

Inleiding

Ruim vijftig jaar geleden was zelf werken met glasmat en polyesterhars nog iets bijzonders. Gewapend polyester als bouw materiaal voor boten en jachten verdrong hout en staal.

Om de kosten van de mal rendabel te kunnen maken werd seriebouw noodzakelijk. Ontwerpers waren niet meer gebonden aan beperkingen van vormen en constructies. Elke vorm was mogelijk. Maar dat gold niet alleen voor de jachtbouw; op alle gebieden werd gewapend polyester toegepast.

Amateurbouwers keken aanvankelijk wat vreemd aan tegen het verwerken van gewapend polyester. Het was Bert Faas van Poly-Service die met veel enthousiasme voorlichting en praktijkinstructie gaf, zodat voor velen zich een nieuwe wereld van mogelijkheden opende. Zijn *Praktijkhandboek Kunststoffen* haalde vier drukken.

Intussen zijn we vier decennia verder. Gerard Lok heeft Poly-Service uitgebouwd tot een bedrijf dat zowel aan werven, constructiebedrijven als particulieren levert. Ook de range van producten is in de loop der jaren sterk uitgebreid. Naast polyesterharsen en verschillende soorten glasvezels zijn er volop epoxy-harsen en polyurethaanharsen leverbaar. Hiermee zijn weer heel andere producten te maken.

Tevens zijn er verschillende vormgietrubbers als latex, PU-rubber en siliconenrubber ontwikkeld met tal van specifieke toepassingen.

Om een compleet boek samen te stellen voor de veelzijdige gebruiker van kunststoffen is een team van deskundigen aan het werk geweest. Na drie jaar intensieve samenwerking tussen Gerard Lok, jachtontwerper Jaap Kramer, ir. Jaap Gestman Geradts,

ir. Edith Janzen en Wim de Bruijn ontstond er een compleet nieuw *Praktijkhandboek Kunststoffen*.

Doordat het boek is ingedeeld in drie hoofdstukken: 1. Begrippen en materialen; 2. Algemene vaardigheden en 3. De praktijk, is het niet moeilijk om snel een bepaald onderwerp op te slaan.

Daarbij kunt u als gebruiker, dankzij de schematische indeling voorin, via de kopregels boven aan elke pagina en via het alfabetische trefwoordenregister achter in het boek, snel een concreet onderwerp vinden.

Bij elk onderdeel zijn enkele voorbeelden gegeven, maar dankzij de basisinformatie in dit handboek kunt u – met uw eigen fantasie – eindeloos variëren.

Inmiddels is dit boek sinds 2000 negenmaal herdrukt. Voor de vijfde druk werd besloten om het geheel te herzien, aan te vullen met de laatste ontwikkelingen op het gebied van kunststoffen, en in onbruik geraakte onderdelen te laten vervallen. Tevens werden alle tekeningen opnieuw in kleur gemaakt en de foto's vervangen door kleurenfoto's. Na ruim een jaar van noeste arbeid is er weer een geheel vernieuwd en up-to-date *Praktijkhandboek Kunststoffen* beschikbaar voor vakman en amateur. De inhoud van deze negende druk is nog steeds actueel en derhalve ongewijzigd, alleen het omslag is vernieuwd.

Het hele team van samenstellers wenst u veel succes bij het werken met het grote scala van kunststoffen dat in dit praktijkhandboek is behandeld.

Wim de Bruijn,
Haarlem, 2020

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 - Begrippen en materialen

1.1 Kunststoffen	13	PU-lakken	22
Historie	13	<i>Eencomponent-lak</i>	22
<i>Plastic is fantastic</i>	13	<i>Tweecomponenten-lak</i>	22
Thermoplasten en thermoharders	14	PU-gietharsen	22
<i>Glasvezelversterkte kunststof</i>	14	PU-lijmen	23
		PU-kitten	24
		<i>Verwerking</i>	24
1.2 Polyesterharsen	14	1.5 Vormgietrubbers	24
Verharders en versnellers	15	Latex-rubber	24
<i>De uitharding door UV licht</i>	15	<i>Verwerking</i>	25
Het verhardingsproces	15	PU-rubber	25
<i>Mengen van hars en harder</i>	15	<i>Verwerking</i>	25
<i>Geltijd</i>	16	Siliconenrubber	26
<i>Exotherme reactie</i>	16	<i>Verwerking</i>	26
<i>Factoren die de geltijd beïnvloeden</i>	16	Overzicht	27
<i>Naharding</i>	17	<i>Latex - PU-rubber - Siliconenrubber</i>	27
<i>Krimp</i>	17		
<i>Versterkte en onversterkte polyesterhars</i>	17	1.6 Composieten	27
Hulpstoffen voor polyesterhars	17	<i>Composieten</i>	27
<i>Styreen</i>	17	<i>Kunsthars/vezel-composieten</i>	27
<i>Paraffine-oplossing</i>	17	<i>Voordelen van versterkte</i>	
<i>Pigmentpasta</i>	18	<i>kunstharsen</i>	27
		<i>Nadelen van versterkte</i>	
		<i>kunstharsen</i>	27
		<i>Maximale sterkte</i>	28
1.3 Epoxyharsen	18	1.7 Glasvezelproducten	28
Harders en hardingssystemen	18	Het fabricageproces van glasvezels	28
<i>Potlife</i>	19	<i>Roving</i>	29
<i>Naharden</i>	19	<i>Chopped Strands</i>	29
<i>Krimp</i>	19	<i>Glasmatt</i>	30
<i>Inkleuren</i>	19	<i>Glasvlies</i>	31
<i>Hechting en lossing</i>	19	<i>Glaswol</i>	31
<i>UV-stabiliteit</i>	19	<i>Glasweefsels</i>	31
Vergelijking polyester- en epoxyharsen	19	<i>Vierkantweefsel</i>	31
Praktische tips bij verwerking van epoxy materialen	20	<i>Keperweefsel</i>	31
		<i>Satijnweefsel</i>	32
		<i>Unidirectionaal weefsel (U.D.)</i>	32
		<i>Rovimat 300/300</i>	32
		<i>Glasweefselband</i>	32
		<i>Glaslegsel</i>	32
1.4 Polyurethaan	20		
<i>Verwerking en harding</i>	21		
Schuimen	21		
<i>De verwerking van</i>			
<i>tweecomponenten-hardschuim</i>	21		
<i>Hechten of lossen</i>	22		
<i>Afwerken van PU-schuim</i>	22		
<i>Eencomponent-montageschuim</i>	22		

1.8 Overige vezels	33	<i>Oxiderend</i>	39
Aramide	33	<i>Milieugevaarlijk</i>	39
<i>Aramide-laminaat</i>	33	Belangrijke punten	39
Koolstof (Carbon)	33	Opslag	39
Polyamide	33	<i>Polyesterharsen</i>	40
Hybrideweefsels	34	<i>Peroxiden en versnellers</i>	40
		<i>Epoxyharsen</i>	40
1.9 Losmiddelen	34	<i>Polyurethaan</i>	40
Het doel van losmiddelen	34	<i>Versterkingsmaterialen</i>	40
Voorbehandeling van het maloppervlak	34	<i>Reinigingsmiddelen</i>	40
Indeling van de losmiddelen	34	<i>Vulstoffen</i>	40
1.10 Hulpstoffen	35		
Veel gebruikte hulpstoffen	36		
<i>Vulstofkrijt</i>	36		
<i>Microballoons</i>	36		
<i>Aerosil</i>	36		
<i>Aluminium-trihydraat</i>	36		
<i>Pigmenten en kleurstoffen</i>	36		
1.11 Gereedschappen	36		
<i>Weegschaal</i>	36		
<i>Mengbekers/emmers</i>	36		
<i>Maatglazen</i>	36		
<i>Injectiespuiten</i>	36		
<i>Kwasten</i>	37		
<i>Rollers</i>	37		
<i>Ontluchtingsrollers</i>	37		
<i>Schaar</i>	37		
<i>Afbreekmes</i>	37		
<i>Plamuurrubbers/-messen</i>	37		
1.12 Persoonlijke beschermingsmiddelen en veiligheid	38		
Inrichting werkplaats	38		
Persoonlijke hygiëne	38		
<i>Huid</i>	38		
<i>Ademhaling</i>	38		
<i>Ogen</i>	38		
Etiketten	38		
<i>Definities</i>	39		
<i>Ontvlambaar</i>	39		
<i>Licht ontvlambaar</i>	39		
<i>Schadelijk</i>	39		
<i>Irriterend</i>	39		
<i>Corrosief</i>	39		

