen bij kamertemperatuur. Plaatmateriaal van polycarbonaat kan op kamertemperatuur in de meest scherpe hoeken gebogen worden, zonder dat men last heeft van scheuren of breken. Vergelijk dat maar eens met bijvoorbeeld een ander veel toegepast plaatmateriaal zoals PMMA, dat qua uiterlijk praktisch hetzelfde is. PMMA is echter bros en het breekt dan ook wanneer het bij kamertemperatuur gebogen wordt. Bij het maken van prototypes gebruikt men daarom ook liever PC.

Polycarbonaat wordt zoals gezegd vaak gecoat tegen krassen maar PC is ook gevoelig voor ultravioletstraling – het kan dus vergelen. Wanneer het in aanraking komt met plastisol of zout water vergroot dat de kans op scheurtjes in het oppervlakte. Ook dan wordt het materiaal gecoat om dit te voorkomen. Men noemt het ook vaak een hufter proof materiaal en het wordt daarom ook vaak gebruikt in verpakkingen die lastig open te maken (blisters) zijn om diefstal van de inhoud te voorkomen.

Laag moleculaire PC materialen zijn makkelijker te verwerken dan hoog moleculaire PC materialen, maar dit gaat vaak ten koste van de slagvastheid. De meest slagvaste PC materialen zijn de hoog moleculaire materialen, maar deze zijn dus wel lastiger te verwerken.

De chemische resistentie tegen alcohol is goed, evenals tegen verdund zuur. PC is redelijk tot goed bestendig tegen olie en vet, maar is slecht bestand tegen halogenen en geconcentreerd zuur.

## TOEPASSINGEN

Zowel de lichttransmissie als de slagvastheid van PC vertonen een hoge duurzaamheid, zodat het toepassingsgebied erg breed is. In de automobielenindustrie wordt PC veelvuldig gebruikt om glas en PMMA te vervangen in autolampen, remlichtunits en reflectoren. Polycarbonaat wordt veel gebruikt in elektrische componenten, want het materiaal is hittebestendig en vlamvertragend. Voor de voedselindustrie zijn FDA-grades ontwikkeld, die gebruikt worden in verpakkingen die rechtstreeks in contact komen met voedsel. In de kassenbouw heeft men veel glas vervangen door PC-platen, ook al omdat die minder dan de helft wegen. Een ander bekend PC-product is de DVD-schijf.

Populaire markten en toepassingen voor polycarbonaat zijn:

- mobiele telefoons;
- medische applicaties;
- veiligheidsglazen (kogelvrij glas);
- veiligheidsbrillen;
- de automobielenindustrie;
- de luchtvaartindustrie;
- bouwnijverheid (geluidswanden, ramen en kassenbouw);
- electronica.

## POLYOXYMETHYLEEN (POM)

Polyoxymethyleen (POM), ook bekend als acetaal, polyacetaal en polyformaldehyde, is een thermoplastisch materiaal dat vaak gebruikt wordt om precisieonderdelen welke een hoge stijfheid, lage wrijving en een

Verwerking van PBT	
Mold temp.	40 - 80 °C
Smelt temp.	240 - 260 °C
Max. temp.	290 °C
Droog temp.	115 - 130 °C
Droogtijd	3 - 4 uur
Inspuitsnelheid	Gemiddeld tot hoog
Structuur	Kristallijn
Krimp	1.5 - 2.0%
Smeltpunt	225 °C

Eigenschappen van PBT	
Dichtheid	1,24 - 1,48 g/cm <sup>3</sup>
Vochtopname	0,1 - 0,5%
E-modulus	1830 - 2820 Mpa
Treksterkte [ Mpa ]	39 - 61 Mpa
Kerfslagsterkte	5.0 - 16,0 kJ/m <sup>2</sup>

Verwerking van PC	
Mold temp.	80- 120 °C
Smelt temp.	280 - 320 °C
Max. temp.	320 °C
Droog temp.	100 - 120 °C
Droogtijd	3 - 4 uur
Inspuitsnelheid	Hoog
Structuur	Amorf
Krimp	0,2 - 0,8%
Smeltpunt	220 °C

