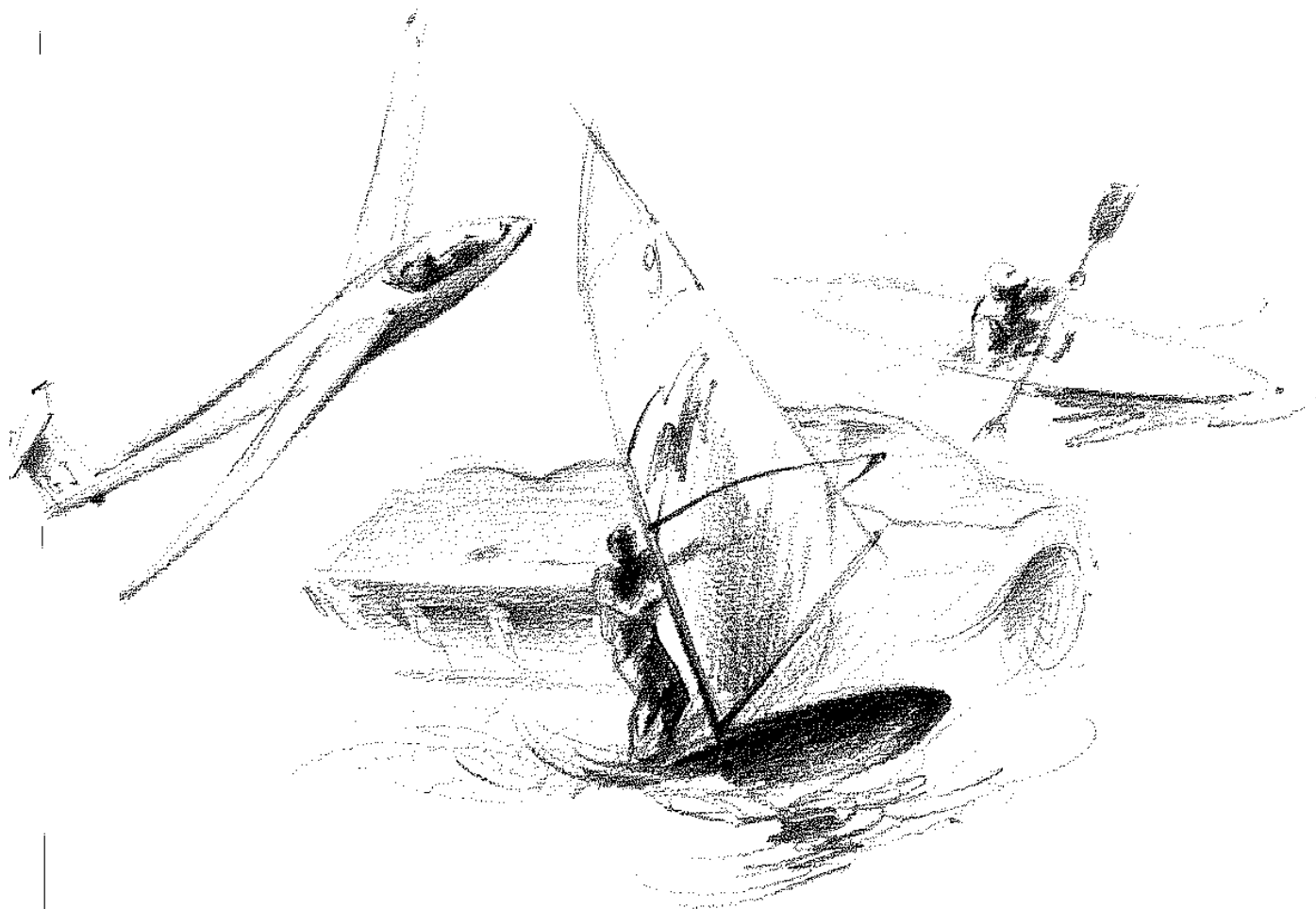




**FH**

Franky Vanhooren Polyester

# Handboek Werken met polyester



Vanhooren Franky      Oostendesteenweg 99  
Email: [franky@vanhoorenpolyester.be](mailto:franky@vanhoorenpolyester.be)

8000 Brugge België

tel 050/31.68.99

fax 050/31.61.42

home: [www.vanhoorenpolyester.be](http://www.vanhoorenpolyester.be)

***Kunststoffen, waar praten we over ?***

Als men het over kunststoffen heeft, wordt daarbij vaak gedacht in de termen van namaakstoffen. Door kreten in de geest van "het is maar plastic", worden de kunststoffen dus vaak als iets minderwaardigs beschouwd. Niets is minder waar. Het is dan ook beter om bij kunststoffen te denken aan "kunstmatig" gemaakte stoffen. Hierbij moeten we echter wel dit begrip "kunstmatig" beperken tot het langs chemische weg maken van nieuwe stoffen. Doen we dit niet dan zouden alle stoffen cq materialen die niet als zodanig voorkomen (d.w.z. materialen als hout, metalen) maar die door mensen worden gemaakt tot de kunststoffen kunnen worden gerekend en daar zouden dan ook glas, beton en baksteen toe gerekend moeten worden.

## POLYESTERS

*THE MAGIC OFFIBERGLAS makes it possible for you to.*

## GLASVEZELS

"Kunststoffen zijn langs chemische weg kunstmatig vervaardigde stoffen cq materialen". Bij de vervaardiging worden (nog steeds) nieuwe stoffen vervaardigd door bepaalde moleculen, zoals die voor een groot deel in de aardolieproducten voorkomen, op allerlei verschillende manieren aan elkaar te knopen. Dit is dus duidelijk iets anders dan de langs mechanische weg, zoals mengen en smelten, verkregen materialen als glas en beton.

Er is geen sprake van bestaande stoffen namaken hoewel het idee wel leefde bij het maken van een van de eerste echte kunststoffen t.w. bakeliet (genoemd naar de uitvinder ervan). Dit bakeliet was namelijk bedoeld om de plaats in te nemen van ivoor toen de vraag naar dit schaarse natuurproduct steeds groter werd. Ook bij kunstledematen is er sprake van vervanging en niet van namaken.

Na de oorlog nam de ontwikkeling van kunststoffen een zeer grote vlucht en deed het woord plastic zijn intrede in het taalgebruik. Deze ontwikkelingen van steeds weer nieuwe of verbeterde kunststoffen zijn

nog steeds niet tot een eind gekomen en de hoeveelheid kunststoffen die er op de markt zijn is zo groot dat geen mens het meer allemaal kan bijhouden.

Samenvattend kan dus worden gezegd dat het doel van het maken van kunststoffen is

- of het vervangen van schaarse en of dure materialen
- of het verkrijgen van nieuwe materialen met zeer bepaalde specifieke eigenschappen
- of het verkrijgen van materialen met betere eigenschappen (b.v. grotere slijtvastheid, hogere isolatiewaarde) dan die van bestaande materialen.

### ***Terminologie, begrippen***

Als we met kunststoffen aan het werk gaan komen we een aantal termen en begrippen tegen, waarvan we de betekenis moeten kennen alvorens daadwerkelijk aan de gang te kunnen gaan. We dienen dus met de bij de kunststofverwerking gebruikelijke terminologie op de hoogte te zijn en daarom wordt onderstaand een aantal termen en begrippen toegelicht.

### ***Hars, kunsthars***

De hars, ook wel kunsthars genoemd is het voornaamste materiaal bij het toepassen van kunststoffen voor de vervaardiging van voorwerpen, of voor de aanvulling van eigenschappen van conventionele materialen. Kunstharsen ontstaan in laboratoria waarbij wordt uitgegaan van een aantal basismaterialen w.o. aardolie, steenkool. Stikstof en zand. In zo'n laboratorium worden kettingen gemaakt van moleculen (de kleinste deeltjes van een stof die nog dezelfde eigenschappen hebben als de betreffende stof die worden verkregen uit de genoemde basismaterialen. Hierbij kan de lengte van zo'n ketting worden gevarieerd en ook kunnen er een of meer zijketens aan worden gemaakt die de verbindingen met andere kettingmoleculen moeten maken.

Op deze manier ontstaan dan macromoleculen (macro = "root"). Bij de voor ons van toepassing zijnde kunstharsen heeft elk kettingmolecuul drie

zijketens. De verbinding met andere moleculen komt tot stand via een chemische reactie die plaats vindt na toevoeging van een katalysator en een versneller aan de kunsthars. Kort en goed, door de variatiemogelijkheden die hierbij bestaan kan voor elke toepassing een kunsthars worden ontwikkeld.

# VOOR IEDERE TOEPASSING EEN EIGEN KUNSTSTOF

## *Thermohard en thermoplast Kunststoffen*

Thermoharde kunststoffen kunnen door verhoging van temperatuur niet meer plastisch cq vloeibaar of kneedbaar worden gemaakt. Bij de thermoplasten kan dit wel en we moeten hierbij bijvoorbeeld denken aan een terlenka kledingstuk, een plastic emmer, p.v.c. elektriciteitsbuis e.d., materialen die bij verwarming weer zacht worden of smelten. De voor laminaten meest gebruikte kunstharsen, t.w. polyester en epoxy behoren na het uithardingsproces tot de thermoharde kunststoffen.

## *Polyester, Epoxy*

Dit zijn de twee harssoorten waar we doorgaans mee te maken krijgen. Polyester is daarbij de meest gebruikte en goedkoopste van de twee. Epoxy is beduidend duurder en wordt toegepast waar het aankomt op een grote maatnauwkeurigheid en maatvastheid, oftewel minimale krimp tijdens het uitharden en optimale bestendigheid en hechting aan diverse materialen.

