

Maak het met Kunststof

Intreerede

19 november 1999

Prof.dr.ir. J.C.M. de Bruijn

 **TU**Delft

Technische Universiteit Delft

Faculteit Ontwerp, Constructie en Productie
Subfaculteit van het Industrieel Ontwerpen
Afdeling Design Engineering

739140
208/242

Red 1999

Maak het met Kunststof

Intreerede

Uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van deeltijd-
hoogleraar

**"Industrial Design Engineering,
in particular Designing and Manufacturing of Plastic
Products"**

aan de Faculteit Ontwerp, Constructie en Productie,
subfaculteit Industrieel Ontwerpen
van de Technische Universiteit Delft

op vrijdag 19 november 1999
door

Prof.dr.ir. J.C.M. de Bruijn



Bruijn_
red_
1999

Copyright © 2000 by J.C.M. de Bruijn

All rights reserved.

No part of the material protected by this copyright notice may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without permission from the author: J.C.M. de Bruijn.

Printed in The Netherlands

ISBN: 90-805548-1-2

Voor Conny,

Debbie, Kimberley & Emma

Mijnheer de Rector Magnificus, leden van het College van Bestuur, Collegae hoogleraren en andere leden van de universitaire gemeenschap.

Geachte dames en heren studenten, beste familieleden, vrienden, zeer gewaardeerde toehoorders.

Dames en Heren,

INLEIDING

Bij het aanvaarden van het ambt van deeltijd hoogleraar Industrial Design Engineering, in particular Designing and Manufacturing of Plastic Products, past het een verantwoording voor de leerstoel te geven evenals een visie op de toekomstige invulling van deze leerstoel.

VERANTWOORDING

Reeds in 1984 werd door de faculteit Industrieel Ontwerpen met de aanstelling van Prof.ir. A. Anemaat, het belang onderkend van de specifieke aandacht in het curriculum voor "designing and manufacturing of plastic products". De opdracht die hij meekreeg was het verzorgen van colleges betreffende construeren in kunststoffen, de verwerking van kunststoffen tot producten en het ontwerpen van matrijzen hiervoor [Ane 86].

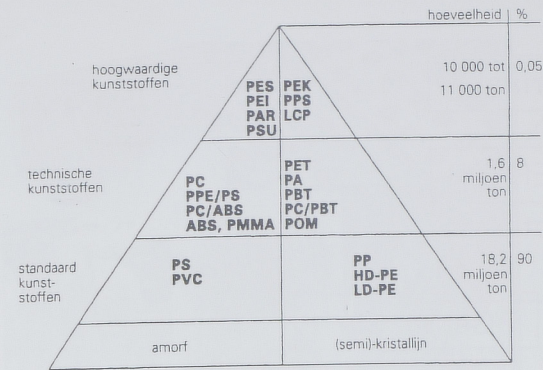
De typische en voor Nederland unieke aandacht voor het construeren in kunststoffen in de ruimste zin van het woord,

dus inclusief verwerking en matrijsontwerp, is logisch. Dit gezien de specifieke aandacht in de opleiding van Industrieel Ontwerpen voor het in serie en massa vervaardigen van producten.

1. Serie- en massafabricage is in één adem te noemen met het minimaliseren van systeemkosten. Kunststoffen zijn hier in het voordeel ten opzichte van andere materialen door de mogelijkheden van functie-integratie bij minimaal grondstofverlies tegen relatief lage verwerkings- en gereedschapskosten.

De transportsector - en in het bijzonder de automobiellindustrie - is mede om die redenen, evenals de mogelijkheid tot verkrijgen van een gewichtsreductie, al jarenlang een grote voortrekker in het gebruik van kunststoffen. In auto's in Europa zijn naar schatting gemiddeld een duizendtal kunststof onderdelen gemonteerd met een gezamenlijk gewicht van 100 kg. Deze 100 kg spaart naar schatting 200 tot 300 kg aan alternatieve materialen uit [EPN 12.98]. Daarmee wordt in Europa circa 10% van de totale brandstofconsumptie ten behoeve van personenwagens uitgespaard, en daarmee CO₂ uitstoot. Het is interessant te constateren dat de uitgespaarde hoeveelheid brandstof zo'n zesmaal groter is dan de hoeveelheid olie nodig om de kunststoffen te produceren.

2. Kunststoffen onderscheiden zich van andere materialen, in de zeer ruime variatie van materiaaleigenschappen. De kunststof piramide, zie figuur 1, is een bekende en illustratieve methode om, althans de onversterkte thermoplastische, kunststoffen onder te verdelen als functie van hun opbouw, afnamevolume, prijs en performance. Van enkele materialen worden verderop enige voorbeelden getoond.

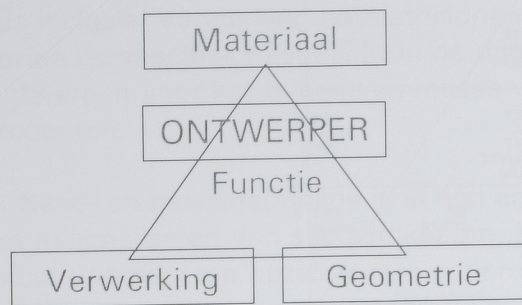


Figuur 1 Kunststof piramide

Naast hun gevarieerde verschijningsvorm, onderscheiden kunststoffen zich van andere materialen in hun specifieke afhankelijkheid tussen materiaal, geometrie en verwerkingscondities voor het bereiken van de gewenste functie- vervulling tegen de juiste kwaliteit, bij een aanvaardbare milieubelasting. Deze afhankelijkheid wordt uitgedrukt met de ontwerpdriehoek, zie figuur 2. Zonder voldoende kennis van de afzonderlijke facetten en hun samenhang is een ontwerper niet in staat een optimaal product te ontwerpen.

