

## Tentoonstelling betreffende versterkte kunststoffen te Londen, 12 - 15 november 1968

De tentoonstelling die gehouden werd in de achter-bovenzaal van Earls Court te Londen, was betrekkelijk klein van omvang: in totaal 36 stands. De kwaliteit van het gebodene was echter zeer goed, met een duidelijke nadruk op de technische kant.

### Versterkende materialen

De versterking met behulp van glasvezels in verschillende uitvoeringsvormen blijft uiteraard primair. Een nieuwe glasversterking wordt door Ballotini Manufacturing Co. Ltd. aangeboden in de vorm van massieve glazen bolletjes van 6 tot 50 mikron doorsnede. Als voordelen worden opgegeven betere persmogelijkheden van het mengsel, betere spanningsverdeling, verhoogde flexibiliteit en stijfheid, betere finish en lagere prijs. Deze voordelen komen niet alleen tot uiting in thermohardende harsen, zoals polyester en epoxyharsen, maar ook in thermoplasten, zoals ABS, nylon en PVC. Vooral deze laatste toepassingsmogelijkheid schijnt veld te winnen.

Op de tentoonstelling werden voorts twee andere versterkende vezels naar voren gebracht, t.w. de (natuurlijke) asbestvezel en de (synthetische) koolstofvezel. Hiernaast werd ook de aandacht gevestigd op de mogelijkheid verkoperd staaldraad te gebruiken.

De reeds bij vroegere gelegenheden door Turner Brothers Asbestos Company getoonde bouwplaten uit met asbest versterkte polyvinylchloride zijn verder uitgewerkt en zijn thans in vele kleuren en vormen verkrijgbaar. Hiernaast toonde Turner Brothers asbest versterkte polypropreen in de vorm van spuitgietskorrrels. Onversterkte polypropreen wordt reeds enige tijd toegepast voor ventilatoren en verwarmingsagregaten, o.a. in auto's; de asbestversterking zou het materiaal voor dergelijke doeleinden nog beter geschikt maken, ook bij hogere temperaturen.

De staaldraadversterking werd vertoond door de National Standard Company in de vorm van z.g. „Wire Sheet”, evenwijdig naast elkaar gelegde, dunne, verkoperde staaldraden bijeengehouden door een lichte drager uit glasmateriaal versterkte polyester. Ten opzichte van glasvezel claimt men, uiteraard, grotere sterkte en modulus, doch ook een betere weerstand tegen vermoeidheid.

De koolstofvezel werd getoond door Courtaulds, als leverancier en door British Aircraft Corporation als gebruiker.

Courtaulds biedt drie typen aan:

- type A — een materiaal met gemiddelde eigenschappen;
- type HM — een materiaal met een hoge modulus;
- type HT — een materiaal met een hoge treksterkte.

Geleverd worden stapelvezels in bundels van ca. 10.000 monofilaments, elk ongeveer 7 mikron in diameter en met een lengte van ca. 48 inch. De treksterkte van de verschillende typen varieert van 190 tot 260 kg/mm<sup>2</sup>; de modulus van 20.000 tot 42.000 kg/mm<sup>2</sup>. De hoogste modulus, die van de HM-vezel, kan dus twee maal die van staal bedragen. In de brochure wordt voorts opgemerkt dat op grond van lopend research- en ontwikkelingswerk aanwijzingen zijn verkregen dat de minimum waarden voor de treksterkten nog wel verschillende keren verhoogd zullen worden.

Behalve de bovengenoemde vezel levert Courtaulds ook continue roving, mat en vezelvlokken. Voorts wordt een epoxy „pre-preg” geleverd en verschillende composities met thermohardende zowel als met thermoplastische kunststoffen. Als in Europa geldende prijs voor de stapelvezel werd opgegeven £ 75/lb, dus ca. f 1450,—/kg. In overeenstemming hiermee variëren de minimum hoeveelheden die geleverd worden van ½ - 2 lbs. Opgemerkt moge worden dat de koolstofvezel in zijn soort tot de goedkoopste versterkende vezels mag worden gerekend. De prijzen van éénkristalvezels, de z.g. whiskers, liggen nog aanzienlijk hoger, in de orde van f 25.000/kg. Deze materialen, b.v. de siliciumcarbide whisker of de aluminiumoxide whisker (safier whisker) hebben een treksterkte in de orde van 2.000 kg/mm<sup>2</sup> en een modulus welke op kan lopen tot 70.000 kg/mm<sup>2</sup>.