## *Soorten polyesterhars*

We kunnen de volgende soorten polyesterhars onderscheiden:

- General purpose hars.

Dit is hars voor algemene toepassing en daar hebben wij onder andere bij het maken van een polyester romp mee te maken

- Giethars.

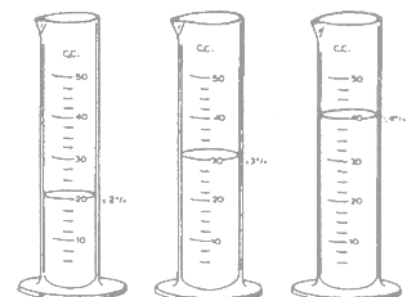
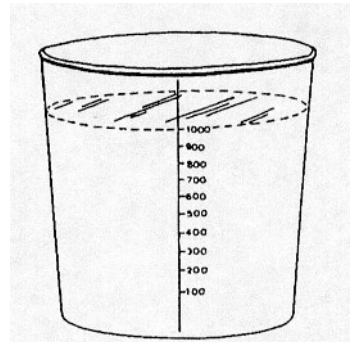
Zoals de naam reeds zegt, word de vormgeving verkregen door gieten in een mal. Voor bijzondere toepassingen, b.v. maken van veel gelijke onderdelen kan giethars ook voor de modelbouwer van nut zijn.

- Gelcoathars plamuurhars en topcoathars.

- Speciaal harsen.

(chemicaliën bestendige, temperatuur bestendige of zelfdovende harsen). De eigenschappen en viscositeit van deze harsen kan worden gewijzigd door menging van

- De kunstharsen onderling
- Met vulstoffen
- Met verdikkingspoeder (thixotropie, acrosil)
- Met verdunner (styreen)
- Met kleurstoffen
- Met verharder componenten)

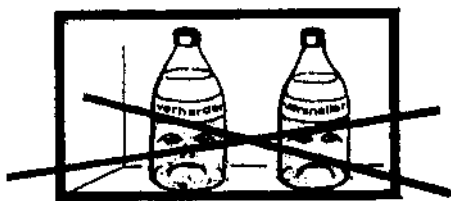


### Versneller

Dit is met de harder 1 van de componenten (vloeistoffen) die aan de polyesterhars moet worden toegevoegd om het uitharden of verharden tot een thermoharde kunststof in werking te stellen. In de meeste gevallen is de in klein verpakking te verkrijgen polyesterhars al voorgemengd met een versneller, iets waar men bij aankoop op dient te letten.

### Verharder of katalysator

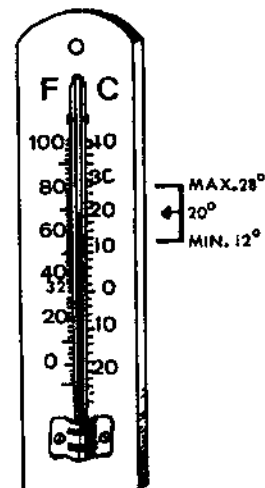
Dit is een vloeistof, die door toevoeging aan de hars tezamen met de (voorgemengde versneller tot het verharden van de hars leidt. Als er al versneller met de hars is voorgemengd, behoeft dus alleen maar de verharder te worden toegevoegd. Hoewel strikt genomen de versneller de eigenlijke katalysator is, wordt in de kunststoffenbranche meestal met de katalysator de verharder bedoeld. NB. Een goede menging van hars, versneller en harder is een vereiste, anders verloopt het verhardingsproces niet overal gelijk. We krijgen dan een niet homogeen eindproduct d.w.z. het materiaal is niet overal gelijk van samenstelling, er komen zachte nog plastische stukken in



VERHARDER EN VERSNELLER



IN  
AFZONDERLIJKE RUIMTE OPSLAAN



VERWERKINGS TEMPERAATUUR

### Potlife, geleertijd en uithardingstijd.

Polyesterhars heeft zonder toevoegingen een houdbaarheid van 1 jaar. Is er reeds versneller voorgemengd dan is de houdbaarheid 6 a 9 maanden. De manier van bewaren van de hars speelt hierbij echter een grote rol. Wordt bijvoorbeeld een voor versnelde hars in de zon gezet dan kan de hars al na een paar dagen gaan geleren, geleichtig worden en is dan dus niet meer echt vloeibaar en daardoor onbruikbaar. Ook vorst beïnvloedt de kwaliteit, een vorstvrije opslag is dus een vereiste. Is aan de polyesterhars versneller en harder toegevoegd dan is de houdbaarheid als vloeistof, oftewel de verwerkingstijd zeer beperkt geworden. Deze verwerkingstijd wordt potlife genoemd, d.w.z. de tijd dat de vermengde hars nog bruikbaar is.

Deze potlifé is afhankelijk van

- de hoeveelheid toegevoegde versneller
- de hoeveelheid toegevoegde harder
- de verwerkings- en harstemperatuur.

Hoe hoger de temperatuur, hoe korter de beschikbare verwerkingstijd. Hierbij wordt met de verwerkingstemperatuur bedoeld de temperatuur in de werkplaats.

- zon en ultraviolet licht. Ook wordt voor potlifé de term geleertijd gebruikt die dus evenals potlifé de tijd aangeeft tussen het mengen van de hars met de harder en versneller en het moment dat de hars geleichtig wordt en niet meer kan worden verwerkt.

**GEWAPENDE  
KUNST  
STOFFEN**

De uithardingstijd is de tijd die de hars na verwerking nodig heeft om volledig uit te werken en te verharden. Of het verhardingsproces geheel teneinde is ken men niet zien, dat moet worden geconstateerd aan de uitharding verschijnselen.

De tijd nodig voor het uitharding proces is afhankelijk van:

- het type hars
- het type en hoeveelheid harder
- het type en hoeveelheid versneller
- de temperatuur
- de hoeveelheid hars
- de vochtigheid

Gewapende polyester is een materiaal dat door belangrijke eigenschappen als; een gering soortelijk gewicht, een grote mechanische sterkte en een nagenoeg onbeperkte corrosiebestandheid, geschikt is voor vele doeleinden.

Doordat het vloeibare materiaal zich gemakkelijk in mallen of vormstukken laat verwerken, geeft het bijna onbegrensde mogelijkheden in verband met de grootte van te vervaardigen vormstukken.

Hoewel de mechanische eigenschappen van het uitgeharde product goed zijn, kan door een combinatie met speciale wapeningsmaterialen (meestal glasvezels) een eindproduct worden verkregen dat aan veel hogere eisen voldoet.

Zo is er dus sprake van ongewapende polyester en gewapende polyester. De eerste vindt haar toepassing in o.a. gietstukken en beelden,

meestal van decoratieve aard, het inbedden van (biologische) objecten, knopenplaten en lakken. De belangrijkste verwerkingsmethoden van deze ongewapende polyesters zijn gieten, strijken, spuiten en centrifugeren. Gecombineerd met vulstoffen, die zeker een verbetering kunnen betekenen voor bepaalde eigenschappen, doch niet als wapeningsmaterialen worden beschouwd, vinden polyesterharsen toepassing in kittens en plamuren. Ondanks de vele mogelijkheden van de ongewapende polyesters vormen de gewapende kunststof materialen het belangrijkste toepassingsgebied.

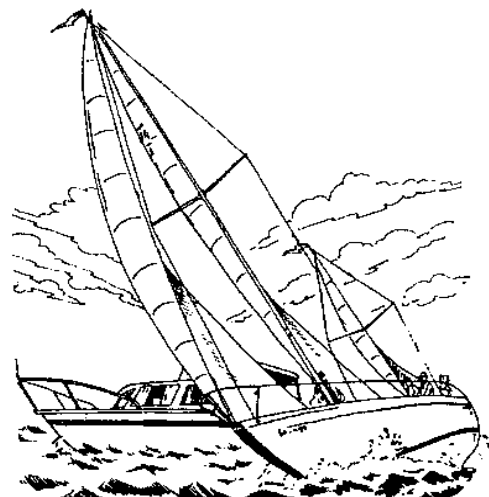
Volledig uitgeharde glasvezelgewapende polyesters kunnen bogen op uitstekende fysische eigenschappen en een veelal betere sterkte-gewichtsverhouding dan vele metalen Goede elektrische eigenschappen en de al genoemde hoge corrosiebestandheid maken ze zeer geschikt voor speciale toepassingen.

Voordelen.