Hoofdstuk 2 - Algemene vaardigheden

2.1 Berekeningen maken	41	<i>Gereed maken om te schilderen</i>	53
Algemene formules	41	Het schilderen	53
<i>Voorbeeld 1: oppervlakken</i>	42	De systemen in het algemeen	54
<i>Voorbeeld 2: bekleden</i>	42	Systeem voor polyester	54
<i>Voorbeeld 3: vormstuk</i>	42	Systeem voor staal	55
<i>Voorbeeld 4: percentage</i>	43	Systeem voor hout	56
<i>Voorbeeld 5: mengverhouding</i>	43	Systeem voor aluminium	57
		Systeem voor woodcore epoxy laminaat	58
2.2 Meten en mixen	43		
Mengkokers en -emmers	44		
Vulmiddelen	44		
Werken met versterkingsmaterialen	44		
<i>Glasmatten</i>	44		
<i>Weefsel</i>	45		
2.3 Lamineren	45		
<i>Ontluchten</i>	45		
<i>Nat in nat werken</i>	45		
<i>Overlappen</i>	46		
2.4 Bekleden van oppervlakken	46		
<i>Ondergrond</i>	46		
<i>De hechtlaag</i>	46		
<i>De versterkingslaag</i>	46		
<i>Glasmatten of glasweefsel</i>	47		
<i>Impregneren van glasvezels</i>	47		
<i>Afwerking</i>	47		
2.5 Lijmen	48		
<i>Lijmsorten</i>	48		
<i>Voorbehandeling</i>	48		
<i>Het aanbrengen van de lijm</i>	48		
<i>Primer</i>	49		
<i>Aanbrengen van kit</i>	49		
2.6 Construeren met kunstharsen	49		
<i>Sandwichconstructies</i>	49		
<i>Verstijven m.b.v. ribben of sandwichconstructie toepassen?</i>	50		
2.7 Schilderwerk	50		
<i>Veilig werken met verfproducten</i>	50		
<i>De invloed van kleuren</i>	51		
Kies het juiste verfsysteem	51		
<i>Vorbewerking</i>	51		
<i>Primers en hechtlagen</i>	52		
<i>Plamuren</i>	52		

Hoofdstuk 3 - De praktijk

3.1 Het maken van een polyester mal	59	3.5 Reparaties aan een polyester boot	76
Methode 1: Het moedermodel	59	<i>Gelcoat-reparatie</i>	76
<i>Oppervlakte behandeling van het model</i>	60	<i>Reparatie van kleine beschadigingen in het laminaat</i>	76
<i>Gelcoat</i>	61	<i>Reparatie van gaten of scheuren</i>	77
<i>De eerste laag glasmat</i>	62	<i>Reparatie vanuit de binnenzijde</i>	77
<i>De overige lagen</i>	62	<i>Reparatie vanaf de buitenzijde</i>	78
<i>Doorharden en krimp</i>	62		
<i>Het lossen van de mal</i>	63	3.6 Osmose, het ontstaan en het herstel	80
<i>Prepareren van de mal</i>	63	<i>Het ontstaan</i>	80
<i>Deelmallen</i>	63	<i>Verskillende vormen van osmose</i>	80
Methode 2: Directe opbouw van de mal	64	<i>Preventie en herstel van osmose</i>	80
<i>Prepregmethode</i>	64		
<i>De vlakke mal</i>	65	3.7 Dakbedekking van polyester	82
<i>Part-mallen</i>	66	<i>Voorbereiding</i>	82
		<i>Het aanbrengen</i>	82
3.2 Bouwen van een polyester vormstuk in of om een mal	66	<i>De afwerking</i>	83
<i>Losmiddelen</i>	66		
<i>Gelcoat</i>	66	3.8 Polyester vijvers in elk formaat en model	84
<i>Laminaatopbouw</i>	68	<i>Het model maken</i>	84
<i>Verstijvingsprofielen</i>	68	<i>Belangrijke punten</i>	85
<i>Uitharden</i>	68	<i>Hoeveel en welke soort glasvezel?</i>	85
<i>Lossen uit een mal</i>	69	<i>Aanbrengen polyester en glasvezel</i>	85
<i>Afwerking</i>	69	<i>Waterval</i>	85
3.3 Afbouwen van het casco van een polyester boot	69	3.9 Bekleden van een zwembassin met glasvezelversterkt polyester	86
<i>Romp-dekverbindingen</i>	69	<i>Voorbereidingen</i>	86
<i>Het vastzetten van schotten en spanten</i>	70	<i>De bekleding</i>	87
<i>Verstijvingen, loopvloeren, motorfundaties</i>	70	<i>Laagopbouw</i>	87
<i>Huiddoorvoeren</i>	71		
<i>Bevestigen van beslag</i>	71	3.10 Bekleden van een dakgoot	88
<i>Warmte-koude isolatie</i>	72		
<i>Vastgieten van ballast e.d.</i>	72	3.11 Afgietsels maken met polyesterhars	89
<i>Afcoaten bilge</i>	72	<i>De gietmal</i>	89
<i>Dieselolietank</i>	72	<i>Losmiddel</i>	89
3.4 Bootromp volgens de Glassfibre-foamcore methode	73	<i>Temperatuur</i>	89
<i>Principe</i>	73	<i>Krimp</i>	90
<i>Uitzetten van de spanten</i>	73	<i>Gevulde gietstukken</i>	90
<i>Bevestigen sandwichkern</i>	73	<i>Transparante ingietingen</i>	91
<i>Bekleden buitenzijde</i>	74	<i>Werkwijze</i>	91
<i>Afwerking buitenzijde</i>	74	<i>Mengen met de verharder</i>	91
<i>Bekleden binnenzijde</i>	75	<i>Gieteren</i>	91
<i>Afwerking binnenzijde</i>	75	<i>Uitharding</i>	92
<i>Dek/opbouw</i>	75	<i>Nabewerking</i>	92
		<i>Artistieke toepassingen met polyesterhars</i>	93

3.12 Hout-epoxysysteem	95	<i>Afwerking laminaat</i>	123
<i>Houtsoorten</i>	95	<i>Draaien van de romp</i>	124
<i>Houtcondities</i>	96	<i>Aanbrengen van glasweefsel op de binnenzijde</i>	124
3.13 Poly-Pox-systeem	96	3.20 Hout-epoxy casco afbouwen	125
<i>Harsen & harders</i>	96	<i>Schotten en spanten</i>	125
<i>Verwerking</i>	97	<i>Wrangen</i>	125
<i>Laag op laag</i>	97	<i>Tanks</i>	125
3.14 Lijmverbindingen	98	<i>Betimmering</i>	126
<i>Voorbehandeling</i>	98	<i>Koelbox</i>	126
<i>Welke lijm?</i>	98	<i>Spiegel</i>	128
<i>Lassen van multiplex</i>	99	<i>Dek en opbouw</i>	128
<i>Lamineren van hout</i>	99	<i>Sandwich</i>	128
<i>Lijstverbindingen</i>	101	<i>Bekleden</i>	129
3.15 Rijg- en plakmethode	103	<i>Monteren van beslag</i>	129
<i>Uitzagen en pasmaken</i>	103	3.21 Het leggen van	
<i>Verbinden van de delen</i>	103	een teakhouten dek	130
<i>Afbouwen van de boot</i>	104	<i>De richting van de dekdelen</i>	130
3.16 Zelf een boot bouwen vanaf een digitaal		<i>Verwerkingsomstandigheden</i>	130
gefreesd bouwpakket	105	<i>De eisen die aan het hout</i>	
3.17 Bouw van een stripbuilt kano	111	<i>moeten worden gesteld</i>	131
<i>Een houtstrip kano bouwen</i>	111	<i>De ondergrond</i>	131
<i>Bouwen van de romp</i>	111	<i>Lijmen teak dekdelen</i>	131
<i>Schaven en schuren</i>	111	<i>Afdichten deknaden</i>	132
<i>Bekleden met glasweefsel</i>	111	<i>Afwerking</i>	134
<i>Bekleden binnenzijde</i>	111	3.22 Houten bootromp bekleden met	
<i>Afbouwen</i>	113	glasweefsel en epoxyhars	134
<i>Lakken</i>	113	<i>Voorbewerking</i>	134
3.18 Rondspant bootromp volgens		<i>Dicht maken van de romp</i>	135
diagonaalbouw methode	115	<i>Behandeling binnenzijde</i>	136
<i>Vorbereiding</i>	115	<i>Behandeling buitenzijde</i>	136
<i>Werkwijze</i>	115	<i>Afwerking</i>	137
<i>Aanbrengen van de steven en stringers</i>	117	3.23 Repareren van een stalen scheepsromp	138
<i>Eerste huidlaag</i>	117	<i>Vorbewerken van de ondergrond</i>	138
<i>Tweede huidlaag</i>	118	<i>Hechtlaag</i>	138
<i>Derde huidlaag</i>	118	<i>Lamineren van de glasvezellaag</i>	138
<i>Afwerking</i>	118	<i>Plamuren en aflakken</i>	138
3.19 Rondspant bootromp volgens		3.24 Houtrot herstellen met epoxy	138
de Glassfibre-woodcore methode	120	<i>Opsporen rotte plekken</i>	139
<i>Het principe</i>	120	<i>Repareren openstaande</i>	
<i>Werkruimte</i>	120	<i>houtverbindingen en scheuren</i>	139
<i>Bouwmallen</i>	120	<i>Kleine tot middelgrote houtrotschade</i>	140
<i>Aanbrengen van de latten</i>	120	<i>Grote houtrotschade</i>	140
<i>Aanbrengen glasweefsel</i>	122	3.25 Houtrestauratie met glasvezelstaven	
		en epoxyhars	141