De koolstofvezels vinden reeds toepassing in bijzondere constructies, vooral in de lucht- en ruimtevaart. Hierbij moge bedacht worden dat een gewichtsbesparing van 1 kg op een civiel vliegtuig f 400,— mag kosten, bij een militair vliegtuig f 2000,— en bij een satelliet, civiel of militair, f 40.000,—. Voorts is het duidelijk, dat de prijs van een vezel als de koolstofvezel nog zeer merkbaar zal kunnen dalen, daar het element koolstof op zichzelf overvloedig verkrijgbaar is. De British Aircraft Corporation exposeert een aantal artikelen, vooral radome's en andere beschermingen voor elektrische apparatuur voor vliegtuigen (waaronder de Concorde), gemaakt uit vezelversterkte kunststoffen. Van een aantal van de toegepaste composiet materialen wordt de elasticiteitsmodulus aangegeven. Deze hangt natuurlijk sterk af van de toegepaste vezel. De volgende gegevens worden verstrekt:

Stijfheid van enkele composiet materialen met verschillende vezelversterking

Toegepaste vezelversterking	elasticiteitsmodulus van het composiet materiaal in kg/mm <sup>2</sup>
Glasvezel	
mat uit continu vezel	420
mat uit stapelvezel	840
geweven roving	1400
vierkant weefsel	1550
satijnweefsel	1760
éénrichtingversterking	2460
Asbestvezel	
vilt	7730
whiskers	10100
Koolstofvezel	
ongerichte mat	4220
band	5620
vilt	14060
gerichte sheet	16170
éénrichtingversterking	16170

Betreffende de gebruikte harsen wordt alleen opgegeven tot welke temperatuur deze bestendig zijn in de toepassing. Opgegeven wordt:

Maximum gebruikstemperaturen voor de toegepaste harsen

Type hars	Maximum temp. in °C
polyester 17149	150
fenolhars DV 19162	160
epoxyhars Ciba 1020	200
Xylok Midland	
Silicones 210	250
polyimide Monsanto	
Skybond 700	300
polyimide ICI DADDM	300

Uit de gegeven cijfers voor de elasticiteitsmodulus van de composiet materialen kan worden afgeleid dat de elasticiteitsmodulus van de composiet ongeveer 30-50 % kan bedragen van die van het vezelmateriaal. Bij een E-glas van 7000 wordt de E-glasvezelcomposiet maximaal 2460 kg/mm<sup>2</sup>. Bij een E-asbestvezel van 19.000 wordt de E van de composiet 8000 tot 10.000. Bij een E-koolstofvezel van 30.000 tot 40.000 kg/mm<sup>2</sup> wordt de E van het koolstofvezel versterkte materiaal maximaal 16.000 kg/mm<sup>2</sup>.

Het is mogelijk met behulp van deze nieuwe composities materialen te maken met een s.g. van ca. 1,2 en een sterkte en stijfheid welke die van staal zeer dicht benaderen, of soms zelfs overtreffen. De hittebestendigheid van de composiet zal door de matrix worden bepaald; een werktemperatuur van 300° C hoort blijkbaar reeds tot de mogelijkheden.

## De gebruikte kunststoffen

Polyesterhars is nog steeds favoriet en zal dit voorshands wel blijven. Het aantal variaties ervan voor verschillende toepassingen blijft toenemen. Hiernaast dienen ook vermeld te worden epoxyharsen, fenolharsen en speciale harsen, zoals de silicon- en polyimideharsen, die door onder meer de British Aircraft Corporation worden gebruikt.

Naast de versterkte thermohardende kunststoffen ontwikkelen zich thans ook duidelijk de versterkte thermoplastische kunststoffen. Het met asbest versterkte polyvinylchloride en polypropreen van Turner Brothers is reeds genoemd; ook door Courtaulds aangeboden composieten uit koolstofvezel met thermoplasten zoals nylon, polypropreen en polymethylpenteen zijn hiervan voorbeelden.