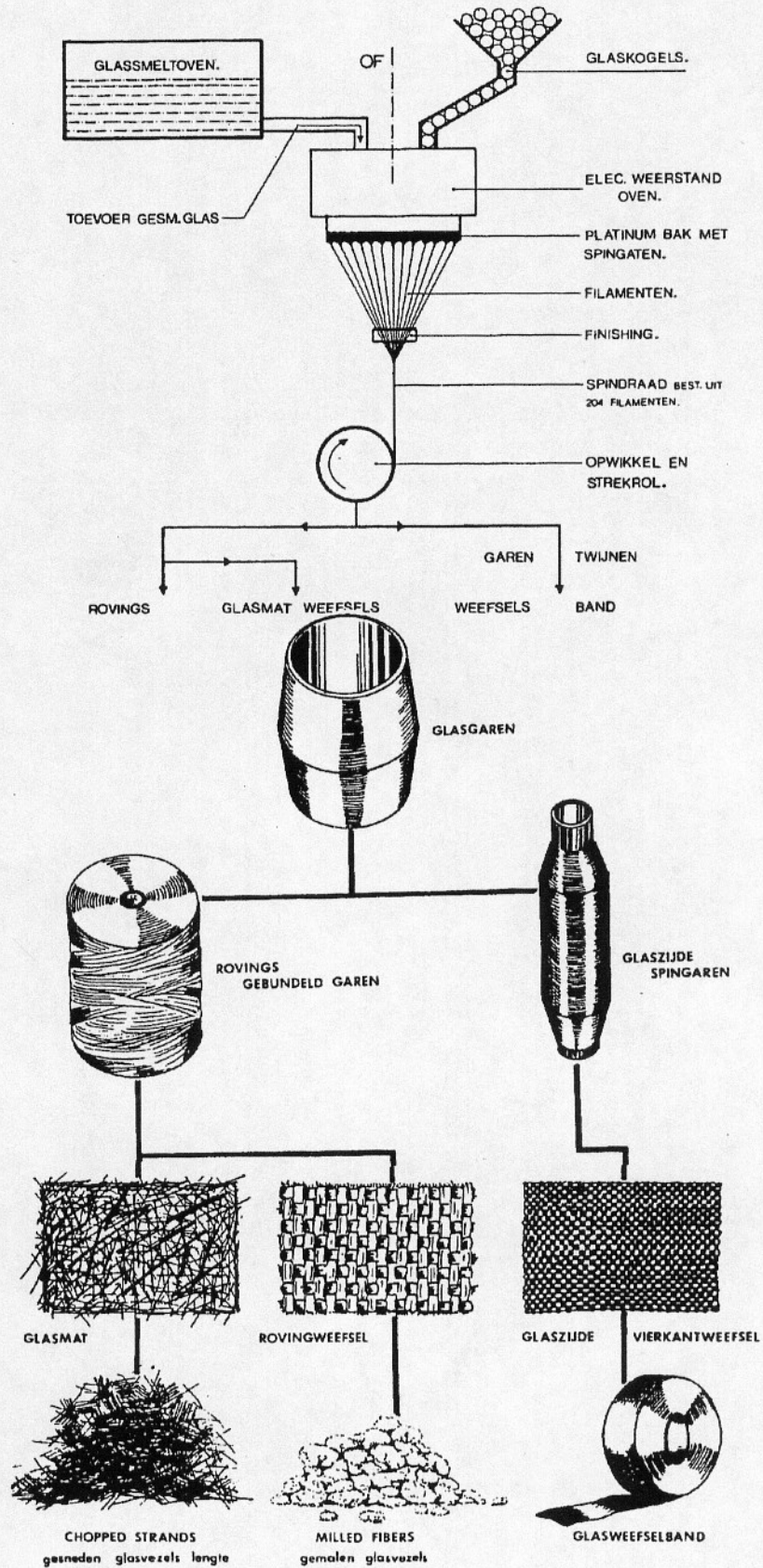
1. De mogelijkheid tot het gemakkelijk en goedkoop vervaardigen van grote en ingewikkelde vormstukken.
2. Een grotere vrijheid van vormgeving in vergelijking met vele andere materialen.
3. De buitengewone veerkracht.
4. De gunstige sterkte - gewichtsverhouding.
5. Geen roest en bestand tegen vele chemicaliën, vloeibare stoffen en dampen.
6. Keuze in kleurverwerking. Door en door gekleurd of transparant. (Licht doorlatende constructies).
7. De eenvoudige reparatiemogelijkheden.
8. Een zeer goed isolerend vermogen voor warmte en elektriciteit.

Nadelen.,

1. Tijdrovende verwerkingsmethoden in vergelijking met het persen van staal of ander plaatwerk.
2. Betrekkelijk hoge kostprijs van glas en hars  
Hoewel dit nadeel door het eenvoudige benodigde gereedschap vaak weer opgeheven wordt.
3. Vormstukken volgend de hand lay-up methode vervaardigd, kunnen wet betreft de mechanische eigenschappen plaatselijk verschillen.
4. Een mindere stijfheid dan vele metalen.



# Hoe worden glasvezels vervaardigd?



### **Fabricatieproces**

De Egyptenaren en Romeinen wisten reeds glasvezels te maken, die weliswaar nog niet als wapeningsmateriaal, doch als versiering werden gebruikt.

Momenteel is het niet mogelijk meer een tak van industrie te noemen, waarin de glasvezel in de vorm van isolatie- of wapeningsmateriaal niet is doorgedrongen. Het fabricageproces van glasvezels verloopt in grote lijnen als volgt: In een oven wordt in een bepaalde samenstelling met andere materialen glas gesmolten dat naar een spinbak toevloeit. Deze spinbak is vervaardigd van een speciale platina-legering. In de bodem bevinden zich ca. 200 gaatjes van 2 mm. doorsnede waardoor het vloeibare glas naar buiten kan komen. Door nu de glasdraden met grote snelheid op een manchet te wikkelen, ken de nog vloeibare glasdraad worden uitgetrokken tot een filament met een 200 keer kleinere diameter. Ter bescherming van de ontstane vezel wordt direct na het verlaten van de spinbak een finish opgespoten.

#### **Soorten Glasvezel**

De naam glasvezel wordt gebruikt als verzamelnaam voor de diverse soorten glasvezel zoals matten, roving en weefsels.

Roving	Wanneer men een aantal filamenten bundelt en op een klos wikkelt, ontstaat een zogenaamde roving. Wanneer men deze roving gaat verweven, dan ontstaat een roving weefsel.
Roving weefsel	Snijdt men de roving bundel in stukjes (Igt. 0,5 tot 5 cm.) dan verkrijgt men de chopped strands.
Chopped strands	Wanneer men de chopped strands in de vorm van een deken neerdwarrelt en men lijmt de vezeltjes met behulp van een binder, dan ontstaat een glasmat.
Glasmat	Milled fibres Maalt men de chopped strands tot zeer korte vezels, dan ontstaan milled fibers.
Milled fibres	Glasweefsel Wanneer men aan een filamentbundel een torsie geeft, ontstaat een glasgaren, dat in combinatie met andere bundels tot een glasweefsel kan worden verwerven.
Glass weefsel	

Door verschillende factoren te wijzigen, kunnen een groot aantal kwaliteiten en soorten worden vervaardigd. Variaties zijn aan te brengen in:

Lengte der vezels

soort finish

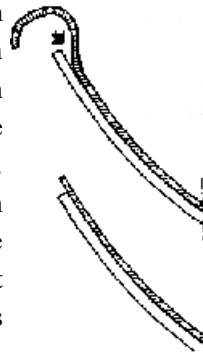
Soort binder

Aantal filamenten

soort weefpatroon.

Door de structuur van glasmat kan men stellen, dat de sterkte in alle richtingen even groot is. In vergelijking met glasweefsel kan bovendien worden vastgesteld, dat de buigsterkte groter is. In de praktijk worden dan ook dikwijls glasmaten gebruikt in combinatie met glasweefsels. Glasweefsels hebben in vergelijking met matten weer andere voordelen. De treksterkte bijvoorbeeld is beduidend groter. Bovendien ligt de glas/ hars verhouding in een laminaat waarbij in hoofdzaak weefsels zijn gebruikt veel gunstiger. Dit wil zeggen, dat er in verhouding tot het gewicht bij glasweefsel

meer glas aanwezig is. In verband met de sterkte van een constructie is dit van groot belang, omdat de hars hierbij een ondergeschikte rol speelt. Afhankelijk van het weefpatroon ligt de sterkte van glasweefsel in 1 of 2 richtingen. Voor bepaalde toepassingen heeft dit grote voordelen. Vierkantweefsel heeft indien dezelfde hoeveelheid filamenten werd gebruikt voor ketting en inslag, gelijke sterkte in Noord-Zuid als in Oost-West richting. Bij uni-directionaal weefsel ligt de sterkte slechts in een richting. De inslagvezel is hierbij uitsluitend gebruikt om de filamentbundel bij elkaar te houden. De sterkte ligt dus slechts in een richting. Voor toepassingen waarbij een dergelijke eis gesteld wordt, kan dit weefsel worden ingezet. (wikkelen van pijpen en tanks).



Bij het aanbrengen van laminaat letten we er op de aan te brengen lagen glasvezel niet ver te laten overhangen in de vrije lucht. Hierdoor zou deze door zijn eigen gewicht gaan afhangen en de kans op een luchtbel - insluiting zou groot zijn.



### ***Knippen, snijden en scheuren***

Als de te bewerken vorm bekend is, kunnen vooral de glasvezel op de juiste maat worden geknipt. Afhankelijk van deze vorm zullen gemakkelijk bewerkbare stukken worden gekozen. Het is zinloos hiervoor te grote oppervlakken te kiezen, mede in verband met de potlife van de hars. Moeten er veel gelijkvormige producten worden gemaakt, dan past men bij het eerste product de stukken glasvezel af zoals deze op het eerste gezicht het gemakkelijkst kunnen worden verwerkt. Als het product is verwerkt, stelt men de gekozen methode definitief vast en worden er voor de steeds terugkerende vormen boardsjablonen gemaakt waarlangs het glasvezel kan worden gesneden. Glasweefsels kunnen niet worden gescheurd en moeten worden gesneden of geknipt.