3.26 Een waterdichte douchevloer	142	Vochtigheid van de vloer	156
Werkwijze	142	Temperatuur	157
		Betonreparatie	157
3.27 Zelf een camper bouwen	144	3.35 Soorten vloerafwerking	158
Sandwich systeem	144	Impregneren met PU-Hars PS 101	158
Frame	144	Werkwijze	158
Werkwijze stap voor stap	144	Coaten met Poly-Pox GT 625	158
Vloer	145	Werkwijze	158
Het lijmen	145	Gietvloer van PU-Compound PS 120	159
Vacuüm verlijmen	146	Werkwijze	159
Afwerking van de buitenkant met		Siervlokken vloer op beton	161
glasvezelversterkte epoxyhars	146		
Afwerking van de buitenkant met		3.36 Vullen en isoleren met twee-	
polyester- of aluminiumplaat	147	componenten-PU-schuim	162
Wanden monteren	147	Hoeveel schuim is er nodig?	162
3.28 Houtreparatie aan Morris Minor Traveller	148	Vullen van een ruimte	162
		Verwerking	163
3.29 Vacuüm injectie	149	Uitschuimen	163
Het basisprincipe	149	Plastic zak systeem	164
Laminaat en folie lagen	149	Schuimproducten met behulp van een mal	164
Harstransport	149	Gesloten malsysteem	164
Vorbereidingen	151	Vulvolume	164
Vacuüminjectie onder folie	151	Toepassingen	164
Scheepsromp bouwen met vacuüminjectie	151		
De vacuümzak methode	152	3.37 Model maken van PU-schuim	165
		Zelf een blok PU-schuim maken	165
3.30 Decoratief afgewerkt tafelblad	153	Een klimobject maken	166
Vorbereidingen aan het tafelblad	153	3.38 Latex mallen maken	167
Verzadigen met epoxy	153	Verwerkingstechnieken	167
Gieten	153	Droging	168
Nabewerking	153	Opslag en gebruik	168
		Een strijkmal maken met Silipol	168
3.31 Gieten van een massieve epoxymal	154	3.39 Afvormen met siliconenrubber	170
Mengen met vulmiddelen	154	Vorbewerken van het model	170
Werkwijze	154	Malsystemen	171
3.32 Vormstukken van vezelversterkte		Eendelige gietmal	171
epoxy	155	Meerdelige gietmal	172
Losmiddelen	155	Eendelige schilmal	173
Laminieren	155	Tweedelige schilmal	174
Naharden	155	Een schilmal van strijkrubber	175
3.33 Vastzetten van bouten in beton	156	3.40 Afgietsels met PU-Giethars	176
Vorbereiding	156		
Aangieten	156		
Ondersabelen	156		
3.34 Vloerafwerking met kunstharsen	156		
Ondergrond	156		

Hoofdstuk 1

Begrippen en materialen

1.1 Kunststoffen

Historie

Thans vormen aardolie en aardgas de grondstoffen voor het merendeel van de vele chemische producten die overal op de wereld worden geproduceerd. Tot aan het begin van de 20e eeuw waren steenkool, hout en andere plantaardige materialen de enige bronnen voor het maken van chemicaliën. Zo werden de eerste kunststoffen uit natuurlijke producten vervaardigd. Al in 1897 werd uit melkeiwit (caseïne) kunsthoorn gefabriceerd, waardoor de eerste knopenfabrieken ontstonden. En in 1862 werd celluloid gemaakt van cellulosenitraat (afkomstig uit hout) in combinatie met kamfer. Celluloid werd onder andere in de fotografie gebruikt.

Vaak werden kunststoffen ontwikkeld als vervanger van natuurproducten, zoals het bakeliet, genoemd naar de uitvinder Baekeland. Hij vond een kunststof uit die diende als vervanger van het natuurproduct ivoor.

De grote doorbraak kwam na de Tweede Wereldoorlog. De opkomst van de petrochemische industrie is te danken aan het feit dat men toepassingsmogelijkheden zocht voor de kraakgassen die bij de destillatie en het kraken van aardolie ontstonden. Deze kraakgassen vormden de bouwstenen voor nieuwe chemische verbindingen. Deze verbindingen vormen op hun beurt weer de grondstoffen voor het vervaardigen van andere chemische producten.

Plastic is fantastic

Kunststoffen, ook wel plastics genoemd, zijn niet meer weg te denken uit ons dagelijks leven. Omdat kunststoffen vele eigenschappen bezitten, lijken de toepassingsmogelijkheden onbegrensd. Die eigenschappen kunnen ook nog worden aangepast aan de specifieke eisen die



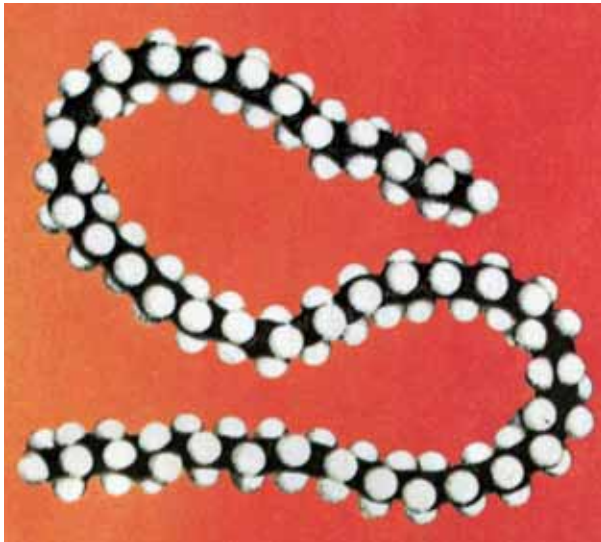
aan het eindproduct worden gesteld. Het zijn daarom geen namaakstoffen, maar materialen met een eigen karakter en geheel nieuwe toepassingsmogelijkheden.

De in dit boek beschreven kunstharsen hebben gemeen dat ze bij normale temperaturen (in de regel tussen 15 en 25°C) door een chemische reactie van vloeibare in vaste toestand overgaan. Deze overgang wordt verkregen door toevoeging van een tweede component, ook wel (*ver*)harder genoemd.

Kunststoffen worden ontwikkeld in laboratoria, waarbij wordt uitgegaan van basismaterialen die worden gewonnen uit aardolie, aardgas en steenkool. Deze producten worden ontleed tot kleine moleculen (monomeren), die vervolgens als een ketting aaneen worden geregen.