a. Materiaal

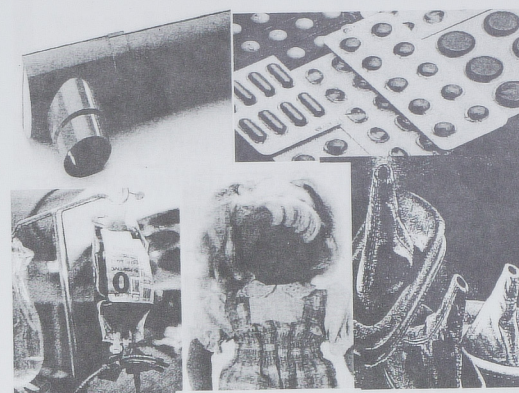
Er zijn een veertigtal kunststoftypes die onderling, maar ook ieder afzonderlijk, een zeer breed spectrum van eigenschappen laten zien, o.a. door het soort en percentage toevoegingen, de gekozen verwerkingstechniek en de opgelegde belastingcondities.



Figuur 2 De ontwerpdriehoek

Als voorbeeld voor de gevarieerde verschijningsvorm kunnen producten gemaakt van een materiaal uit de onderste laag van de piramide, Polyvinylchloride (PVC), genoemd worden, zie figuur 3. PVC is door een goede prijs-/kwaliteit-verhouding en lange levensduur onder buitenomstandigheden bekend als materiaal van bijvoorbeeld dakgoten. Daarnaast kan het echter ook gebruikt worden als materiaal voor creditcards mede doordat het chemisch inert is. Vanwege de mogelijkheid een doorzichtig product te maken, met de juiste permeabiliteiteigenschappen wordt PVC ook toegepast voor blisterverpakkingen en frisdrankflessen.

Daarnaast wordt het ook ingezet in de vorm van sterilisatieverpakkingen voor bijvoorbeeld bloed, kabelommantelingen, dakbedekking, kunstleren hoezen voor bijvoorbeeld versnellingspoken en speelgoedpoppen.



Figuur 3 Verschillende producten uit PCV, respectievelijk; dakgoot, blisterverpakking, bloedzak, speelgoedpop en 'kunstleer' versnellingspook-hoes.

Een dergelijke lijst kan eigenlijk voor elke kunststofsoort opgesteld worden, zoals voor polypropreen, PP, een materiaal dat bekend is van de boterhamzakjes, maar ook wordt toegepast in shampooflesdopjes met geïntegreerd scharnier en in zowel het structurele als esthetische deel (de zogenaamde fascia) van autobumpers.

b. Verwerkingscondities

Een ontwerper heeft de keuze uit verschillende kunststof verwerkingstechnologieën, maar dient zich daarbij te beseffen dat de keuze bepaald wordt door het te kiezen materiaal en de gewenste geometrie. De uiteindelijke proceskeuze bepaalt onder andere de kosten, maatnauwkeurigheid en ontwerp vrijheid.

Tabel 1 laat zien dat er uiteenlopende verschillen tussen verwerkingsprocessen zijn aan te geven. De keuze voor een verwerkingsproces is daadwerkelijk afhankelijk van met

name de seriegrootte en de eisen ten aanzien van bijvoorbeeld levertijd, vormvrijheid, oppervlaktekwaliteit, kosten, etc. Bij aanvang van een project bepalen vaak de relatief hoge initiële kosten gemoeid met investeringen in een productspecifieke matrijs, in sterke mate de keuze voor een verwerkingstechnologie. Daarentegen blijken de kosten van een matrijs bij grotere series vaak voor niet meer dan tien procent aan de kostprijs bij te dragen.

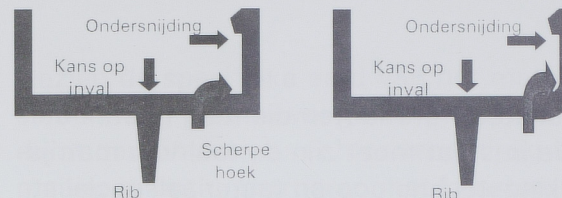
Tabel 1 Vergelijking enkele kenmerken spuitgiet- en hand lay-up-proces (+: positief; -: negatief)

	Spuitgieten	Hand lay-up
Vormvrijheid	+ +	+ /-
Levertijd	--	+ +
Matrijskosten	--	+ +
Materiaalvrijheid	+	-
Cyclustijd	+ +	--
Investeringen	--	+ +

c. Geometrie

De geometrie wordt als het domein van de ontwerper beschouwd. De esthetische en functionele wensen worden echter in de praktijk veelal door de matrijs Technische mogelijkheden, het materiaal en de verwerkingscondities beïnvloed.

Ondersnijdingen in een product, zie figuur 4, leiden bijvoorbeeld tot het ontstaan van naden in de nabijheid van de ondersnijding door de aanwezigheid van een beweegbare schuif in de matrijs.



Figuur 4 Imaginair product ter illustratie van het belang van tijdige onderkenning van 'vormgevings'problemen

Zo belemmert bijvoorbeeld inval ten gevolge van wanddikte-overgangen ten behoeve van een klikvinger een esthetisch optimaal oppervlak. Verder kunnen scherpe overgangen esthetisch gewenst worden, maar praktisch onaanvaardbaar zijn vanwege de kans op scheurvorming door spanningsconcentraties, nog afgezien van de mogelijkheid op lokale inval en slechte matrijsvulling.