### ***Voorzorgen***

Glasvezels zijn niet brandbaar. Glasvezels zijn wel gevoelig voor vocht en moeten daarom droog worden bewaard. In een ruimte waar glasvezels worden verwerkt, zweven altijd glasvezeltjes rond die een gevoelige huid kunnen irriteren.

Alleen diegenen die een gevoelige huid hebben, zullen er door geplaagd worden. Een flinke hete douche is hiervoor de oplossing. Of het gebruik van een beschermingscrème zoals: " Handprotect " is ook een oplossing. Moet een gewapend polyesteroppervlak mechanisch worden geschuurd of gezaagd, dan adviseren wij het gebruik van handschoenen die goed op de mouwen aansluiten.

De bij dit schuren of zagen vrijkomende glasvezels hebben een weliswaar ongevaarlijke, doch hinderlijke invloed op de huid. Het dragen van een stofmasker is hierbij geen overbodige luxe.



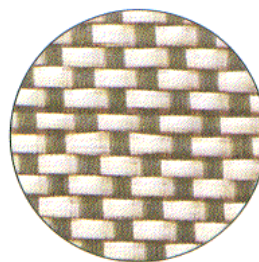
Glasmatt



Gekapte vezel

### ***Glasweefsel***

Glasweefsels met een gewicht variërend van 80 tot 300 g/m<sup>2</sup> worden niet alleen met de kwast of roller benat, maar ook wel met behulp van een plamuurrubber. Bij het gebruik van een kwast gebeurt het nogal eens, dat te veel hars wordt gebruikt, waardoor het ontluichten moeilijker gaat. Als een plamuurrubber wordt gebruikt, strijkt men de hars al persend over het oppervlak, waardoor niet meer hars gebruikt wordt als nodig is om de glasvezel te benatten. Luchtbelllen zullen door deze methode gemakkelijk kunnen worden verwijderd. Bij weefsels bekijkt men in welke richting het weefsel het sterkste is. Bij knippen of snijden hiervan houdt u met deze kennis rekening. Een andere en ook vaak toegepaste methode van impregneren bestaat hieruit: De te bewerken ondergrond wordt dun uitgestreken met een hoeveelheid hars waaraan wat meer katalysator en versneller is toegevoegd dan gebruikelijk waardoor een snellere gatering tot stand komt. Zodra nu de hars is gegelleerd, rolt u het glasweefsel over het oppervlak uit, er zorg voor dragend, dat het glasweefsel geheel luchtbelvrij tegen de ondergrond aan komt te zitten. Bij deze methode kunt u het beste rubberhandschoenen dragen. Pas als het gehele oppervlak is voorzien van glasweefsel, maakt u opnieuw een hoeveelheid hars aan waarmee het glasweefsel wordt benat.



Glasweefsel



Roving



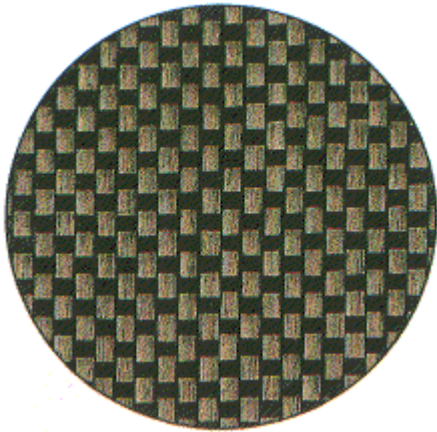
## handboek werken met koud hardende kunststoffen.

### Hoogwaardige wapeningsmaterialen

Koolstof-weefsels Zeer hoge stijfheid, ruim 3 maal hoger dan glasvezel. Hoge treksterkte. Laag gewicht 30% minder dan glasvezel. Vibratie dempend. Elektrisch geleidend. Aramide-weefsels (Kevlar 49) van Du Pond Geel van kleur. Grote slagvastheid. Hoge treksterkte. Hoge temperatuurbestandheid, grote vuurvastheid, smelt niet, zelfdovend. Geringe warmtegeleiding.

Dioleen (Enka Glasstoff) Hoge slagvastheid; hoge slijtweerstand. Hoge rek bij breuk 5 x zo hoog als glasvezel. Gemakkelijk impregneerbaar. Uitstekende hechting aan impregneerhars. Geringe wateropname. Uitstekende bestandheid tegen chemicaliën. Gelijke warmte-uitzettingscoëfficiënt als Polyester en Epoxyhars. Glasvezels Leverbaar in gewichten tussen 20 en 600 gram per m<sup>2</sup>. Zowel in vierkant als keperweefsel leverbaar.

	Koolstof	Aramide	Dioleen	Glas	Staal	Aluminium
Soortgelijke massa g/Cm <sup>3</sup>	1.75	1.45	1.38	2.55	7.8	2.7
Treksterkte N/mm <sup>2</sup>	2.700	3.600	700	2200	400	220
E-modulus N/mm <sup>2</sup>	230.000	125.000	42.000	73.000	210.000	77.000
Rek bij breuk %	1.25	2.4	15	3	-----	-----



Carbon weefsel

## POLYESTERHARS EN GLASVEZELS...

Mechanische eigenschappen van polyesters, zoals treksterkte en drukvastheid, worden grotendeels veroorzaakt door de wapening. Een ongewapende polyester heeft dan ook weinig sterkte. Zoals in gewapend beton de wapening de treksterkte bepaald en het beton voor druksterkte, stijfheid en bescherming tegen weersinvloeden zorgt, zo verleent in een constructie van gewapend polyester de wapening grotendeels de mechanische sterkte aan het geheel, en beschermt het polyester de wapening voor weersinvloeden en maakt de constructie stijf. Hoewel een grote verscheidenheid van materialen in de vorm van vezels en weefsels als wapeningsmateriaal gebruikt zou kunnen worden, wordt meestal slechts een materiaal als wapening gebruikt en wel glasvezel. In glasvezels onderscheiden zich verschillende vormen o.a. glasmat. Glasmat bestaat uit gehakte stukjes glas (ca. 25 mm.) die, in alle richting liggend, door een binder worden verbonden. De diverse dikten van glasmat worden uitgedrukt in het gewicht per m<sup>2</sup>. De meest voorkomende soorten zijn de 300 g/m<sup>2</sup> en de 450 g/m<sup>2</sup>., waarvan de 450 g/m<sup>2</sup> het meest wordt gebruikt. Een laag geïmpregneerde 450 g/ m<sup>2</sup> glasmat geeft een laminaat met een laagdikte van ca. 1 mm. Een hoog glaspercentage in een laminaat geeft wel een grote treksterkte, maar betekent niet in alle gevallen ook een grote stijfheid. Door de combinatie van verschillende soorten glasvezels is het mogelijk om tot een verantwoorde constructie te komen.

Bij het vervaardigen van een vormstuk wordt over het algemeen een ondergrond gebruikt. Deze ondergrond wordt een mal genoemd. Deze mal heeft de vorm van het te maken product, is aan de bewerkingszijde glad en meestal zodanig van constructie dat ze meerdere malen is te gebruiken. De mal moet van zo een materiaal vervaardigd zijn, dat er voldoende stijfheid aanwezig is om zonder vervorming met glas en hars bewerkt te kunnen worden. Het oppervlak moet, indien vereist, spiegelglad zijn, en vooral niet poreus. Metaal en hout zijn minder geschikt. Metaal omdat dit materiaal de warmte tijdens het uitharding proces te snel zou afvoeren, waardoor dit proces te langzaam gaat. Hout omdat het oppervlak te snel beschadigd wordt en het materiaal niet erg vormvast is. Dit geldt uitsluitend indien vele af vormingen van een mal nodig zijn. Voor het maken van een plug,

waaruit maar een of meerdere productiemallen kunnen worden gemaakt,

wordt wel hout en soms ook gips gebruikt. Deze materialen moeten om hun poreusheid eerst met een oppervlaktelaag worden afgecoat. Hiervoor gebruikt men een polyurethaan G4. (1Komponentigeluchtvochtardende hars).



### Losmiddelen

Om een uitgehard product zonder moeite uit de mal te kunnen halen, wordt gebruik gemaakt van lossingsmiddelen.