Zo'n ketting wordt een polymeer genoemd en het proces waarbij dit plaatsvindt heet *polymerisatie*.

Bij de fabricage van kunststoffen kan men zo'n polymeer de gewenste lengte geven; bovendien kan men er zijketens aan maken, voor de verbinding met andere polymeren. Deze variatie-mogelijkheden zijn de basis om voor elke toepassing een geschikte kunststof te kunnen ontwikkelen.



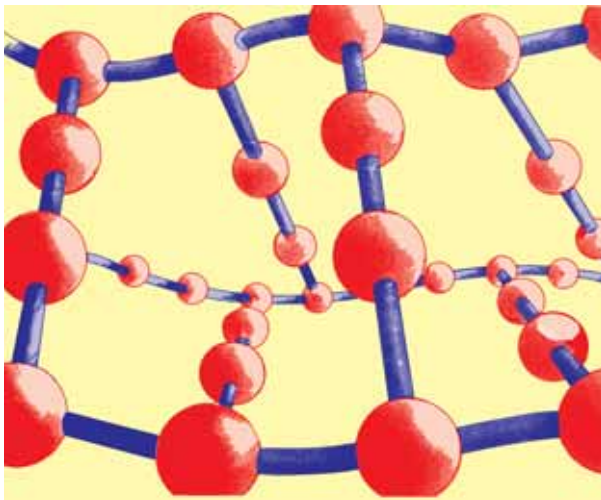
Een voorbeeld van een thermoplast: polyethyleen.
 Thermoplasten bestaan uit niet-verknoopte gepolymeriseerde monomeermoleculen die als slierten langs en over elkaar liggen en niet zijn verbonden.

Er wordt wereldwijd veel onderzoek naar polymerisatie verricht omdat kunststoffen een aantal zeer plezierige eigenschappen kennen:

- lage dichtheid (soortelijk gewicht): lichte leidingen voor water en elektra;
- goede mechanische eigenschappen: taai, onbreekbaar, slijtvast;
- goede thermische isolatie: koelkast;
- goede elektrische isolatie: handvat schroevendraaier;
- goede weerstand tegen oxidatie en andere chemische invloeden;
- goede verwerkbaarheid: moeilijke vormen uit een stuk te maken.

Maar kunststoffen kunnen ook nadelen hebben:

- matige bestendigheid tegen hoge temperatuur;
- brandbaarheid;
- betrekkelijk geringe sterkte en stijfheid.



Thermoharder.

Thermoplasten en thermoharders

Kunststoffen kunnen in twee hoofdgroepen worden verdeeld: de thermoplasten en de thermoharders. Deze twee categorieën zijn gemakkelijk te herkennen aan hun gedrag bij verhitting.

Bij het maken van een thermohardend kunststofproduct vindt een chemische reactie plaats waardoor de moleculen een ruimtelijk netwerk vormen, waarbij warmte vrijkomt. Als dit netwerk eenmaal ontstaan is, heeft het voorwerp zijn definitieve vorm gekregen. Wanneer het product verhit wordt, zal het netwerk verhinderen dat de kunststof smelt. Bij zeer sterke verhitting (ca. 400°C) ontleedt het materiaal zich, waarna het netwerk uiteenvalt. Voorbeelden van thermohardende kunststoffen zijn polyester- (up), epoxy- (ep) en polyurethaanharsen (pur). Thermoplasten daarentegen hebben de eigenschap dat ze bij verwarming boven een bepaalde temperatuur week worden en smelten. Hierbij verliezen ze hun oorspronkelijke vorm. Bij afkoeling herkrijgt het materiaal zijn stijfheid. Door deze eigenschap zijn thermoplasten geschikt voor hergebruik. Voorbeelden van thermoplastische kunststoffen zijn polyetheen (pe), polystyreen (ps), polypropreen (pp) en polyvinylchloride (pvc).

Glasvezelversterkte kunststof

Thermohardende kunststoffen worden vaak toegepast in combinatie met glasvezels. Ze worden dan ook glasvezelversterkte kunststoffen (G.V.K.) genoemd. Glasvezels worden gebruikt ter verbetering van de mechanische sterkte, weerstand tegen slag en stoot en blijvende vormvastheid. GVK's worden veel toegepast in de jachtbouw, carrosseriebouw, industrie en woningbouw.

1.2 Polyesterharsen

Polyesterharsen hebben een siroopachtige viscositeit en zijn gemakkelijk te herkennen aan hun gasachtige lucht. De kleur varieert van waterhelder tot een transparant geelbruine kleur.

De meeste gebruiksklare polyesterharsen zijn opgelost in styreen, dat de hars gemakkelijk verwerkbaar maakt. Tevens vormt styreen bij uitharding een chemische verbinding tussen de harsketens. Zo wordt een sterk vertakt netwerk gevormd dat door 'bruggen' aan elkaar is verbonden.

Het uitharden van polyester verloopt dus heel anders dan het drogen van verf. Bij verf moet het oplosmiddel verdampen, om de droging te doen plaatsvinden. Het oplosmiddel uit de polyesterhars (styreen) mag juist



Mengen van hars en hardener.

niet verdampen, maar het gaat deel uitmaken van de uitgeharde hars.

Dit proces, waarbij het vloeibare mengsel van basis polyester en styreen polymeriseert tot een vaste stof, is een ketteringreactie die op verschillende manieren kan worden ingeleid:

- door warmte;
- door gebruik van verharders;
- door bestraling met ultraviolet licht.

Uitharding door temperatuurverhoging alleen is dus mogelijk, maar gaat te langzaam voor praktische toepassingen. Door gebruik te maken van een verharder kan de uitharding gecontroleerd plaatsvinden.

De verharders zijn meestal organische peroxiden, die zich ontleden onder invloed van warmte. De hierbij vrijkomende stoffen leiden de polymerisatie-reactie in.

Verharders en versnellers

De meest gebruikte verharders zijn:

1. **Methyl-Ethyl-Keton-peroxide (M.E.K.-peroxide)**, dit is een heldere vloeistof die zich eenvoudig met vloeibare hars laat mengen.
2. **Benzoyl-peroxide (B.P.-pasta)**, deze wordt als pasta geleverd en wordt veelal gebruikt in combinatie met pasteuze producten, zoals polyesterplamuur.

Bij kamertemperatuur valt een peroxide slechts langzaam uiteen en ook de uitharding duurt vrij lang. Voor een vlotte uitharding bij kamertemperatuur worden daarom *versnellers* aan de hars toegevoegd. Dit zijn gewoonlijk metaalverbindingen of aminen.

De belangrijkste versnellers zijn:

1. **Cobaltversneller**, deze vloeibare versneller is herkenbaar aan de rode tot paarse kleur en wordt gebruikt in combinatie met M.E.K.-peroxide;

2. **Amineversneller**, dit is een lichtgele vloeistof en wordt voornamelijk toegepast in combinatie met B.P.-pasta.

De combinatie M.E.K.-peroxide/Cobaltversneller wordt het meeste toegepast, omdat gelering en harding redelijk snel verlopen. De hars verkleurt tijdens het harden nauwelijks, tenzij veel versneller is toegevoegd. De minimale verwerkingstemperatuur bedraagt 15°C.

De combinatie B.P.-pasta/Amineversneller wordt gebruikt voor het uitharden van reparatiekitten en plamuren, waarbij de snellere doorharding belangrijker is dan de sterke verkleuring die de hars te zien geeft. De minimale verwerkingstemperatuur bedraagt 8°C.

De keuze van soort en hoeveelheid verharder en versneller is in elk mengsel zeer belangrijk, omdat zij de snelheid en de graad van uitharding bepalen en aldus de eigenschappen van de uitgeharde hars beïnvloeden. Wanneer er te veel verharder of versneller wordt gebruikt, gaat de reactie te snel en kunnen de ontledingsproducten van deze hulpstoffen de totale uitharding verhinderen.

Wordt er te weinig verharder of versneller gebruikt, dan wordt de maximale uitharding eveneens verhinderd en is een inferieur product het resultaat. Kleine onnauwkeurigheden in de toegevoegde percentages werken niet direct nadelig op het eindresultaat. Op de versnelerkeuze heeft de gebruiker vrijwel nooit invloed. Deze wordt door de fabrikant in de juiste hoeveelheid in de vloeibare hars gemengd. De verharder wordt los bijgeleverd, dus op de menging daarvan heeft de gebruiker wel invloed.