Ontwerpregels

Kennis van materialen, verwerkingsprocessen en matrijsen vormt een onderbouwing voor een aantal vuistregels bij het construeren in kunststoffen, waarvan de belangrijkste hieronder gegeven worden:

1. Zorg voor gelijke (en dunne) wanddikte
 - Vermijd scherpe hoeken en kanten (afroeden)
 - Gebruik ribben en gebogen vlakken in plaats van dikkere wanden voor benodigde stijfheid
2. Vermijd ondersnijdingen en anti-lossingen (zorg voor lossingschuimte)
3. Zorg voor een eenvoudige matrijsdeling
4. Voorkom zwakke delen in de matrijs
5. Benut technologische mogelijkheden, door mee-verwerken van andere materialen en functie-integratie

Ontwerper

Een ontwerper van kunststof producten dient bij uitstek de projectleider te zijn die in staat moet zijn de taal van matrijs-constructeur, verwerkingstechnoloog en materiaalspecialist te spreken en te begrijpen. Een goede opleiding dient ervoor te zorgen dat een ontwerper in een vroegtijdig stadium een ontwerpprobleem kan onderkennen, hetgeen hoge kosten kan uitsparen. Het volgende dient daartoe als voorbeeld.

Stel dat in een ontwerp een scherpe overgang is voorzien, zie figuur 4. Het onderkennen van de gevaren hiervan in het ontwerpstadium betekent dat met het eenvoudig aanpassen van de tekening, namelijk door het aanbrengen van een afronding, problemen in een later stadium voorkomen worden en kan betekenen dat de matrijs mogelijk zelfs goedkoper uitgevoerd kan worden.

Indien pas na het proefspuiten het probleem onderkent wordt, betekent dit stagnatie in de planning, aanpassen van de matrijs door oplassen van materiaal en het ontstaan van een bedenkelijke reputatie.

Indien de producten na productie naar de klant verzonden worden en er vervolgens klachten over scheurvorming uit het veld terugkomen, betekent dit dat de kosten enorm op kunnen lopen door productievertraging, schade claims en verlies van goodwill.

Conclusie

Concluderend kan gesteld worden dat kunststoffen een steeds belangrijker rol krijgen in toekomstige producten, mede vanwege hun integratiemogelijkheden en vrijwel ongekende toepassingsmogelijkheden, en dus van groot belang zijn voor de toekomstige generatie ontwerpers.

Gezien de specifieke aard van het materiaal en de sterke samenhang met de verwerkingstechnologie en geometrie, dient een ontwerper echter vroegtijdig en op de juiste manier in het construeren met kunststoffen geschoold te worden.

VISIE

In mijn visie is *"de Universiteit bij uitstek de plaats waar studenten op het hoogste niveau opgeleid dienen te worden voor functies die aansluiten op de behoefte van het bedrijfsleven."*

Ik wil daarbij opmerken dat de behoefte veelal niet door het bedrijfsleven gedefinieerd kan worden en dus zelf, al of niet gedeeltelijk, door de universiteit dient te worden gedefinieerd. Een goede voeling met de praktijk is daarbij onontbeerlijk. De zinsnede "op het hoogste niveau", duidt met name op de nieuwste inzichten die bijgebracht moeten worden, en die met name vanuit onderzoek en de praktijk naar voren gebracht dienen te worden.

Hoe en op welke momenten is behoefte aan kennis van het vakgebied Construeren in Kunststoffen?

Conceptfase

Welnu, zodra men in het ontwerpproces is aanbeland bij het schetsen van de eerste ideeën, is een up-to-date kennis van de onvoorstelbare mogelijkheden van kunststoffen van belang voor het ongebreideld genereren van mogelijke oplossingen voor het ontwerpprobleem. Kijken naar andere producten is in deze fase essentieel.

Ik wil u enkele voorbeelden tonen van recente innovatieve kunststoftoepassingen, waarin te zien is dat materiaaltechnologische ontwikkelingen en innovatieve ontwerptoeepassingen hand-in-hand gaan en aldus als lichtend voorbeeld voor de "makers van de toekomst" dienen.

Kunststof autoruiten

Door een samenwerkingsverband tussen Bayer en GE Plastics (Exatec) is in maart 1998 de ontwikkeling van kunststof (lees polycarbonaat) autoruiten opgepakt als alternatief voor glas [K 99]. De eerste proeven met zij- en achterruiten, zijn uitgevoerd op een Amerikaanse Ford 2000 (vergelijkbaar met de Europese Ford Mondeo), zie figuur 5.

De voordelen van de 3 tot 5 mm dikke polycarbonaat ruiten ten opzichte van glas, zijn kenmerkend voor de keuze van kunststoffen boven een alternatief:

1. Gewichtsbesparing
2. Vormvrijheid, waardoor 3 dimensionale vormen gerealiseerd kunnen worden die met glas onmogelijk zijn
3. Kostenverlaging door de mogelijkheid van integratie van functies zoals afdichting, montage-hulpmiddelen, ontluchtingsystemen, eventueel door middel van twee componenten spuitgieten
4. Hogere weerstand tegen inbraak
5. Veiliger, doordat polycarbonaat niet breekt en splintert



Figuur 5 Kunststof (Polycarbonaat) autoruiten, een typische, recente, vervanging van traditionele materialen door kunststof

Gezien het enorme marktpotentieel achter deze toepassing (400 miljoen m²/jaar wereldwijd), laat de materiaalleverancier zien dat men bereid is een speciale drielaags-coating te ontwikkelen om voldoende UV bestendigheid en krasvastheid te verkrijgen.