Bij het toepassen van de handlay-up

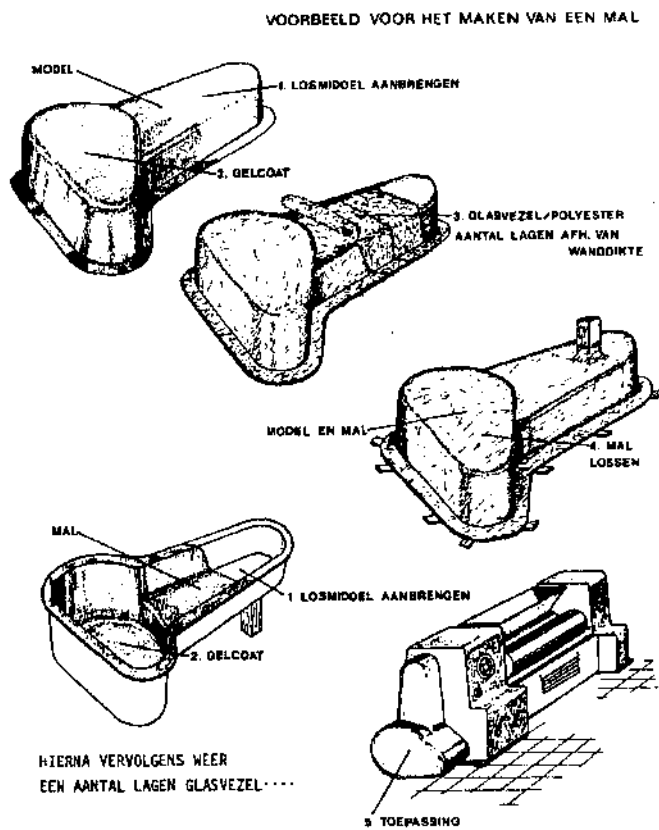
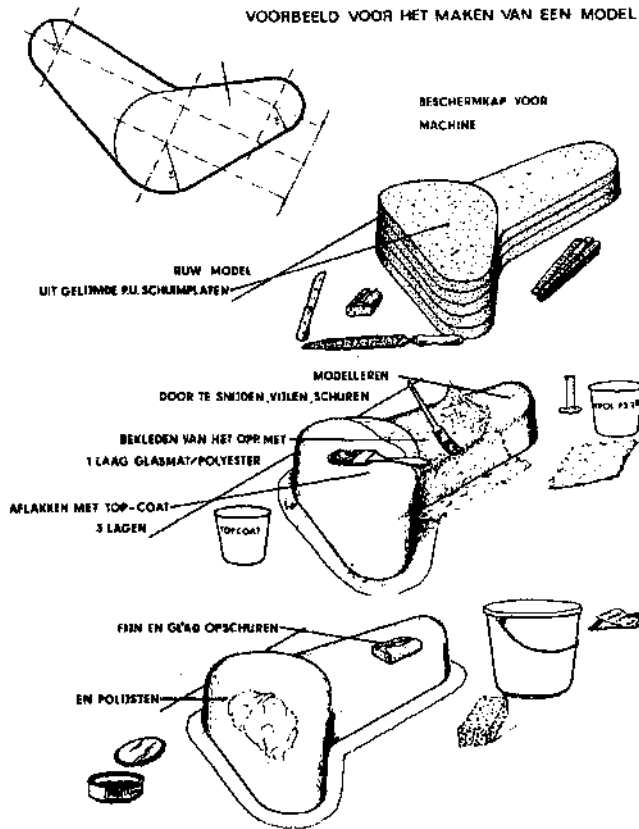
methode zijn dat een lossingswas en een lossingsfilm. De was wordt in de mal aangebracht en weer grondig uitgepoetst zodat een hoogglanzend oppervlak ontstaat. De lossingsfilm. is op basis van polyvinylalcohol (PVA) en wordt met een spons of kwast aangebracht. Afhankelijk van grootte en meer of mindere gecompliceerdheid van de mal



worden deze lossingsmiddelen apart of in volgorde gebruikt. Eerst de was daarna de filmlaag. Belangrijk is dat het PVA

losmiddel volledig droog is, ook in de hoeken, waar nog wel eens druppelvorming wil voorkomen. Op een vochtige ondergrond hardt polyurethaan niet goed uit. het een

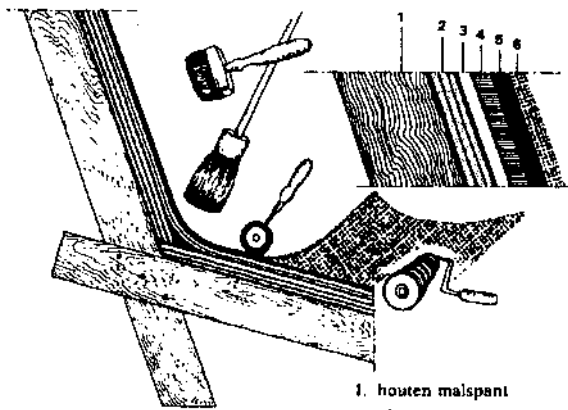
schade aan mal en aan vormstuk kan doen ontstaan.



### Gelcoat

De besproken bescherming die de lamineerhars aan de wapening biedt is niet voldoende. Er moet dus gezorgd worden voor een harsrijke laag die deze beschermingstaak volledig aan kan. Deze laag wordt "gelcoat" genoemd. Haar taak is 3-delig.

1. Het beschermen van de onderliggende glasvezels.
2. Als afwerking laag, waardoor de glasvezel structuur aan het oog wordt onttrokken en het oppervlak een aantrekkelijk en glad beeld vertoont.
3. Als slijtvaste, glanzende kleurlaag. Omdat deze gelcoat een heel belangrijk onderdeel van het laminaat vormt, moet aan de verwerking ervan de nodige aandacht worden besteed. De ongewapende gelcoat laag moet ook bij zware belasting voldoende elastisch zijn om niet te barsten. Om ook in een goed dekkende en goed uithardende laag tegen verticale vlakken te kunnen worden gezet, moet ze thixotrop ingesteld zijn. Door toevoeging van polyester pigmentpasta's kan een gewenste kleur worden bereikt. Ook moet de verharder en versneller componenten in niet te geringe percentages worden toegevoegd, om tot een goed eindresultaat te komen. De dikte van de laag moet zodanig zijn, dat ze goed uithardt, niet gevoelig is voor slagen en stoten, en de onderliggende glasvezels volledig verbergt. Een ideale laagdikte ligt tussen 0,15 en 0,4 mm. (400 - 600 gr m<sup>2</sup>)



1. houten malspant
2. binnenbeplating
3. afwerkingslaag (lak)
4. lossingsmiddelen
5. gelcoathars
6. glasvezel en hars.

### Handlay-up

Zodra de gelcoat zo is doorgehard dat ze geen kleur meer afgeeft, kan met het aanbrengen van de hars/glas combinatie worden begonnen. Het met de kwast of roller aanbrengen van deze materialen noemt men de "hand lay-up methode" of hand lamineren. De te gebruiken glasmatten en/of weefsels worden het best van tevoren gereedgemaakt en op maat gesneden of geknipt. Om te weten hoeveel hars men nodig heeft, zijn er de volgende regels. De verhouding glasmat/hars is gemiddeld 35 : 65 ( gewichtsverhouding  
Glasweefsel/hars tussen 45 : 55 (gewichtsverhouding).

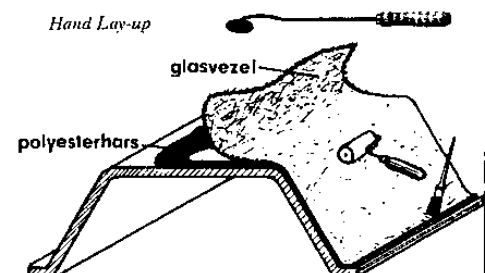
Op de gelcoat laag wordt met de kwast of roller een laag hars aangebracht. Hierin drukt men de eerste laag glasmat, zodat deze van onderaf al benat wordt. Nu wordt ook van boven af de glasmat met hars bevochtigd. Let goed op dat er geen witte plekken meer zichtbaar zijn, maar gebruik ook niet te veel hars. Dit verhoogt nl. niet de sterkte, doch alleen het gewicht. Heel belangrijk is het wegdrukken en rollen van lucht tussen de onderlinge lagen. Bij het gebruik van een kwast moet een tamponerende beweging gemaakt worden, dit is een beweging loodrecht op de mat. Door strijkende beweging zouden nl. vezels op een hoop gestreken kunnen worden, waardoor een ongelijke

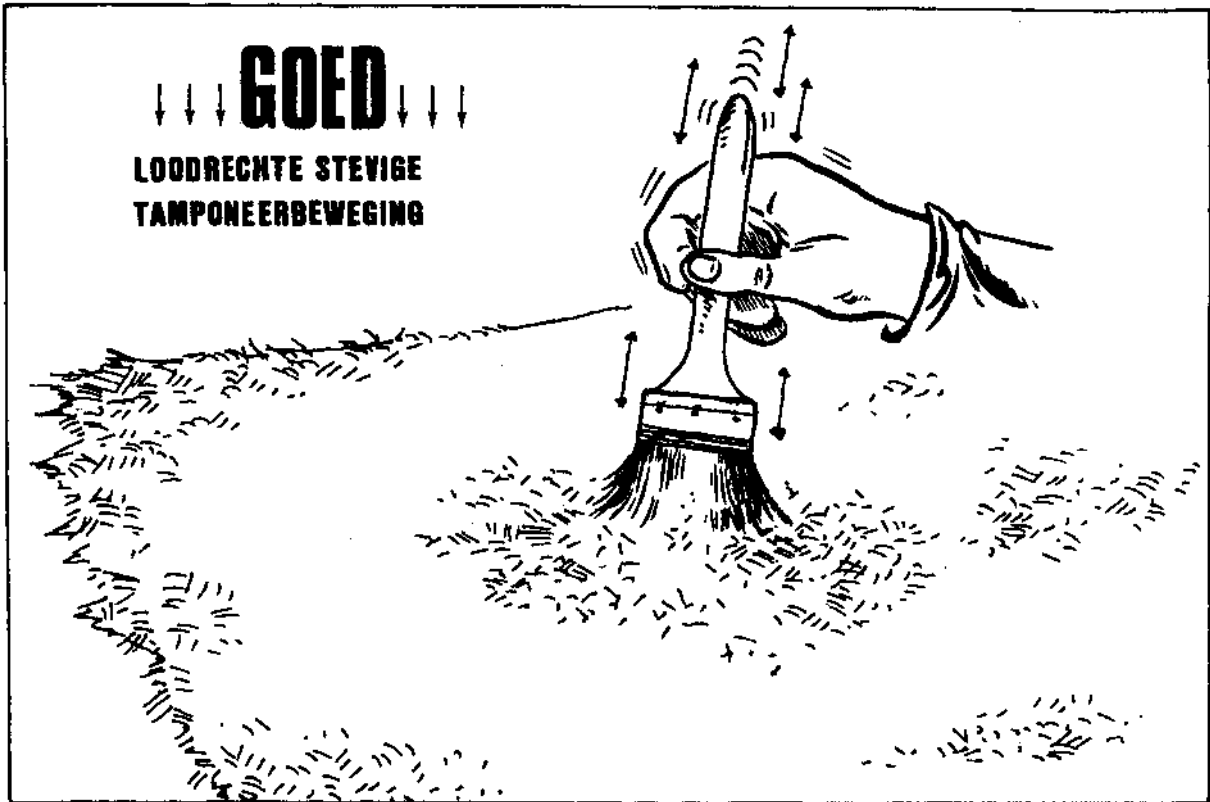
laagdikte zou ontstaan. Het



gebruik van een mohair roller is aan te bevelen, het werkt sneller vooral op grote vlakken. Om ingesloten luchtballen zo goed mogelijk te verdrijven, gebruikt men een z.g. ontluchtingsroller. Dit zijn