De uitharding door UV-licht

Bij uitharding door middel van UV-licht wordt aan de hars een speciale peroxide toegevoegd. Na belichting met een UV-lamp verloopt de harding zeer snel: variërend van enkele seconden tot enkele minuten. Deze methode is echter alleen geschikt voor dunne lagen, omdat het doordringend vermogen van het UV-licht in de harslaag slechts gering is.

Het verhardingsproces

Mengen van hars en hardener

De verharder en de versneller moeten ieder afzonderlijk met de hars worden gemengd. Als ze direct met elkaar in contact komen, ontleeft de verharder zich onmiddellijk, hetgeen tot brand of explosie kan leiden. De versneller moet eerst volkomen homogeen in de hars zijn gemengd, voordat de verharder mag worden toegevoegd. Om dit risico te vermijden heeft de fabrikant in vrijwel alle gevallen de versneller al aan de hars toegevoegd.

Tijdens de verwerking worden kleinere hoeveelheden hars direct vóór het gebruik met de verharder gemengd. Het juiste moment waarop de menging volledig is, is vaak moeilijk te constateren. Het is dus beter te lang dan te kort te mengen. Afhankelijk van het type roerder, de hoeveelheid en het soort hars en het type verharder duurt dit 30 seconden tot enkele minuten. Grotere hoeveelheden hars worden mechanisch geroerd; kleinere hoeveelheden, van bijvoorbeeld enkele kilo's, kunnen ook goed met behulp van een spatel met de hand worden gemengd. Vloeibare verharders worden meestal met behulp van een maatglas gedoseerd.

Geltijd

Wanneer verharder en versneller beide aan de polyesterhars zijn toegevoegd, komt de chemische reactie op gang. In het begin merkt men hier zo goed als niets van, omdat de hars nog enige tijd vloeibaar blijft. Deze vloeibare tijd noemt men de *geltijd*, *potlife* of de *verwerkingstijd*. Wanneer deze tijd voorbij is, treedt vrij plotseling een verdikking van de hars op. Er ontstaat dan een gelatine-achtige massa; de werkelijke polymerisatie van de hars is begonnen. Met deze gelatine-achtige massa (vandaar het woord geltijd of gateringstijd) is het niet meer mogelijk om glasvezels te bevochtigen of een vorm af te gieten. De hars kan dus niet meer worden verwerkt. De gelei gaat langzaam over in een wat steviger, rubberachtige toestand, om vervolgens geheel hard te worden. Evenals de geltijd is deze uithardingstijd sterk afhankelijk van vele factoren.

Exotherme reactie

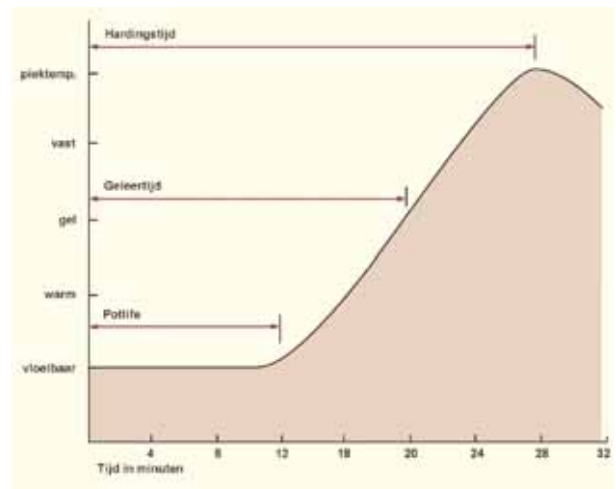
De polymerisatie van een polyesterhars gaat gepaard met de ontwikkeling van warmte (exotherme reactie). Bij elk type hars hoort ook altijd een bijbehorende warmte-ontwikkeling. Deze warmte kan zich in zeer korte tijd ontwikkelen, waarbij de temperatuur tot soms 200°C kan oplopen. Het kan echter ook zó lang duren, dat de ontstane warmte door de omgeving wordt opgenomen. Hoe groter de massa hars is, hoe sneller de reactie verloopt en hoe hoger de temperatuur oploopt.

Een potje met 100 gram harsmengsel zal dus sneller heet worden en uitharden dan eenzelfde hoeveelheid die over een groot oppervlak wordt uitgestreken. De optredende warmteontwikkeling zal, wanneer ze niet direct geheel aan de omgeving kan worden afgestaan, helpen om de reactie nog eens extra te versnellen.

Wanneer de temperatuur te snel stijgt, bijvoorbeeld in een massa hars die uithardt in een geïsoleerde vorm, ontstaan er interne spanningen in de hars, die scheuren en barsten tot gevolg hebben.

Factoren die de geltijd beïnvloeden

De volgende factoren beïnvloeden de geltijd (of potlife) en vaak ook de verdere doorharding van polyesterharsen:



Verloop uithardingsreactie

1. **Percentage verharder;** hoe minder verharder er wordt gebruikt, des te langer is de geltijd van de hars. Onvoldoende verharder leidt tot onvoldoende doorgeharde eindproducten.
2. **Percentage versneller;** hoe minder versneller, des te langer is de geltijd van de hars. Ook hier kan een te laag percentage een onvoldoende uitgehard product opleveren. Bij harsen die reeds voorversneld geleverd worden, is dit niet van toepassing.
3. **Temperatuur;** hoe hoger de temperatuur van de omgeving en van de hars, des te sneller verlopen gatering en harding. En omgekeerd: hoe lager de temperatuur van de omgeving en van de hars, des te langer duren de geltijd en de uithardingstijd.
4. **Hoeveelheid/laagdikte;** omdat een dikke laag de reactiewarmte veel langzamer aan de omgeving kan afstaan dan een dunne laag, zullen gatering en harding in een dikke harslaag sneller verlopen. Zo kan het gebeuren dat hars aangebracht in een dun laminaat nog vloeibaar is, terwijl de rest in de mengbeker al gegeleerd is.
5. **Toevoeging van vulstoffen;** de meeste vulstoffen verlengen de geltijd. Hoe hoger het vulstofgehalte, hoe langer de geltijd.
6. **Verlies van styreen;** het is noodzakelijk dat de in de hars aanwezige styreen zoveel mogelijk wordt gebruikt voor polymerisatie. Wanneer de hars in dunne lagen wordt uitgesmeerd (gelcoat/topcoat), moet de hars zo snel mogelijk geleren om verdamping van styreen te voorkomen.
7. **Aanwezigheid van vocht;** kleine hoeveelheden vocht hebben een vertragende werking op gatering en verharding. Het te bewerken oppervlak, de vulstoffen, de glaswapening e.d. moeten dus goed droog zijn. De relatieve vochtigheid van de lucht dient maximaal 65% te bedragen, vooral wanneer de niet uitgeharde hars over grote oppervlakken met de lucht in contact is.
8. **Zonlicht;** direct zonlicht, vooral de UV-straling, versnelt de gatering en de harding aanzienlijk. Voor

werkzaamheden die 's zomers buiten moeten gebeuren dient men hiermee terdege rekening te houden.

9. **Ouderdom van verharders en harsen;** vooral wanneer deze niet op de voorgeschreven wijze worden opgeslagen, worden verharders minder actief naarmate ze ouder worden. Polyesterharsen worden, afhankelijk van het type, soms wat actiever, soms wat trager.

Naharding

Wanneer polyesterhars bij kamertemperatuur uithardt, gaat de polymerisatie na het begin van de geling vrij snel, om later steeds langzamer te gaan. De hars is ogenschijnlijk na enige uren uitgehard, maar bevat nog steeds peroxide en vrij styreen. De hardingsreactie gaat langzaam verder en stopt pas na 2 à 3 maanden. En vaak is de uitharding zelfs dan nog niet helemaal volledig.

Om de uitharding volledig en sneller te laten verlopen, is nabehandeling op verhoogde temperatuur noodzakelijk. Hierdoor worden met name de weer-, de temperatuuren de chemicaliënbestendigheid verbeterd. Het is raadzaam het gemaakte product eerst 24 uur bij kamertemperatuur te laten harden en vervolgens enkele uren op 80°C na te harden.