Met name voor sectoren met massa geproduceerde producten, met de automobiel- en elektronicasector voorop, geldt dat indien nieuwe producten een zodanige waarde vertegenwoordigen, nieuwe materiaal-, verwerkings- en matrijsontwikkelingen daarmee gerechtvaardigd worden. Het is dus zaak niet vast te houden aan de gebaande paden, maar juist daarbuiten durven te gaan door de impact van het productvolume onder ogen te zien.

Micro-elektronica

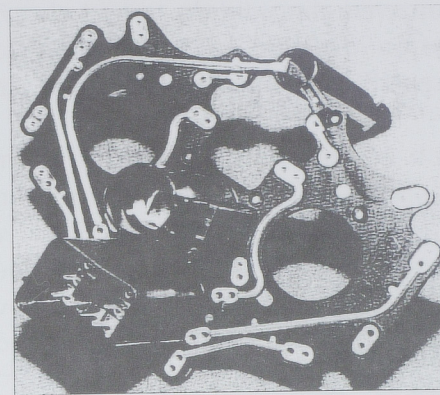
De micro-elektronica industrie is bijzonder geïnteresseerd in de massaproductie van goedkope componenten, waarbij kunststoffen een belangrijke rol spelen. Met name omdat met chemische technieken, polymeren gewenste elektrische,

elektronische en optische eigenschappen gegeven kunnen worden, waardoor men bijvoorbeeld in staat is wandbrede en platte beeldschermen te maken voor digitale TV [Ba 99].

Om de transmissie van grote hoeveelheden gegevens via glasvezels te verzorgen, wordt gebruik gemaakt van een modulator die door elektrische aansturing een reeks lichtpulsens verzorgt. Dergelijke modulatoren kunnen dankzij onderzoekswerk van Siemens nu eenvoudig en goedkoper uit optisch actieve kunststoffen geproduceerd worden [Con 99]. Deze optische eigenschappen (zoals de brekingsindex) van deze kunststoffen kunnen veranderd worden door ze onder spanning te zetten. Met deze ontwikkeling kunnen schakelfrequenties gehaald worden, nodig voor het verzenden van een hoeveelheid gegevens overeenkomstig aan één miljoen pagina's tekst per seconde, tegen kosten die toepassing door consumenten in het zicht brengen.

Moulded interconnect devices (MID)

Moulded interconnect devices (MIDs) zijn gespuitsgietete kunststof substraten met een geïntegreerd, desgewenst 3 dimensionaal uitgelegd geleidend circuit, waarin mechanische en elektrische functies geïntegreerd zijn [EPN 2.99], zie figuur 6.

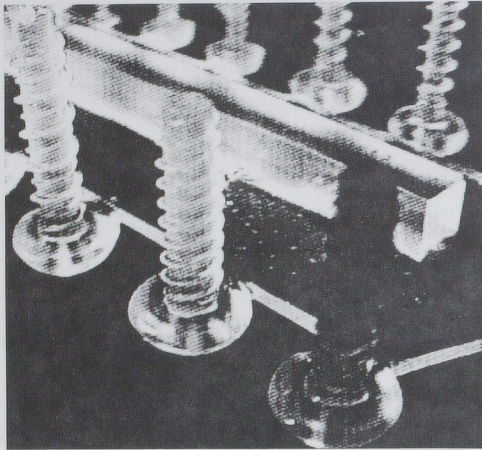


Figuur 6 Moulded interconnect devices (MID)

Doordat ze vervaardigd worden uit herverwerkbare thermoplastische kunststoffen en het aantal assemblagestappen sterk verminderd kan worden terwijl meer vormvrijheid verkregen wordt, maakt het de MID's tot een geveesde concurrent van de traditionele printed circuit boards (PCB's). Het is bovendien een aardig voorbeeld om te illustreren dat toch vooral naar de systeemkosten in plaats van de materiaalkosten gekeken moet worden bij de selectie van een materiaal. De mogelijk toe te passen materialen zijn polyetherimide (PEI) of Liquid crystal polymers (LCP's), (beide in de top van de piramide!), welke tot 2,5 maal duurder zijn dan de traditionele materialen voor PCB's. Echter door de kostenbesparing in de vervolgstap, een galvanisch proces om het koper neer te laten slaan, in plaats van lamineren met een folie en vervolgens etsen en drillen of stansen, zijn systeemkosten en de milieubelasting lager bij MID's

Vormgeheugen polymeren

Een bijzonder interessante ontwikkeling die de mogelijkheden van kunststoffen laat zien is de toepassing van vormgeheugen polymeren [EPN 4.99], zie figuur 7.



Figuur 7 Toepassing van geheugenpolymeren

Een speciaal door de Engelse Brunel Universiteit ontwikkelde - op polyurethaan gebaseerde compound - wordt gebruikt om bijvoorbeeld schroeven te maken. Deze schroeven verliezen echter hun schroefdraad en daarmee functie na verhitting boven hun glasovergangstemperatuur. Producten zoals bijvoorbeeld mobiele telefoons kunnen aan het einde van hun nuttige levensduur, door gebruikmaking van deze schroeven in grote aantallen over een transportsysteem onder een infrarood verwarming doorgeleid worden, waarna de delen van de telefoon in enkele seconden van elkaar komen. Een zelfde principe zou toegepast kunnen worden voor klikvingers, etc.