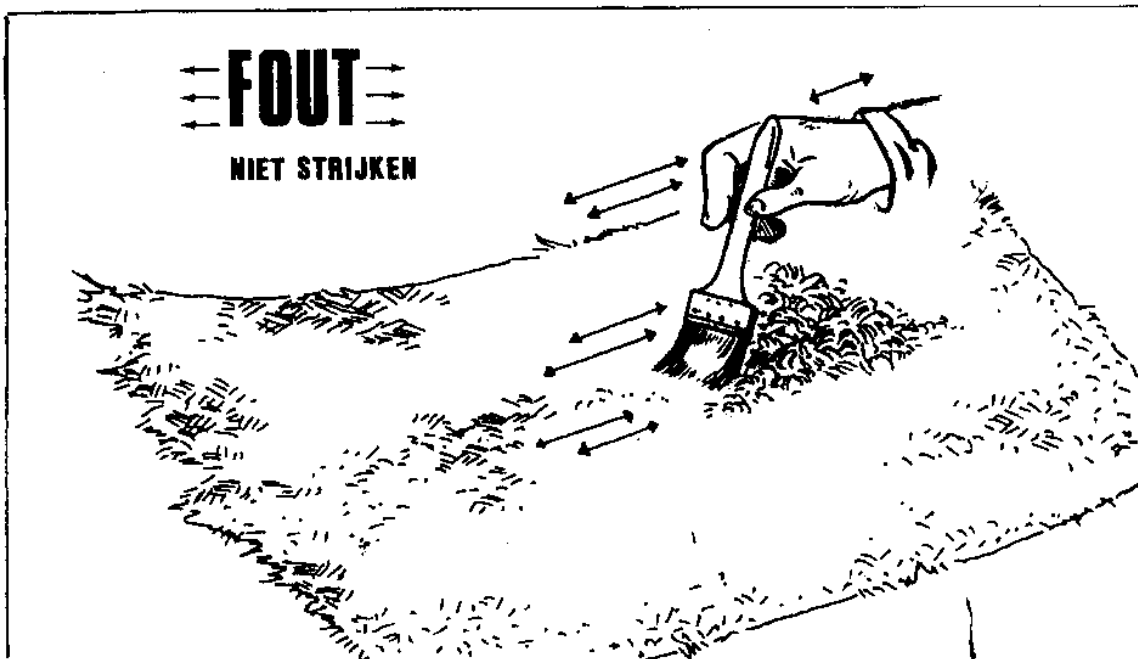
rollers met metalen ribbels, waarmee men stevig over het natte laminaat rolt. Voor de hoeken zijn er hoekrollers die slechts uit een draaiende ring bestaat.





*Gemiddelde eigenschappen van Polyester / Glasvezel-laminaten*

Eigenschap	Vierkant glasweefsel	Unidirectionaal weefsel	Glasmatt	eenheid
Glas/hars	55 : 45	70 : 30	65 : 35	gew %%
treksterkte	3500	8000	1400	kg/cm <sup>2</sup>
druksterkte	2000	4600	1600	kg/cm <sup>2</sup>
buigsterkte	4000	10.000	2000	kg/cm <sup>2</sup>
soortelijk gewicht	1,7	1,9	1,6	
lineaire uitz. coëff.	15	10	20	x 10 <sup>-6</sup> pC°
warmte geleidings coëff.	0,22	0,35	0,19	cal/mh C°
Slagvastheid	110	120	75	cm. kg/cm <sup>2</sup>





## *Handboek werken met koud hardende kunststoffen.*

Stroken glasmat kunnen niet tegen elkaar aangelegd worden (er zouden zwakke plekken ontstaan), maar moeten elkaar overlappen. Door de glasmat in plaats van knippen te scheuren en de overlappingsen in elke volgende laag op een andere plaats te leggen wordt deze volkomen onzichtbaar. Dikwijls wordt in de laatste laag gebruikt gemaakt van een weefsel of een oppervlaktemat, waardoor het oppervlak minder ruw is dan glasmat. Door het oppervlak bovendien af te lakken met D.D. Lak of topcoat, wordt dit aanmerkelijk gladder en vooral beschermd met een afdeklaag. Als de hars is gegelleerd, doet deze gedurende enige tijd (afhankelijk van de katalysatorversneller-dosering) rubberachtig aan. Gedurende deze tijd kunnen overtollige randen langs de mal gemakkelijk met een stanleymes worden weggesneden. Hierdoor wordt veel nabewerking voorkomen, want als de hars verder doorhardt, kan deze alleen nog maar doorzagen, doorslijpen of schuren worden bewerkt. Laminaten kunnen door middel van verstijvingribben worden versterkt. Hiervoor kunnen verschillende materialen worden gebruikt. (houtprofielen, schuimsoorten, kartonkokers e.d.). Deze verstijvingprofielen worden dan tussen de wapeningslagen in vastgezet (gelamineerd).

### ***Invloed op de eindkwaliteit***

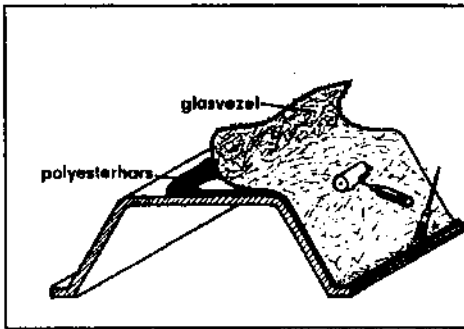
Gewapende kunststoffen enerzijds en constructiematerialen zoals staal of aluminium anderzijds, zijn kwalitatief verschillend in het opzicht van meten met getallen. De samenstelling van staal of aluminium is al in de fabriek bepaald. De verwerker van de kunsthars bepaald zijn eigen kwaliteit. Door zoveel mogelijk aandacht te besteden aan onderstaande punten, kunt u de kwaliteit van het eindproduct zo hoog mogelijk houden.

1. Sla hars koel ( rond 10°C.) op.
2. Houdt glasvezels goed verpakt en droog.
3. De temperatuur tijdens de verwerking en verharding zo constant mogelijk houden (bij voorkeur kamertemperatuur tijdens de verwerking en hoger tijdens de uitharding)
4. Door tocht en een te lange potlifé kan te veel styreen verdampen, hetgeen tot gevolg kan hebben dat er onvoldoende doorharding plaats vindt.
5. Intensief mengen van de hars met verharder is noodzakelijk om een homogeen eindproduct te krijgen. Vooral bij "dikkere harsen" zoals gelcoat en topcoat verdient dit extra aandacht.