Vormstukken die niet op verhoogde temperatuur (kunnen) worden nagehard dienen bij voorkeur tenminste een tot twee weken bij kamertemperatuur door te harden.

Eindproducten die gebruikt worden voor opslag van voedingsmiddelen moeten na doorharding, ongeacht of deze bij 20°C of bij verhoogde temperatuur heeft plaatsgevonden, worden gereinigd met heet water of stoom, om restanten van de chemicaliën te verwijderen.

Krimp

De meeste polyesterharsen vertonen na de harding een volumekrimp van 5-10%. Harsen die versterkt zijn met glasvezel of gemengd zijn met vulstoffen zullen minder krimpen. Het versterkingsmateriaal of de vulstof krimpt niet mee en vangt de krimp van de hars gedeeltelijk op.

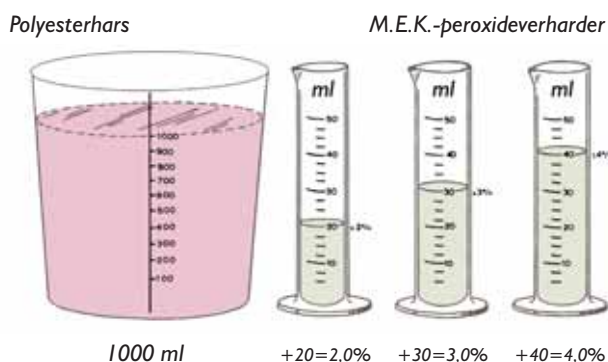
Versterkte en onversterkte polyesterhars

Mechanische eigenschappen van polyesters, zoals treksterkte en drukvastheid, zijn grotendeels het gevolg van de toepassing van versterkingsmaterialen. De polyesterhars beschermt de versterkingsmaterialen tegen weersinvloeden en maakt de constructie stijf.

Hoewel een grote verscheidenheid aan materialen als versterking gebruikt zou kunnen worden, wordt meestal glasvezel, in de vorm van o.a. glasmat toegepast. Zo is er dus sprake van onversterkte polyesterhars en versterkt polyester. De eerste vindt haar toepassing in o.a. gietstukken en beelden, meestal van decoratieve aard; het inbedden van (biologische) objecten; het maken van

knopen en lakken. De belangrijkste verwerkingsmethoden van deze onversterkte polyesters zijn gieten, strijken, spuiten en centrifugeren.

Gecombineerd met vulstoffen, die een verbetering betekenen voor bepaalde eigenschappen, doch niet als versterkingsmaterialen worden beschouwd, vinden polyesterharsen toepassing in kittens en plamuren. Ondanks de vele mogelijkheden van de onversterkte polyesters vormen de vezelversterkte polyester materialen het belangrijkste toepassingsgebied.



Hulpstoffen voor polyesterharsen

Styreen

In enkele gevallen kan het noodzakelijk zijn de vloeibare polyesterhars extra te verdunnen met styreen. Andere oplosmiddelen, zoals thinner of terpentijn, zijn niet geschikt. In de vloeibare polyesterharsoplossing zelf is een bepaalde hoeveelheid styreen verwerkt, dat uiteindelijk een wezenlijk onderdeel gaat vormen van de uitgeharte hars. Bij de uitharding van polyester reageert de styreen dus mee. Styreen kan ook in beperkte mate extra aan de polyesterhars worden toegevoegd, waardoor deze een lagere viscositeit krijgt (dus dunner wordt).

Extra toevoeging van styreen aan polyesterhars vertraagt in het algemeen de uitharding. Er mag maximaal 10% worden toegevoegd. De hoeveelheid verharder moet berekend worden op het totaal verkregen mengsel van hars en styreen.

Paraffine-oplossing

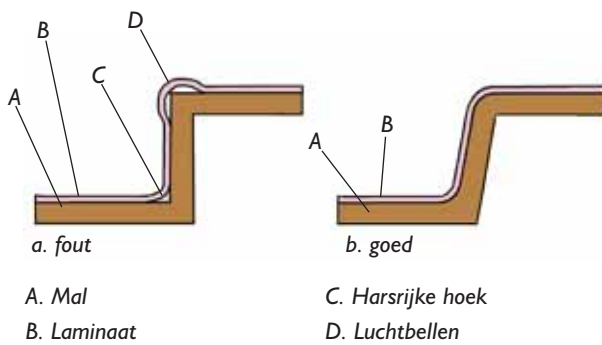
Paraffinewas is een min of meer heldere stof en kan (nadat het in styreen is opgelost) met de vloeibare polyesterhars worden gemengd. Toegepast in polyesterharsen vormt zich aan het oppervlak een wasfilm, waardoor inwerking van lucht/zuurstof op de polyesterhars wordt voorkomen en een kleefvrij uitgehard oppervlak wordt verkregen.

Om de mal te kunnen lossen zonder het originele model te beschadigen, is het nodig dat het model zorgvuldig met losmiddelen wordt behandeld en dat de vorm lossend is.

Het maken van een geheel nieuw moedermodel is een arbeidsintensieve bezigheid. Het model kan bijvoorbeeld van hout, hardboard, gips of PU-schuim worden gemaakt. De keuze van het materiaal wordt mede bepaald aan de hand van de afmetingen en de gecompliceerdheid van het te maken model. Omdat het maken van een moedermodel en daarna de kunststof mal vrij lang duurt, dient men bij de materiaalkeuze voor het model rekening te houden met krimp en uitzetten van de gebruikte materialen als gevolg van wisseling van vochtigheid en temperatuur in de werkplaats. Het zal niet de eerste keer zijn dat een fraai geplamuurd model ineens kripscheuren vertoont.

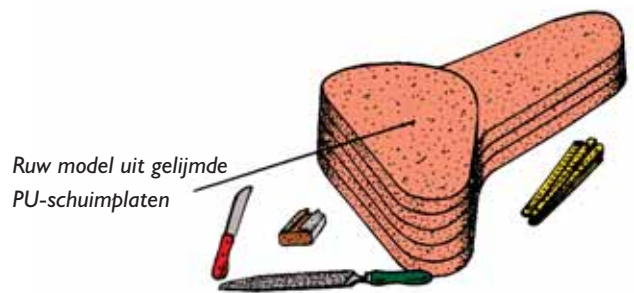
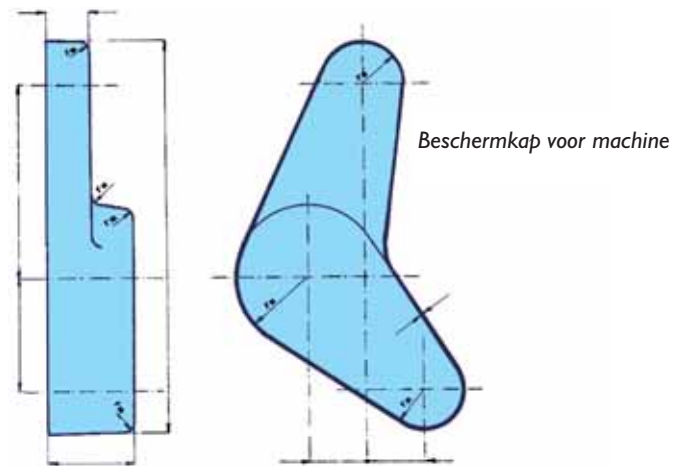
Het model wordt aan de hand van bouwtekeningen of schetsen opgebouwd. Wanneer het model al min of meer zijn uiteindelijke vorm heeft, wordt het, om beschadiging te voorkomen en de vormvastheid van het model te verbeteren, bekleed met enkele lagen glasvezelversterkt polyester. Hierna wordt het model door het te plamuren, schuren, opnieuw plamuren en schuren net zolang bewerkt tot het de juiste vorm heeft verkregen.

Het is hierbij noodzakelijk om scherpe hoeken en rondingen met een radius van minder dan 6 mm te vermijden. Het is niet alleen moeilijk glasvezels om een scherpe hoek te buigen, maar ook om hierbij luchtbellen in het laminaat te voorkomen.