Eigenschappen van PC	
Dichtheid	1,18 - 1,24 g/cm <sup>3</sup>
Vochtopname	0,1 - 0,2%
E-modulus	1900 - 2600 Mpa
Treksterkte [ Mpa ]	50 - 77 Mpa
Kerfslagsterkte	7,0 - 80,0 kJ/m <sup>2</sup>

Verwerking van POM	
Mold temp.	50 - 110 °C
Smelt temp.	190 - 210 °C
Max. temp.	240 °C
Droog temp.	80 - 90 °C
Droogtijd	3 - 4 uur
Inspuitsnelheid	Gemiddeld tot hoog
Structuur	Kristallijn
Krimp	2.0 - 3,5%
Smeltpunt	175 °C

Eigenschappen van POM	
Dichtheid	1,41 - 1,42 g/cm <sup>3</sup>
Vochtopname	0,2 - 0,3%
E-modulus	2650 - 3400 Mpa
Treksterkte [ Mpa ]	44 - 72 Mpa
Kerfslagsterkte	9,0 - 28,0 kJ/m <sup>2</sup>

uitstekende dimensionele stabiliteit moeten hebben, te kunnen produceren. Net als bij veel andere synthetische polymeren, wordt POM geproduceerd door verschillende chemiebedrijven met van elkaar onderscheidende recepturen. Ze worden verkocht onder namen als Delrin, Celcon, Duracon, Kepital en Hostaform.

## KENMERKEN

POM wordt gekenmerkt door zijn hoge sterkte, hardheid en stijfheid: ook bij lage temperaturen (tot -40 °C). Door de geringe vochtname is het ook nog eens zeer maatvast. POM heeft van zichzelf een ondoorzichtige witte kleur (vanwege de hoge kristallijne samenstelling) maar het is in alle kleuren te verkrijgen en in te kleuren. We onderscheiden POM in een POM homopolymeer en een copolymeer (POM-H en POM C). POM-H heeft een hogere mechanische sterkte, stijfheid, hardheid en maatvastheid dan POM-C, maar het copolymeer is beter bestand tegen hydrolyse en thermische oxidatie. POM homopolymeer is een semi-kristallijn polymeer (75-85% kristallijn) met een smeltpunt van 175 °C. De POM copolymeer heeft een iets lagere smeltpunt van 162-173 °C.

## HOMOPOLYMER

Om polyoxymethyleen homopolymeer te verkrijgen, moet waterdamp vrijgevoerd worden. De belangrijkste methode verloopt via de reactie van het waterige formaldehyde met een alcohol om zo hemiformal te maken, gevolgd door dehydratatie van het hemiformal/watermengsel en afgifte van formaldehyde door verhitting van het hemiformal. De formaldehyde wordt vervolgens gepolymeriseerd door anionische katalyse; het verkregen polymeer wordt gestabiliseerd

door een reactie met azijnzuur-anhydride.

### COPOLYMEER

Om polyoxymethyleen copolymeer te verkrijgen wordt formaldehyde, over het algemeen trioxaan, toegevoegd. Dit gebeurt door zure katalyse, gevolgd door zuivering van het trioxaan via destillatie en/of extractie met water en andere actieve waterstof.

Het comonomer is typisch een dioxolaan maar ethyleenoxide kan ook worden gebruikt. Dioxolaan wordt gevormd door de reactie van ethyleenglycol met waterig formaldehyde boven een zure (alkalische) katalysator. Na polymerisatie dient de zure (alkalische) katalysator gedeactiveerd en het polymeer gestabiliseerd te worden door uit te smelten of oplossing hydrolyse instabiele eindgroepen te verwijderen. Hierna is het mogelijk om thermische en oxidatieve stabilisatoren en eventueel wasen en diverse vulmiddelen toe te voegen.

POM wordt gekenmerkt door hoge slijtvastheid, een lage wrijvingscoëfficiënt, hoge hittebestendigheid en kent goede elektrische en diëlektrische eigenschappen. De wateropname is laag.

### TOEPASSINGEN

Typische toepassingen voor spuitgietproducten uit POM omvatten hoogwaardige technische onderdelen zoals kleine tandwielen, kogellagers, skibindingen, bevestigingsmiddelen en sluitsystemen. Het materiaal wordt veel gebruikt in de auto- en consumentenelektronica. Andere toepassingen zijn deurkrukken en -knoppen, onderdelen voor machines en apparaten en automobielaccessoires.