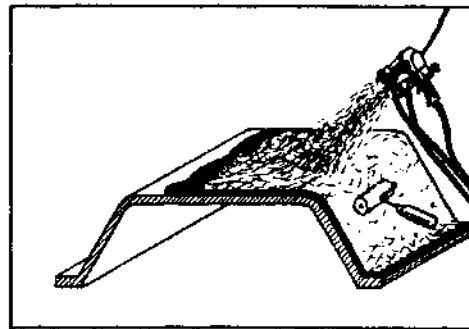


## Verwerkingstechnieken voor gewapende polyester

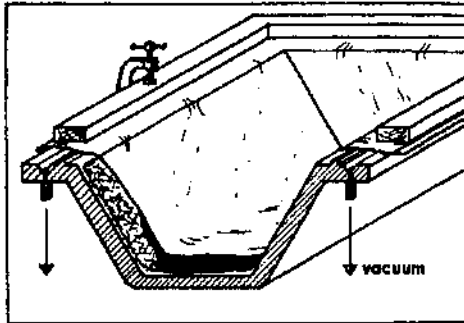
1 HAND LAY-UP



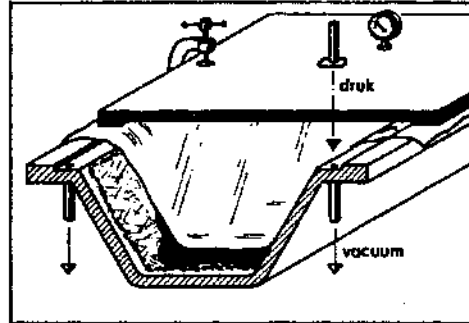
2 TWEE KOMPONENTEN SPUIT



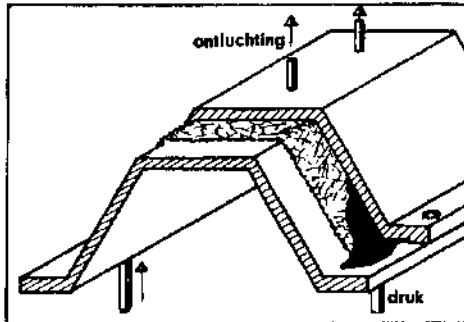
3 VACUUM



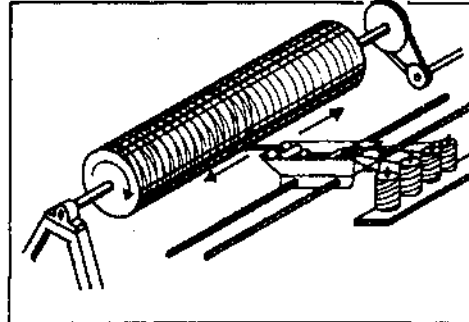
4 DRUK EN VACUUM



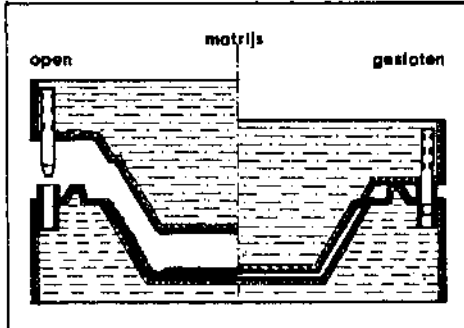
5 INJECTIE



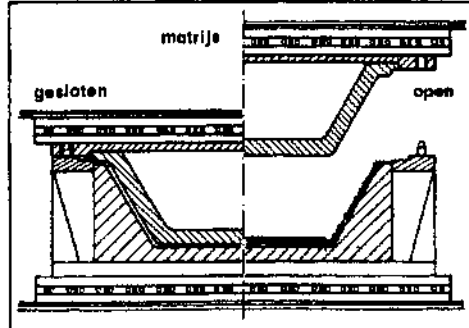
6 WIKKELEN



7 KOUD PERSEN



8 WARM PERSEN





### Polyester H30-0

H30-0 is een general purposehars met flexibele eigenschappen welke in combinatie met glasvezels producten vormt met goede mechanische eigenschappen. Door de flexibele eigenschappen is de slagvastheid zeer goed. H30-0 is de bij uitstek geschikte hars voor bootbouw, carrosserieën, tanks, bakken, vijvers en panelen. Kortom, een hars met een zeer groot toepassingsgebied. H30-0 is na

uitharding geheel kleefvrij en kan worden afgewerkt met een topcoathars. Voor het impregneren van glasvezels heeft H30-0 niet te worden verdund met styreen en is behalve de toevoeging van katalysator voor gebruik gereed.



### Polyester G311, G327

G311, G327 is een polyesterhars, die wordt toegepast als gelcoathars. Gelcoathars is de hars die bescherming moet geven aan onderliggende gewapende lagen polyester en wordt bijna uitsluitend gebruikt als met behulp van een mal producten worden gemaakt. De gelcoathars is thixotrop en daarom geschikt voor het eventueel in dikke lagen opbrengen op verticale wanden. Door deze hars wordt in de meeste gevallen een pigmentpasta gemengd teneinde het product een kleur te geven. Polyesterhars G311, G327 kan zowel met de kwast, roller als spuitpistool worden verwerkt. Afhankelijk van de toepassing worden 1 of 2 lagen gelcoathars toegepast. Moet u een dun laminaat maken, bestaande uit bijvoorbeeld 2 lagen glasmat, dan is het aan te raden, slechts 1 laag gelcoathars toe te passen. Hierbij moet de laag zo gelijkmatig mogelijk worden opgebracht en kan er 400 tot 500 g. per m<sup>2</sup> worden verstreken. Past u 2 lagen gelcoathars toe, dan moet van een verbruik van ca. 300 g. per m<sup>2</sup> per laag worden uitgegaan. Het is noodzakelijk de gelcoathars snel te laten geleren. Hiervoor moet dan 2% versneller en 2 tot 3% katalysator worden gebruikt bij een minimumtemperatuur van 15 graden C. Zowel met het 2 lagen als met 1 laagstelsel moet de gelcoat goed zijn verhard voordat met een volgende laag kan worden doorgedaan. Dit geldt voor een volgende glasvezellaag net zo goed als voor de gelcoatharslagen onderling. Uitgangspunt voor

### de verwerking van G311, G327

	kwast of rol	spuitpistool
G311 G327:	100 gew. delen	100 gew. delen
Pigment pasta	10 tot 20 gew. delen	10 tot 20 gew. delen
styreen	0 tot 5 gew. delen	-----
chem. zuiver aceton -----		15 tot 20 gew. delen
versneller Cobalt		2 tot 4 gew. delen
katalysator		
(MEKP)	2 tot 4 gew. delen	2 tot 4 gew. delen

Opm. door het thixotrope karakter van G311, G327 is het mengen van de componenten iets moeilijker. Let er op, dat de bodem en zijanten van de mengbeker goed zijn omgeroerd. Het is verstandig om na menging het geheel in een schone beker over te gieten en daaruit te verwerken.

### Polyesterhars L T 35 SB

LT 35 SB is een kleefvrije hars welke wordt toegepast als topcoathars voor de bescherming van gewapende polyesterlagen. Na harding heeft het oppervlak een zijdeglans. Voor kleuring kan men aan de LT 35 SB een hoeveelheid pigmentpasta (van 10 tot 20%) toevoegen. LT 35 SB kan zowel met de kwast als met de roller worden aangebracht. Een roller geeft een min of meer geribbeld of golvend profiel aan het oppervlak. Door het thixotrope karakter van de LT 35 SB kan de hars op verticale vlakken goed dik worden aangezet zonder dat deze uitzakt. Dit voordeel heeft echter als consequentie, dat het moeilijk is de hars geheel streepvrij aan te brengen. Wordt dan ook een

hoogglanzend en streepvrij oppervlak gewenst, dan is het raadzaam hiervoor een D.D. Lak te gebruiken. LT 35 SB vindt zijn toepassing o.a. indien een



gemaakt waarvan de glasvezelzijde moet worden afgewerkt. De afwerking als gekleurde topcoat laag komt ook voor bij het bekleden van oppervlakken. Hierbij vervult de topcoat niet alleen de plaats van kleurlaag, maar op de eerste plaats die van bescherming voor de onderliggende glasvezels. De aanvankelijk nog goed zichtbare glasvezel structuur zal door de thixotrope topcoathars praktisch geheel worden weggewerkt. Doordat de hars thixotrop is ingesteld, let men terdege op een goede en intensieve menging met de pigmentpasta en katalysator. Bij het gebruik van een kleur pigment kan de totale te gebruiken hoeveelheid toncoat

tevooren worden gemengd met de pigmentpasta. Dit heeft het voordeel, dat niet iedere kilo eerst apart moet worden gemengd voordat de katalysator wordt toegevoegd. Als u een lichte kleur moet aanbrengen, zal de LT 35 SB niet altijd in een keer dekken. In dit geval doet u er verstandig aan, het polyester/glasvezellaminaat een keer voor te strijken met gepigmenteerde impregneerhars (H30-0). Het recept van deze zogenaamde "grondverf" kan bestaan uit: H30-0 + 15% pigment + 3% katalysator (bij voorversnelde hars). Wilt u 2 lagen LT 35 SB over elkaar aanbrengen, dan is het noodzakelijk de 1e laag met schuurpapier op te ruwen. Ofwel de laag met N35 BT en 2e laag LT 35 SB

### Styreen

In enkele gevallen kan het noodzakelijk zijn polyesterhars te verdunnen met styreen. Maak nooit de denkfout, dat dit ook wel zal gaan met aceton, terpentijn of andere oplosmiddelen. In polyesterhars zelf is een bepaalde hoeveelheid styreen verwerkt, dat ook een wezenlijk onderdeel is van hars. Bij de uitharding van polyester reageert de styreen mee. Styreen kan ook in zekere mate extra aan de polyesterhars worden toegevoegd, waardoor deze een lagere viscositeit krijgt (dunner wordt).

Extra toevoeging van styreen aan polyesterhars vertraagt in het algemeen de verharding. Styreendampen zijn zwaarder dan lucht en blijven in een werkruimte over de vloer hangen. Tijdens de verwerking van polyesterharsen (giethars en impregneerhars) komen styreendampen vrij. Nu is het niet zo, dat als u eens 5 kg. hars verwerkt in een kleine gesloten ruimte van 3 bij 3 m., er in allerijl paniek hoeft te ontstaan. Wel zal in een zelfde ruimte bij het verwerken van 60 kg. moeten worden geventileerd langs vloer en plafond. Onnodig te zeggen, dat open vuur, roken en dergelijke taboe zijn.

### Polyesterhars T 40

T 40 is een polyesterhars op basis van neopentylglycol. De mechanische eigenschappen overtreffen die van H30-0. De hars wordt in hoofdzaak toegepast als een goede chemische bestendigheid wordt geëist. T 40 is in combinatie met thixotropie poeder en pigmentpasta ook bruikbaar als topcoathars. T40 wordt evenals andere polyesterharsen verwerkt met versneller en katalysator.

Vergelijkingstabel van de Chemicaliën bestendigheid bij 20 graden C.