Dimensiestabiliteit is een belangrijk argument voor het toepassen van glasvezelversterking in thermoplastische materialen; voorbeelden zijn glasvezelgevulde ABS en polyacetaten. Bayer heeft een aantal mengsels ontwikkeld en reeds van handelsnamen voorzien; het betreft glasvezelversterkte celluloseacetaten, nylon 6, polycarbonaat en ABS. De British Celanese Ltd. heeft een glasvezelversterkte polypropreensheet ontwikkeld welke wordt aangeboden onder de naam Celmar. De glasvezelversterking is aan één zijde gedeeltelijk in, gedeeltelijk op het polypropreenvel aangebracht. Dit materiaal wordt o.m. gebruikt voor bekleding van tankwagens in de petrochemische industrie. Het is bestand tegen z.g. „sludge”, een zeer agressief zuur afvalprodukt van olieraffinaderijen. Men kan ook twee vellen van dergelijk glasvezelversterkt polypropreen met de glasvezelzijde op elkaar lamineren met behulp van een thermohardende hars, zodat er als het ware een polyester-glasvezellaminaat ontstaat met aan de buitenzijde polypropreen.

Een voorbeeld van de ontwikkeling van verschillende soorten polyesterhars voor speciale toepassingen was te vinden op de stand van Société Rédis, een dochtermaatschappij van de Franse groepen Rhône-Poulenc en Pêchiney-Saint Gobain.

Een 7-tal speciale polyesterharsen wordt aangeboden, voor resp. bijzondere bevochtigingscapaciteiten en daarvoor zeer goede lichtdoorlating van het laminaat, voor het lamineren op polystyreen-schuim, voor speciaal hoge elektrische veldsterkte en een hoge temperatuurbestendigheid, voor speciaal lamineren op PVC, voor speciaal het maken van pre-preg, voor de combinatie van een hoge mechanische en een hoge elektrische sterkte en tenslotte voor het verkrijgen van laminaten die een goede weerbestendigheid hebben en tevens radiogolven goed doorlaten. Deze laatste grade is speciaal ontwikkeld voor de toepassing in radome's, zoals deze worden toegepast in vliegtuigen of in de vorm van grote koepels of bollen voor op de

grond opgestelde radarapparatuur. (De voor dit doel aangeboden hars heeft de indicatie Rhodester 1111).

## Verwerkingstechnieken

Zowel het wikkelen als het spuiten kreeg duidelijke aandacht. Een Duitse machinefabriek (Josef Baer Maschinenfabrik, Weingarten, Württemberg) demonstreerde een elektronisch-hydraulisch bestuurd wikkelmachine met een niet-lineair bewegende wikkelpop, waarmee gewikkeld werd op een tamelijk gecompliceerde kern. Een Franse firma (Plastrex Manurhin, Mulhouse) biedt een complete pijpenfabriek aan („turn-key-factory”). Niet alleen diverse typen buizen, al dan niet met moffen, maar ook T-stukken, bochten, etc. worden met behulp van de wikkeltechniek verkregen. Men claimt een tienjarige ervaring in de fabricage van glasversterkte kunststofpijpen. Ook machines voor laboratoriumgebruik worden door hen aangeboden.

Tenslotte biedt een Deense machinefabriek (Drostholm Products, Vedbaek) een continue pijpwickelmachine aan. De pijp wordt over een uitstekende doorn gewikkeld en door een hardingsoven geschoven. Op deze wijze kunnen onbeperkte lengten worden gemaakt. Men had deze machine reeds enkele jaren in ontwikkeling, doch eerst in de loop van dit jaar heeft men een goed werkende machine kunnen demonstreren. Daarna hadden ze er in korte tijd 4 stuks van verkocht, die alle geplaatst zijn in Scandinavië. Deze machines kunnen pijpen wikkelen van 60 tot 150 cm doorsnede. Ze worden vooral gebruikt voor de fabricage van tanks, speciaal olietanks voor c.v. installatie. Deze plastic tanks zijn in Zweden ca. 50 % duurder dan de stalen tanks, doch bij stalen tanks wordt een vrij kostbare bescherming tegen corrosie en lekkage van regeringswege geeist, waardoor het thans voordeliger uitkomt om een plastic tank te nemen. Men kan, bij een bepaalde diameter, door variatie in de lengte van het gebruikte stuk buis de capaciteit van de tank aanpassen aan de vraag. De eindflenzen worden uit pre-preg geperst en opgelijmd met epoxyhars. Dit is gebleken een zeer betrouwbare constructie te zijn.