Conceptkeuze

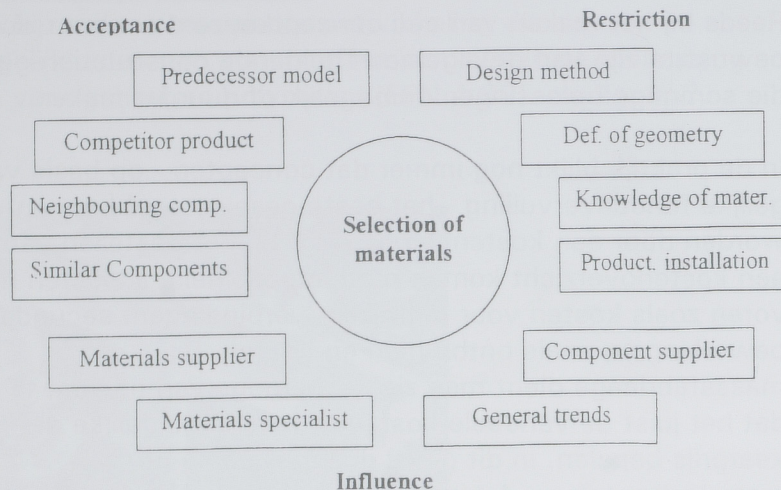
Reeds bij het maken van een conceptkeuze dient men zich bewust te zijn van de algemeen geldende constructieregels die sommige oplossingen onmogelijk of duurder maken.

In de praktijk blijkt nog immer dat concepten - op basis van gelijke functieervulling - het beste geselecteerd kunnen worden door een kostenvergelijking. Bij het opstellen van een kostenoverzicht komen productspecifieke aspecten naar voren zoals kosten voor matrijzen, verbindingen, secundaire bewerkingen, zoals ontbramen en coaten. Bij massafabricage dient men zich er terdege van bewust te zijn dat het juist de variabele kosten zijn die uiteindelijk de kostprijs bepalen, in dit geval dus met name de materiaalkosten en de cyclustijd. Indachtig het voorbeeld van de MID's dient men dus steeds de systeemkosten als criterium nemen!

Materiaalselectie

Bij het uitwerken van de eerste concepten komt men voor de vraag welke materialen en verwerkingstechnologieën in aanmerking komen voor de onderhavige concepten en in hoeverre men voldoet aan de gestelde eisen op het gebied van sterkte, stijfheid, kosten, milieu, etc.

De ongekende mogelijkheden die kunststoffen hebben is enerzijds de droom van elke ontwerper, maar brengt hem anderzijds wel bij het probleem van een adequate materiaalselectie. Algemeen wordt erkend dat er geen eenduidige methodologie voor materiaalselectie is, maar dat deze beïnvloed wordt door vele factoren zoals grafisch is weergegeven door Kramer en Franke [Kra 99], zie figuur 8. De keuze van het materiaal is voor een product in sterke mate bepalend voor de eigenschappen, waaronder kwaliteit en kostprijs.



Figuur 8 Materiaalkeuze beïnvloedende factoren [Kra 99]

Vaak is er bij een materiaalkeuze sprake van een technologie-push; "Wat kunnen we allemaal van onze materialen of met onze machines maken", liefst zonder al te kritisch te zijn over de vraag of er een beter alternatief voorhanden is.

Vervolgens hebben we dan nog te maken met het feit dat er steeds meer hybride vormen van materiaalgebruik komen. Niet alleen de aloude combinatie van vezels in kunststof, maar ook metalen met kunststof en kunststoffen met rubber of thermoplastische elastomeren (TPE's), etc. Dergelijke hybride combinaties zijn niet beschikbaar in databases, maar moeten ontspruiten uit de creatieve geest van de productontwikkelaar.

Graag wil ik via een voorbeeld ingaan op één aspect van de materiaalkeuze die in de laatste jaren veel aandacht trekt, namelijk de invloed van het milieu op de materiaalkeuze.

Milieu

Midden in het materiaalkeuzeproces kan de voorkeur in de richting van een thermoharder gaan, zoals gebruikt voor surfplanken, golfplaten, etc. Maar dan komen de milieubezwaren om de hoek: "Thermoharders zijn niet te recyclen en zijn dus slecht voor het milieu." Deze uitspraak wordt al jarenlang gedaan en intrigeert me eigenlijk wel. Als die uitspraak namelijk klopt dan moeten we omwille van onze kinderen onmiddellijk stoppen met de productie en het gebruik van thermoharders.

Maar eigenlijk dienen we die uitspraak goed ontleden: wat bedoelen we eigenlijk met niet te recyclen. Zelfs de milieuwereeld is verdeeld over de definitie van recycling, maar er zijn diverse vormen van recycling te noemen. Hieronder een kleine opsomming in politieke voorkeursvolgorde (Ladder van Lansink):

- Voorkomen van afval
- Recycling van het volledige product
- Mechanische recycling door middel van:
 - 100% terugvoeren materiaal in gelijkwaardige (bijvoorbeeld oorspronkelijke) toepassing
 - inzetten van materiaal in laagwaardigere toepassing
- Thermische recycling (lees verbranden)
- Storten

In deze opsomming horen overigens bovendien de back-to-monomer en back-to-fuel routes te staan (en alle andere inmiddels bedachte "back-to- routes".)

De eerder genoemde uitspraak komt nu ietwat onder druk te staan want het enige moment waarop een thermoplast daadwerkelijk vanuit recyclingoogpunt beter scoort dan een thermoharder is, indien het voor 100% in een gelijkwaardige

toepassing teruggevoerd wordt, nadat de opties "Voorkomen" en "Productrecycling" onbenut gelaten zijn. Daarbij twee opmerkingen. Ten eerste is voor het daadwerkelijk realiseren van die recyclingoptie voldoende volume aan materiaal en een goede logistiek noodzakelijk. Randvoorwaarden die in de dagelijkse praktijk slechts zelden vervuld worden.