Polyester T40	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Polyester H30	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

- 1 - gedestilleerd water
- 2-50%H<sub>2</sub>S<sub>04</sub>
- 3-10%H<sub>2</sub>S<sub>04</sub>
- 4-10%HN<sub>03</sub>
- 5 - 15% HCL
- 6-10%NH<sub>40</sub>H
- 7 - benzine / dieselolie
- 8 - alcohol
- 9 - bleekloog
- 10 - plantenolie
- 11 - organische zuren

+ = bestendig

- = niet bestendig

### Polyesterhars GTS

GTS is een koud gietbare, waterheldere polyesterhars welke na uitharding met mekp. katalysator glasheldere gietstukken geeft. GTS is reeds voorgemengd met een speciale versneller, zodat voor gebruik uitsluitend katalysator hoeft te worden gemengd. Afhankelijk van het te gieten volume mengt u 0,6 tot 1% katalysator. U past 0,6% toe bij het gieten van grote stukken (bijv. 10 bij 20 bij 30 cm.), 1% gebruikt u als de giethoogte slechts 1 cm. is., Met dit type hars zijn grote gietstukken te maken, omdat de warmteontwikkeling tijdens de uitharding gering is in vergelijking met andere polyesterharsen. Door menging van GTS met vulstoffen zoals talk, kwartsmeel of zand, kunt u de kostprijs van de hars belangrijk verlagen. Een ander voordeel van deze toevoeging is het verminderen van de krimp en de lagere warmte ontwikkeling. Moet een product slagvaste eigenschappen bezitten dan is het noodzakelijk de hars met een bepaald percentage flexibele menghars te mengen. Afhankelijk van de vereiste mate van slagvastheid kan de GTS tot de verhouding 2:1 met flexibele menghars worden gemengd.

## FEW

FEW is een door middel van speciale vulstoffen verdikte polyesterhars waaraan reeds de benodigde hoeveelheid speciale versneller is toegevoegd. FEW kan worden gebruikt voor het opvullen van gaten en naden en in het bijzonder voor het afwerken van oppervlakken. (hout, metaal, beton en gewapend polyester). FEW kan eventueel in diktes worden opgezet van 1 cm., zonder gevaar van barsten tijdens de harding. De verwerking kan plaats vinden bij temperaturen van 5 tot 30 graden C. Geleertijd met 1% B.P.O. harderpasta bij 20 gr.C. is ca. 5 minuten. Door de snelle gatering van FEW kunt u het beste met kleine hoeveelheden tegelijk werken. Een goede menging met de harderpasta bereikt u door de plamuur op een oud stuk karton of board aan te maken. Het doseren van de katalysator zou theoretisch alleen gewogen kunnen worden. In de praktijk komt het er echter op neer, dat per 100 g. plamuur een mespunt pastakatalysator kan worden gedoseerd. De FEW kan met behulp van pigmentpasta worden gekleurd. Het is echter niet zo, dat precies dezelfde kleur als de pigmentpasta wordt verkregen. De vulstofcombinatie waarmee de Poly-plamuur is opgebouwd, heeft een te grote kleurinvloed. FEW is na harding bijna direct schuurbaar. Zowel met de hand als met de schuurmachine zijn goede resultaten te boeken. Moet de FEW iets dunner worden verwerkt dan kan deze met 5 tot 10% H30-0 worden verdund. De verwerkingstijd zal hierdoor eveneens iets groter worden.

## V11

V11 is een combinatie van Polyesterbars en glasvezel in de vorm van een pasta. V11 is niet zomaar een plamuur te noemen, omdat ze vanwege de Vezelvulling

ongeschikt is als afwerkingsmateriaal.

Het toepassingsgebied ligt voornamelijk op het terrein van versterkingen. V11 is een pure polyesterhars gemengd met een hoog percentage korte glasvezels. Het harsgedeelte is voorgemengd met speciale versneller en moet worden verhard met 2% B.P.O. harderpasta. V11 is een ideaal materiaal voor versterking en reparatie van gaten en naden in polyester- hout- metaal en steen



Als materiaal is V11 minstens 10 keer zo sterk als FEW. Voor het vlakschuren van verharde V11 is het gebruik van een schuurmachine noodzakelijk. Moet u op een moeilijk bereikbare plaats een gat dichten en versterken, dan is V11 gemakkelijker in gebruik dan een glasmat die moet worden getamponneerd met polyesterhars.

## LightPlast

LightPlast lichtgewicht is een moderne variant op de normale FEW. Het bijzondere van deze



plamuur is de vulstof die voornamelijk bestaat uit GLASBUBBLES. Met deze uit holle bolletjes bestaande vulstof met diameters van 10 tot 60 µm is een romige plamuur te maken met een laag soortgelijk gewicht. Is 1 Ltr. normale FEW bijna 2 kg. weegt, heeft 1 Ltr. LightPlast een gewicht van 1 kg. Naast het lage gewicht dat bij tal van toepassingen van pas kan komen, heeft LightPlast door de structuur van de Glass-Bubbles ook nog een flexibeler en slag vaster karakter. De basishars is dezelfde als die van de FEW en wordt eveneens voor gebruik met B.P.O. harderpasta gemengd.

## MEKP. Katalysator en

### Kobalt versneller

MEKP is een water heldere vloeistof welke in combinatie met Kobalt-versneller (violetkleurige vloeistof) de hars bij kamertemperatuur binnen redelijke tijd laat uitharden. Deze combinatie wordt zeer veel gebruikt. De voordelen van deze combinatie zijn de volgende:

De geltijd kan goed ingesteld worden. Men kan van beide stoffen van 1 tot 4% door de hars mengen. De versneller beïnvloedt de geltijd van de hars. De katalysator is van invloed op de uithardingstijd van de hars. Mengt u bijv. 1% katalysator en 1 % versneller door de hars (bijv. bij 20 graden C.) dan zal de geltijd ongeveer 45 minuten zijn (bij 1-130-0). Heeft men alleen versneller aan de hars toegevoegd, dan is de houdbaarheid nog minstens een half jaar. Veelal is door de leverancier de versneller al aan de hars toegevoegd, zodat de verwerker alleen nog de katalysator hoeft te mengen. In de impregneerharsen is doorgaans 1% versneller gemengd, door de topcoat en gelcoat meestal 2%. Moet men werken bij lagere temperaturen en/of in een vochtige omgeving, dan wordt het systeem

Benzoyl peroxyde met DMA (Amine versneller) gebruikt. In uitzonderlijke gevallen kan ook gebruik worden gemaakt van een 3-komponentensysteem. Hierbij gebruikt u 1% Kobalt versneller + 1% Amine versneller en direct voor gebruik 1-3% katalysator (Mekp.). Dit systeem kan worden toegepast om bij temperaturen van 5 graden C. nog te kunnen werken.

### ***katalysator toevoeging***

***Voor 1 kg***

***(= 1000 g. Polyesterhars)***

<b><i>1%</i></b>	<b><i>2%</i></b>	<b><i>3%</i></b>
<b><i>=</i></b>	<b><i>=</i></b>	<b><i>=</i></b>

<b><i>10 ml</i></b>	<b><i>2x10 ml</i></b>	<b><i>3x10 ml</i></b>
---------------------	-----------------------	-----------------------

bijvoorbeeld gaas, of in het algemeen een ondergrond waarop niet kan worden getamponneerd vanwege de zwakke constructie, wordt ook de hulpmethode van prepregs toegepast. Hiervoor is het niet noodzakelijk Hostaphaanfolie te gebruiken. Ook kan worden volstaan met een stuk board of karton. Hierop maakt u dan een stapeltje voor-geïmpregneerde matten of weefsels, die vervolgens over het te bekleden object worden gedrapeerd. Na het op deze wijze verkrijgen van een verharde ondergrond, kan het object verder worden bewerkt op de reeds beschreven wijze Bij het maken van deze prepregs moet rekening worden gehouden met de korte verwerkingstijd.

### ***Hostaphaanfolie***

Het gebruik van Hostaphaanfolie vindt zijn toepassing als men een oppervlak geheel glad wil afwerken. Hiertoe wordt het folie in de nog natte laatste laag gedrukt en met behulp van een gladde roller of fles luchtbelvrij uitgestreken of gerold. Na verharding kan het folie gemakkelijk worden verwijderd, omdat er geen hechting met het folie tot stand komt. Het voordeel van deze methode is:

een gladder oppervlak. Een betere uitharding van het product, omdat de exotherme reactiewarmte door de afdekking van het folie beter wordt vastgehouden. minder kans op vochtinwerking van een laminaat. De glasvezels zijn door de ontstane gladde laag beter beschermd. Het gladdere oppervlak neemt minder snel vuil op.

Het nadeel van deze methode is:

Deze methode gaat alleen op voor vlakken met een ronding. Door de naden van de verschillende Hostaphaanfolie stroken ziet men later duidelijk afscheidingen. Het aanbrengen is een extra bewerking en kost tijd en geld. De hechting van nieuwe lagen kan alleen tot stand komen door het opschuren van de ondergrond. Hostaphaanfolie wordt ook gebruikt voor het maken van zogenaamde "hand lay-up" prepregs. Hiermee wordt bedoeld, het tevoren impregneren van glasvezels (matter of weefsels) op een strook Hostaphaanfolie. De gehele combinatie kan nu bijvoorbeeld gebruikt worden voor het repareren van een gat. De Hostaphaanfolie

blijft zitten totdat de polyester is verhard. Bij het impregneren van glasvezel op een ondergrond van