Om een perfecte mal te krijgen, is het van essentieel belang dat het model wordt voorzien van een coating-systeem dat bestand is tegen styreen. DD-lak is hiervoor de juiste keuze. Bij voorkeur wordt er een gekleurde DD-lak aangebracht, die goed contrasteert met de kleur van de te maken mal.

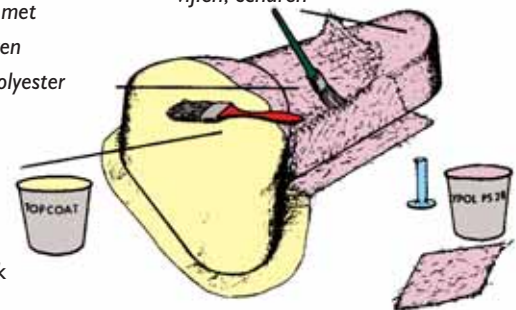
Na zeven dagen is de lak volledig doorgehard en kan het oppervlak, indien nodig, worden gepolijst. Uiteindelijk heeft men een model waarvan de oppervlakte afwerking en maatvoering geheel overeenkomstig de gewenste kunststof afdruk is. Nu kan de eigenlijke polyester mal worden gemaakt.



Bekleden van het oppervlak met enkele lagen glasmat/polyester

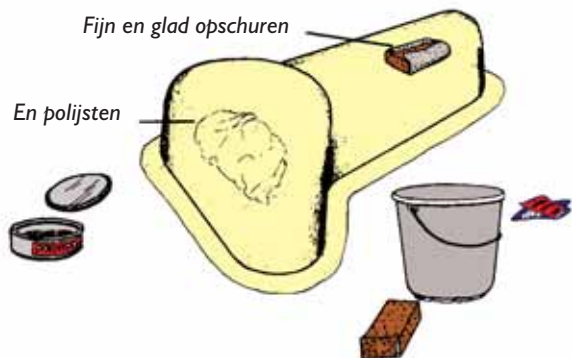
Modelleren door te snijden, vijlen, schuren

Aflakken met Topcoat of DD-lak



Fijn en glad opschuren

En polijsten



Voorbeeld voor het maken van een model volgens tekening.

Oppervlaktebehandeling van het model

Voordat men met het verwerken van polyesterhars begint, brengt men op het model losmiddel aan om hechting van de te maken mal aan het model te voorkomen.

Er worden minimaal vijf lagen Loswas M 88 aangebracht, waarmee de kleinste poriën worden gesloten en

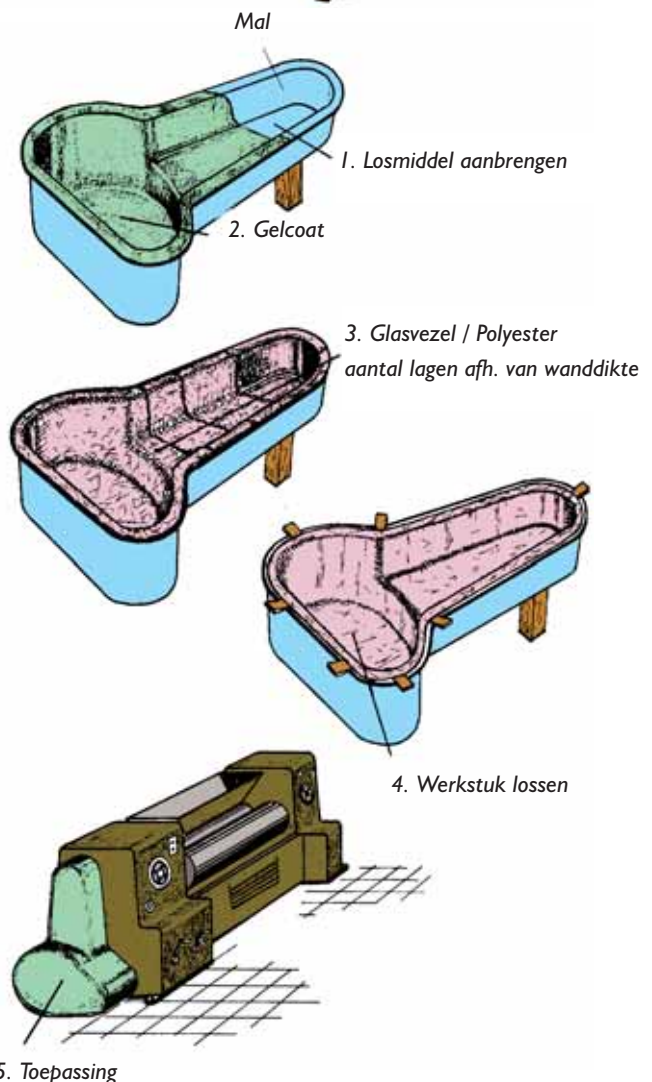
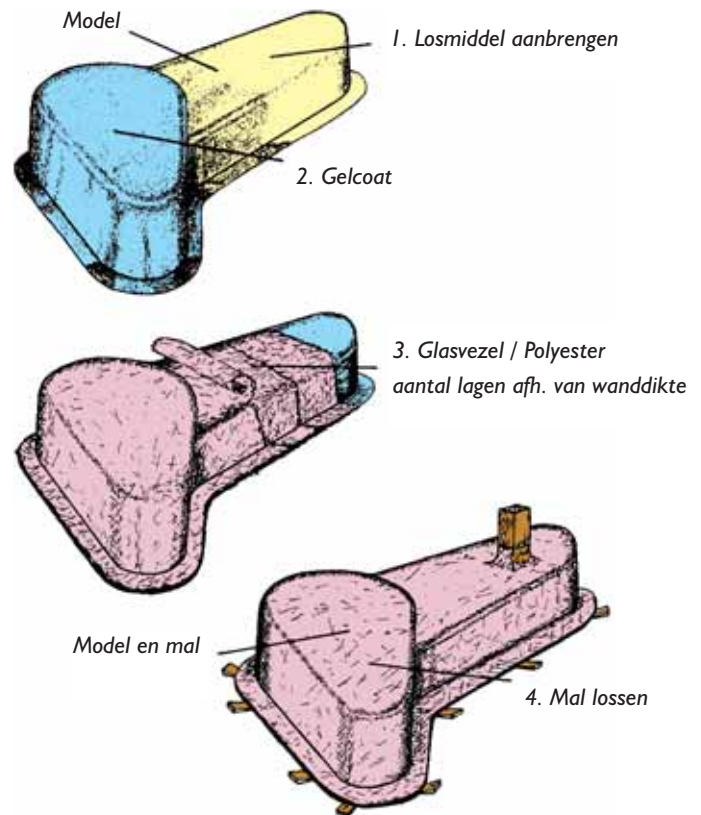
het model hoog glanzend kan worden opgepoetst. Hoe hoger de glans van het model na het aanbrengen van de was, des te hoger de glans van de mal wordt. Het uitpoetsen dient zeer grondig te gebeuren, aangezien zelfs geringe restanten loswas zichtbaar worden op de te maken mal. Na het aanbrengen van de laatste waslaag dient minimaal vier uur te worden gewacht, voordat de gelcoat kan worden aangebracht. Heeft men te maken met een zeer gecompliceerd model of vertrouwt men de lossende vorm van het model niet, dan is het mogelijk om over de uitgepoetste loswas nog een laag Lossing B-film aan te brengen. Bedenk echter wel dat Lossing B-film niet gepolijst kan worden en dat een eventuele kwaststreep in het losmiddel ook zichtbaar zal zijn in de latere mal en de daarin geproduceerde vormstukken. Lossing B-film moet overal goed droog zijn (ook in de hoeken) voordat men er gelcoat op kan aanbrengen.

Afhankelijk van de afmetingen en de vorm van het model moet er eerst bekeken worden of het noodzakelijk is een deelmal te maken. Zie voor het maken van deelmallen de betreffende paragraaf.