Ten tweede dient men ook een gevoel voor verhoudingen te blijven behouden. Allereerst wordt nog steeds circa 90% van alle aardolie buiten de 7% die voor kunststoffen gebruikt wordt, direct (en alleen) als brandstof gebruikt en dus zonder een nuttig leven voorafgaande aan de verbranding.

Ten tweede moet men integraal de milieubelasting in de afvalfase en gebruiksfase beschouwen. Een studie [Seu 98] naar de milieuvoordelen bij het overstappen van een aluminium naar een kunststof geluidsdempende motoronderkapseling voor de Audi A4 gaf aan dat het energievoordeel (lees brandstofbesparing) door gewichtsreductie een factor vier hoger was dan de energiebelasting ten gevolge van de productie. Het circa 30% hogere energieverbruik bij de aanmaak van het kunststof product wordt overigens vrijwel volledig door thermische recycling (verbranding) teruggewonnen.

Diverse studies laten zien dat bij transporttoepassingen het gewicht 95 tot 99% van de totale milieubelasting bepaald.

Kortom, de milieuwinst van thermoplasten ten opzichte van thermoharders kan in de praktijk nauwelijks uitgebuit worden en staat daarenboven in geen verhouding tot de milieuwinst die het gebruik van kunststoffen in het algemeen te bieden hebben.

Mijn conclusie op basis van voorgaande is dan ook dat men niet moet spreken van het vermeende milieu-onvriendelijke

karakter van thermoharders of kunststoffen in het algemeen, maar adviseer ik: "Kies uw materiaal, thermoplast, thermoharder of elke denkbare materiaalcombinatie, op basis van gezond verstand (al of niet volgens uw eigen methodologie)."

Gereedschap ten behoeve van materiaalselectie

Het kennen van alle mogelijke, eventuele unieke (en zelfs nog onbekende), eigenschappen van kunststoffen is een haast onmogelijke opgave. Toch is het van belang dat een ontwerper een adequate selectie kan maken. Een ontwerper kan een materiaalkeuze maken op basis van inzicht in de mogelijkheden en beperkingen van kunststoffen, bijgestaan door ervaring met soortgelijke producten en op basis van objectieve materiaaltabellen.

Om een ontwerper goed overzicht te geven in de mogelijkheden die kunststoffen te bieden hebben is in 1982 een 'bijzondere onderwerpen dictaat' verschenen [Dal 82]. De huidige verkoopcijfers laten zien dat dit boekwerk, 17 jaar na dato nog steeds in een behoefte voorziet ook buiten de opleiding Industrieel Ontwerpen.

Indachtig voorgaand betoog, waarin innovatieve productontwikkeling alleen voor mogelijk wordt gehouden met kennis van de nieuwste materiaaltoepassingen en aangezien het aantal toepassingen van kunststoffen enorm zijn uitgebreid is dit dictaat aan vernieuwing toe. Er wordt nu aan gewerkt om in het jaar 2000 een hernieuwde versie beschikbaar te hebben, waarin zowel inzicht in de mogelijkheden en beperkingen van kunststoffen, recente productvoorbeelden als materiaaltabellen opgenomen zijn.

Marktintroductie

Imago en psychologische barrières

Uiteindelijk dient een product dat van de tekentafel komt in productie genomen te worden en zal het vervolgens op de markt aangeboden worden. Hoewel een wereld zonder kunststoffen ondenkbaar is, en vele mensen kunststoffen als volwaardig alternatief voor een aantal toepassingen dulden, blijft er nog immer een psychologische drempel te nemen bij het vervangen van materialen door kunststoffen.

Kunststof bierglas

Een aardig voorbeeld daarbij is de grootschalige invoering van kunststof bierglazen tijdens carnaval 1999 in Roosendaal [BN 99], zie figuur 9.

De deelnemende horeca-ondernemers hebben gezamenlijk circa 70.000 onbreekbare (lees polycarbonaat) kunststof glazen besteld à fl. 0,70 per stuk. De voordelen van de kunststof glazen, boven die van glas werden vooral gezien in de veiligheid, namelijk minder bedreigingen met kapotte glazen en het voorkomen van verwondingen van volwassenen, kinderen en huisdieren door scherven op straat. Hoewel velen, waaronder een aantal horeca-ondernemers bij het vernemen van de plannen erg negatief gestemd waren over dit alternatief, door uitspraken als: "Bier hoort in een glas..", bleken de carnavalsvierders tijdens het carnaval zelf massaal overtuigt te raken van de voordelen van het kunststof glas, waaronder de geschiktheid voor op de camping.



Figuur 9 Gebruik van kunststof bierglazen tijdens carnaval 1999 in Roosendaal

Na afloop van de carnavalsperiode kon de politie constateren dat er bijna geen incidenten waren met snijwonden van glas, hetgeen volgens de politie uniek te noemen is. De succesvolle invoering heeft er inmiddels toe geleid dat gesprekken gevoerd worden over het verplicht stellen van onbreekbare kunststof glazen voor grootschalige (buiten) evenementen, waaronder één van Nederlands belangrijkste wielercriteria, De Draai van de Kaai in het jaar 2000.

Kunststof bierfles

Deze opsteker kan gebruikt worden door de bierbrouwerijen die volop bezig zijn met de introductie van kunststof bierflessen, zoals Carlsberg, Heineken en Bavaria, zie figuur 10.