Remlichtunits en reflectoren: zomaar wat voorbeelden uit het brede toepassingsgebied van polycarbonaat.

### BLENDS

Een oneindige lange reeks van verbeteringen is denkbaar via het mengen (blenden) van verschillende kunststoffen. Een van de eerste blends was een mix van PVC en nitrilrubber, (NBR); daarna volgde GE Plastics met een mix van PPE en polystyreen (Noryl). Door het blenden van polymeren kan een groot aantal eigenschappen worden verbeterd zoals slagvastheid, warmtebestendigheid, kleurvastheid, oppervlaktekwaliteit maar ook verbeterde hechting voor een 2K-toepassing. De eerste blends van technische kunststoffen zijn ontstaan om de impact en taaiheid te verbeteren door het blenden van verschillende rubbermaterialen in styreen acrylonitril copolymeer (SAN) en PS. Door de groeiende behoefte aan hittebestendige thermoplastische technische kunststoffen is de tweede generatie blends ontstaan. De verbetering van hittebestendigheid in semi-kristallijne kunststoffen heeft grote negatieve invloed op de impactsterkte van het materiaal, maar dit probleem is op te lossen door het te vullen met glasvezel of andere vulstoffen.

### PC/PBT

Een veelvuldig ingezette blend is PC/PBT. Deze blend is ontstaan vanuit de vraag naar een ma-

teriaal met een hogere impactsterkte, beter bestendig tegen lage temperaturen en minder scheurgevoelig. De chemische bestendigheid van PC kan aanzienlijk worden verbeterd door het blenden met PBT. Op basis van gedeeltelijke menging van de verschillende kunststoffen kunnen de eigenschappen worden verbeterd en ontstaan er nieuwe toepassingen.

Een andere veel voorkomende basis voor blends is ABS. Een aantal voorbeelden van ABS blends:

Blend	Eigenschappen
ABS / PC	Verbetering in taaiheid en hittebestendigheid
ABS / PVC	Verbetering brandvertraging
ABS / SMA	Verbetering van hittebestendigheid
ABS / MeSAN	Verbetering van hittebestendigheid, betere vloeit

Hieronder een greep uit de verschillende blends:

- ABS/PA, ABS/PMMA
- ASA/PVC
- PA/Elastomeer
- PBT/ABS, PBT/PET
- PC/ABS, PC/ASA, PC/PET, PC/PBT
- PEI/PA, PEI/PC

- POM/Elastomeer, POM/EPDM
- PP/EPDM
- PPE/PA, PPE/PS, PPE/-PBT, PPE/PET, PPE/HIPS
- PS/PMMA
- SAN/PSO
- TPU/ABS

### PC/ABS

Een eveneens populaire blend is PC/ABS. De eigenschappen van deze en andere blends hangt sterk samen met de verhouding van de gebruikte materialen. In het geval van PC/ABS heeft het voornamelijk effect op de hittebestendigheid en slagvastheid bij lage temperaturen. De blend van deze beide zorgt voor een betere slagvastheid – ook bij lagere temperaturen – dan die van ABS of PC. Andere eigenschappen die verbeteren zijn de hittebestendigheid, de stijfheid, de mate van krimp en de dimensionale vastheid. Ook de verwerking verbetert.

Typische toepassingen voor PC/ABS zijn televisiebehuizingen en LCD-panelen, toetsenborden en instrumentenpanelen, maar ook

in het binnenwerk van mobiele telefoons vinden we PC/ABS terug.

### IN HET VOLGENDE DEEL

In het volgende en tevens afsluitende deel van deze serie kijken we naar PP compounds voor technische toepassingen. ■

4KTEC® is een onderdeel van Korrels BV. 4KTEC® ontwikkelt en levert technische polymeren en compounds waaronder PBT, PC, POM en blends voor klantspecifieke toepassingen, bijvoorbeeld voor een betere hechting bij 2K-spuitsgieten of co-extrusie met 4KFLEX® elastomeren.