Het grootste formaat van de door hen aangeboden machines kan pijpen wikkelen met een diameter tot 3½ m. Van deze machine is echter nog geen exemplaar verkocht.

Een fabriek in Noorwegen (Vera Fabriker A/S Sandefjord) fabriceert met behulp van de Drostholm-machine niet alleen tanks, maar ook buizen voor rioleringsdoeleinden. In vergelijking met betonbuizen is de buisprijs hoger, maar de legkosten zijn lager, zodat verwacht wordt dat de plastic rioleringsinstallatie gelegd kan concurreren met een betonbuisinstallatie. Bij continue fabricage van de buis wordt de lengte voorname-

lijk bepaald door de transportmogelijkheden; de gefabriceerde lengten zijn gewoonlijk tenminste 10 meter. Bij continue wikkelen in vergelijking met discontinu wikkelen kan als bezwaar worden ondervonden dat het niet mogelijk is om flenzen of verbindingsgedeelten in te wikkelen. Het hechten aan de kern bij het continu wikkelen wordt voorkomen met behulp van een speciale lossingsfolie, welke later weer wordt verwijderd. Wikkelmachines van dit type hebben een productiecapaciteit van ongeveer 1000 kg glasversterkte kunststof per uur. Bij een nadere bespreking over de mogelijkheden van deze machines werd dan ook toegegeven dat het productieproces niet zo zeer technische dan wel commerciële problemen kon meebrengen: men dient voor deze grote capaciteit een markt te vinden, resp. te ontwikkelen. Op verschillende stands werden ook spuitinstallaties aangeboden: meercomponenten spuitpistolen welke hars, harder en versneller samen met glasvezels op een vorm spuiten. Drostholm Products komt met een type waarvan men claimt dat het de meest verkochte installatie in de wereld is: men zet er ca. 500 stuks per jaar van af. Een dergelijke installatie omvat voorraadtanks en mengtanks, doseerinrichtingen, verbindingsslangen en het eigenlijke spuitpistool, dat ook weer voorzien is van regelinrichtingen voor de verhoudingen van de hoeveelheden glas en hars.

Naast wikkelen en spuiten wordt ook aandacht besteed aan persen. Het gebruik van voor-geïmpregneerd vezelmateriaal (pre-preg) voor dit doel wint duidelijk veld.

## Toepassingen

Een volledig beeld van de toepassingsmogelijkheden werd op deze tentoonstelling bij lange na niet gegeven, maar enkele voorbeelden, vooral op het gebied van de techniek, zijn vermeldenswaard. De fabricage van radome's etc. door de British Aircraft Corporation zowel als van glasversterkte polypropreenbekleding door British Celanese zijn reeds genoemd. Hieraan kunnen nog worden toegevoegd de fabricage van carrosserieonderdelen, vooral cabines voor vrachtauto's, etc. en ook die van een gehele taxi. Deze laatste is reeds bij een vroegere gelegenheid geëxposeerd geweest. Het is de typische Londense taxi, niet te onderscheiden van zijn soortgenoten uit staalplaat.

Verdere toepassingen betreffen de elektrotechnische industrie, vooral ook versterkte thermoplasten, de chemische industrie, o.a. glasversterkte plastic filters voor een papierfabriek en, zeer uitgebreid, het gebied van wegbebakening en bewegwijzering. Ook werden (door BIP Chemicals Ltd.), bouwpanelen geëxposeerd uit glasversterkte polyester met een „class 1 certificate” betreffende brandveiligheid.