Zo heeft de Deense brouwer Carlsberg in augustus 1999 kunststof bierflessen van 38 cl van de merken Carlsberg en Tuborg op de markt gebracht.

Heineken die de kunststof fles inmiddels al wel in Frankrijk (biermerk 33) heeft ingevoerd en binnenkort in Italië op de markt brengt, aarzelt over invoering in Nederland vanwege de vrees dat kunststof afbreuk zal doen aan de uitstraling van het kwaliteitsmerk.

Bij vervanging van glas door kunststof heerst dus duidelijk enig scepsis, waarbij door consumenten kunststoffen toegedacht worden smaakverschil te veroorzaken, te slap te zijn en bovendien scherpe randjes op de bovenzijde te geven [BN 99]. Ook bierbrouwerijen die niet over willen stappen op kunststof gooien het op smaakverschillen, zoals verwoord in een uitspraak van het hoofd van de Frankfurter Binding-Brauerei in reactie op de invoering van de eerste PET bierfles door concurrent Carlsberg: "Plastik schmeckt Binding nicht.." [KI 99].



Figuur 10 Enkele van de eerste commercieel verkrijgbare kunststof bierflessen

Vermoed wordt dat uiteindelijk toch de lonkende perspectieven van kostenbesparing van bijna 20% (mede door lager gewicht en minder breuk) en de mogelijkheden voor vernieuwende marketing het overgrote deel van de bierbrouwerijen overstag doet gaan. Hoewel reeds eerder is geconstateerd dat technisch met kunststoffen zeer veel mogelijk is, dient geconstateerd te worden dat de emotionele houding van een klant tegenover kunststof producten bepalend kan zijn voor het welslagen van een product op de markt. Gelukkig geven de geschiedenis en voornoemde cases hoop dat op langere termijn vele kunststof producten op rationele gronden onvermijdbaar zijn.

Afstudeerders

Een zeer positief, en naar mijn mening essentieel, onderdeel van de opleiding Industrieel Ontwerpen is het in de praktijk afstuderen. Studenten dienen zelfstandig een project uit te voeren in en voor (meestal) een bedrijf. De ervaring in de

afgelopen jaren heeft mij gesterkt in het feit dat het succes van een dergelijk project, uitgedrukt in de waardering voor het afstudeerwerk van de student, omgekeerd evenredig is met op eigen initiatief van studenten benaderen van bedrijven! De waardering die door de examencommissie gegeven is voor afstudeerders die op eigen initiatief een bedrijf gevonden hebben, voordat een begeleidingsteam gevormd werd, ligt in mijn ervaring namelijk ruim 20% onder die van afstudeerders waarvoor "bemiddeld" is.

De reden hiervoor is naar mijn mening dat een student geen overzicht heeft over de markt voor afstudeerplaatsen, naast het feit dat deze "markt" erg ondoorzichtig is. Daarmee is de student blijkbaar eerder geneigd een geboden afstudeerplaats aan te grijpen, zonder de eigen wensen en sterke punten af te stemmen met de eisen en wensen van het bedrijf.

Anderzijds zijn er zeer goede ervaringen opgedaan met het afstemmen van juist die wensen en sterke punten van de student met de eisen vanuit bedrijven waarmee persoonlijk contact bestaat. Het hebben van een netwerk en netwerken binnen het vakgebied, hoewel door sommige als een verdachte term gezien, is naar mijn mening dan ook essentieel voor het fitten van een student op de juiste afstudeerplaats. Mijn vierdaagse functie in het bedrijfsleven, naast de aanstelling bij de Universiteit, zie ik daarbij als een positief punt.

CONCLUSIE

Dames en Heren,

Met het voorafgaande heb ik getracht u te overtuigen van het belang van een leerstoel Construeren in kunststoffen en de juiste plaats bij de opleiding Industrieel Ontwerpen. Tijdens mijn aanwezigheid op de Universiteit wil ik mij hoofdzakelijk richten op het bijdragen aan een zo'n goed mogelijke opleiding op het gebied van construeren in kunststoffen, met als ultieme beloning het afleveren van de beste afstudeerders. Daartoe zal ik me ervoor inspannen de nodige achtergrondinformatie bijvoorbeeld op het gebied van materiaalselectie, kostprijsberekening en ontwerpregels ten behoeve van kunststof producten toegankelijk te maken en te werken aan een breed netwerk van bedrijven met kunststofgerelateerde projecten ten behoeve van afstudeerplaatsen.

Een wereld zonder kunststoffen is onvoorstelbaar, maar het is eveneens onvoorstelbaar wat kunststoffen allemaal nog in de toekomst te brengen hebben. Ik hoop u ervan overtuigd te hebben dat veel mogelijk is met kunststoffen en dat hetgeen onmogelijk lijkt toch mogelijk kan worden.

Studenten Industrieel Ontwerpen zijn de "makers" van de toekomst en dienen in dat licht voldoende kennis van de mogelijkheden en onmogelijkheden van kunststoffen te hebben om kunststoffen adequaat in te zetten.

DANKWOORD

Mijnheer de Rector Magnificus, overige leden van het College van Bestuur en allen die aan mijn benoeming hebben bijgedragen. Ik wil u allen bedanken voor het in mij gestelde vertrouwen. Ik zal mij ervoor inspannen aan uw verwachtingen te voldoen.

De directie van Polynorm Plastics, in het bijzonder de heer Spierings, beste Wim.

Ik ben je zeer erkentelijk voor het vertrouwen en de ruimte die ik krijg bij het invullen van mijn taken ten behoeve van de Universiteit evenals de daadwerkelijke ondersteuning van mijn aanstelling.

Hooggeleerde Spoomaker, beste Jan,
Vanaf de eerste dag dat ik bij je aanklopte heb je mij geholpen de juiste weg te volgen, maar wel door me de vrijheid te laten. Van afstudeerhoogleraar, via promotor ben je nu een collega met wie ik graag werk aan de verdere professionalisering van het kunststofonderwijs aan onze Universiteit.

Hooggeleerde Anemaat, beste Anton
Ik kan me nog scherp de colleges in de "Blauwe zaal" aan de Oude Delft voor het netvlies halen, waar je met bakken vol spulletjes de studenten zo wist te enthousiasmeren dat zij hun en jouw koffiepauze opofferden om alle spulletjes te bekijken, aan te raken en alle kennis uit je te trekken. Je geweldige praktijkkennis en colleges vol anekdotes, maakten dat de studenten spelenderwijs met het vakgebied Construeren in Kunststoffen bekend gemaakt werden. Jij was het ook die mij uiteindelijk deed besluiten als Assistent in Opleiding mijn kennis van Kunststoffen eerst nog eens te verdiepen, voordat de stap naar het bedrijfsleven genomen

werd. Je werkwijze, het enthousiasme dat je uitstraalde, je positieve instelling en altijd goede humeur, maakte dat ik al tijdens mijn studie het een ideaal had om je ooit op te volgen. Die mogelijkheid kwam door je overlijden onverwacht vroeg. Ik ben er trots op om juist in jouw voetsporen te mogen treden.

Hooggeleerde Van der Vegt, beste Anne,
Ik heb het voorrecht gehad de grondbeginselen van polymeerfysica van je geleerd te hebben, als eerstejaars student Industrieel Ontwerpen en als cursist aan de TOP-cursus. Je didactische vaardigheden worden alom gewaardeerd en dit, tezamen met je onverdroten enthousiasme voor kunststoffen, vormt voor mij een blijvende bron van inspiratie.

Hooggeleerde Lemstra, beste Piet,
Als beginnende Assistent in Opleiding op zoek naar alles wat er te leren viel op kunststofgebied had ik niet beter dan bij jou aan kunnen kloppen. Afgezien van je onnavolgbaar stijl van college geven, heb je naar mijn mening een onwaarschijnlijk positieve impuls aan het post-academische kunststof onderwijs in Nederland gegeven. Ik heb het voorrecht gehad daarvan te profiteren, waarvoor mijn dank.

Mijn ouders, pa en ma,
Dank voor de nimmer ontbrekende steun, vrijheid en vertrouwen.

Mijn vrouw Conny en dochters Debbie, Kimberley en Emma,
Wanneer je zo intens met kunststoffen werkt ga je van je omgeving dezelfde eigenschappen verwachten als van het materiaal, flexibel maar duurzaam. Het dienen van twee werkgevers waar je zoveel energie in kwijt kunt, gaat wel eens ten koste van het gezinsleven.

Mijn vrouw vangt dat op een manier op, waarvoor ik haar nimmer genoeg kan bedanken. Mijn kinderen veraangenen mijn thuiskomst door hun immer enthousiaste reactie.

Dames en heren studenten,
In mijn visie is de Universiteit er primair om het best mogelijke onderwijs te geven om jullie geschikt te maken voor functies in het bedrijfsleven. Ik denk dat ik met mijn achtergrond als Industrieel Ontwerper en functie in het bedrijfsleven in staat ben om de jullie de juiste stof voor te schotelen en de juiste contacten met bedrijven te leggen. Gelukkig heb ik reeds een aantal van jullie voorgangers weten te enthousiasmeren over het vakgebied construeren in kunststoffen en ik hoop dat in de toekomst ook een aantal van jullie net zo enthousiast over het vakgebied worden als ik dat ben en "het" ook gaan maken met kunststoffen.

Ik heb gezegd.

LITERATUURLIJST

[Ane 86] Anemaat, A., Kan het gemaakt worden?, Technische Hogeschool Delft, Juni 1986

[Ba 99] Baaijens, N. Chemie wordt baanbreker in plastic elektronica, Eyes on Chemistry, p. 12-13, 2.1999

[BN 99] Artikelen BN/De Stem, 3.2.1999, 15.2.1999, 16.2.1999, 4.8.1999 en 10.9.1999

[Con 99] Polymeer-kunststoffen schakelen licht voor transmissie van 10 miljard bit/s, De Constructeur, p. 14, januari 1999

[Dal 82] Dalen, M.W. van, Kunststoffen, Eigenschappen en toepassingen, io bo 5, Technische Hogeschool Delft, 1982

[EPN 12.98] Report highlights benefits of growing plastics use in cars, European Plastics News, p. 14, December 1998

[EPN 2.99] MIDs win TVdeal, European Plastics News, p. 22-23, February 1999

[EPN 4.99] Dissassembly helped by shape memory polymer screws, European Plastics News, p. 19, April 1999

[K 99] Exatec zeigt erste Verscheibung aus Polycarbonat, K-Zeitung 17, p.21, 10.9.1999

[KI 99] Kunststoff Information Nr. 1430, p. 8, 15 Februar 1999

[Kra 99] Systematic selection of materials for plastic components in the vehicle, p. 101-124 in *Plastics in Automotive Engineering*, VDI, Dusseldorf 1999

[Seu 98] Seufert, M & Steuer, U., *Kunststoffe* 88 (1998) 3, p.325-329