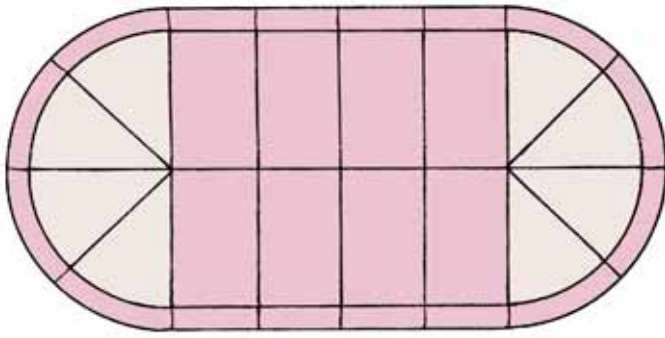
Gelcoat

De volgende stap is het aanbrengen van de gelcoathars. Dit is een ongewapende harslaag die tot doel heeft de hierna aan te brengen lagen glasvezel te beschermen. Gelcoatharsen zijn thixotrop ingesteld, waardoor ze op verticale vlakken geen zakkers geven, terwijl ze bovendien een grotere slag- en stootvastheid hebben dan lamineerharsen. Door de gelcoat te mengen met polyesterpigmentpasta wordt aan de mal de gewenste kleur gegeven.

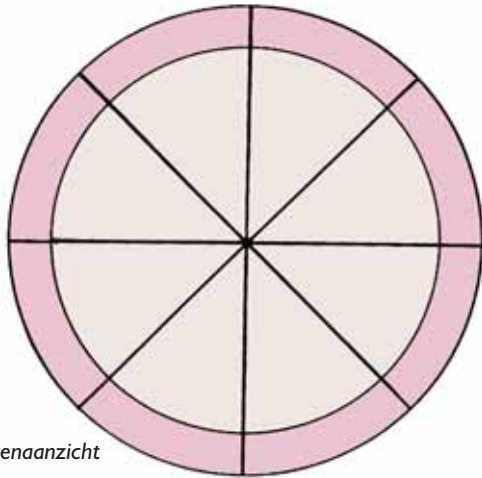
De gelcoat is dus een zeer belangrijk onderdeel van het laminaat. Het is echter ook het gedeelte dat bij de verwerking de meeste aandacht eist. Vooraf wordt de totaal benodigde hoeveelheid gelcoathars Poly-Pol PS 55 gemengd met polyesterpigmentpasta. Voor een goede dekking is, afhankelijk van de kleur, een toevoeging van 10 tot 20% pigmentpasta nodig. Nadat de kleur intensief is doorgemengd, wordt van dit mengsel bijvoorbeeld 500 gram in een mengbeker gegoten en hieraan wordt 2% MEK-peroxide toegevoegd (dit is 10 ml). Vanwege het thixotrope karakter van de gelcoat is het verstandig om het mengsel na menging met de peroxide over te gieten in een schone mengbeker, nogmaals te mengen en dan pas te verwerken. Het mengsel is bij 20°C circa 10 minuten verwerkbaar. Breng met een brede kwast of mohairroller in één richting een gelijkmatige laag gelcoat Poly-Pol PS 55 aan van 300 gr/m². Wanneer de eerste laag gelcoat voldoende is verhard, kan een tweede laag gelcoat van eveneens 300 gr/m² hier kruislings op worden aangebracht. Meestal is men hiermee eerder te vroeg dan te laat. Te laat is men als de gelcoathars volledig is doorgehard; hierdoor wordt de onderlinge hechting onvoldoende. Als vuistregel kan



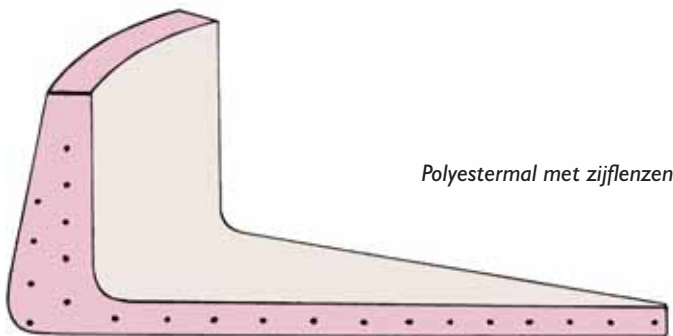
Voorbeeld van het maken van een mal en een werkstuk volgens model.



Bovenaanzicht van een uitgebreid product



Bovenaanzicht



Polyestermal met zijflenzen

Met behulp van een kleine mal kunnen bijvoorbeeld acht segmenten worden gemaakt, die samen tot één groot product zijn te verbinden.

Part-mallen

Elementenbouw, taartpuntsysteem, part-mallen, er zijn vele namen aan te geven, maar de tekeningen maken duidelijk wat hiermee mogelijk is. Met een betrekkelijk kleine mal kunnen toch grote eindproducten worden gemaakt, door de losse elementen na fabricage aan elkaar te verbinden. De mal kan zowel positief als negatief zijn. Afhankelijk van de toepassing kunnen de vormstukken dus aan de binnen- of aan de buitenzijde gladwandig zijn.

Voordelen van het part-mallen systeem zijn:

- lage malkosten;
- kleine werkruimte nodig (uitgeharde vormstukken kunnen buiten worden opgeslagen);
- de montageflenzen zijn tegelijkertijd verstijvingsribben;
- demontabel geheel;
- handzame elementen.

3.2 Bouwen van een polyester vormstuk in of om een mal

Voor het maken van een vormstuk in een mal wordt in principe dezelfde werkwijze gehanteerd als bij het maken van een polyester mal. Het maakt hierbij niet uit of het gaat om een bootromp, een carrosserie onderdeel, een bak, een dakkapel of een modelbouwvliegtuig.

Losmiddelen

Wanneer men met behulp van een mal polyester vormstukken wil maken, moet de mal iedere keer worden bewerkt met losmiddelen om te voorkomen dat het gemaakte product aan de mal blijft vastzitten. Als de mal reeds enige malen is gebruikt, kan in het algemeen met eenmaal in- en uitpoetsen van Loswas M88 worden volstaan. Is er echter sprake van een poreus oppervlak of is de mal nog niet eerder gebruikt, dan moet het in- en uitpoetsen drie tot vijf maal worden herhaald. Het eindresultaat moet een glanzend oppervlak zijn.

Als tweede losmiddel kan de vloeibare Lossing B-film worden aangebracht. De laag die hiervan wordt opgebracht mag niet te dik zijn anders gaat het losmiddel lopen en ontstaan er tranen die in het vormstuk zichtbaar worden.

Gelcoat

De gelcoatlaag beschermt het polyesterlaminaat tegen vocht, chemicaliën, zonlicht en beschadigingen. Een tweede belangrijke functie van de gelcoat is van decoratieve aard: de gelcoat geeft glans en kleur aan het vormstuk.

Door de transparante gelcoat te mengen met polyester pigmentpasta kan de kleur van het te maken vormstuk worden bepaald. Het percentage pigmentpasta is afhankelijk van de kleursterkte en varieert tussen 10 en 20%. Voor lichte kleuren wordt 15 tot 20% pigmentpasta aan de gelcoat toegevoegd en voor donkere kleuren 10 tot 15%. Het verbruik van gelcoat per vierkante meter maloppervlak varieert van ca. 300 tot 600 gram. Als slechts één laag gelcoat wordt aangebracht, moet dit gebeuren in een dekkende en gelijkmatige laag van ca. 400 gr/m². Bij toepassing van twee lagen kan een eerste laag van 300 gr/m² worden opgebracht in één richting, waarna de tweede laag dwars over de eerste laag wordt gestreken. Hierdoor worden dunne plekken in de gelcoat voorkomen. Vooral bij lichte kleuren is het twee lagen systeem aan te bevelen. De tweede laag gelcoat kan worden opgebracht als het oppervlak bij een duimdruk nog wel 'pikkerig' is, maar geen kleur meer afgeeft. Bij een temperatuur van 20°C zal dit na ca. 3 uur zijn.



1. Alle grondstoffen staan klaar.



2. Loswas.



3. Lossing B-film.



4. Afmeten MEK-peroxide t.b.v. gelcoat.



5. Aanbrengen gelcoat.



6. Na uitharden gelcoat wordt polyesterhars aangebracht.



7. Glasmat wordt in de natte hars gelegd.



8. De glasmat wordt geïmpregneerd met polyesterhars.



9. Alle luchtballen worden zorgvuldig weggerold.



10. Als de hars is gegeleerd wordt het overtollige materiaal afgesneden.



11. Lossen met behulp van wiggen.



12. Het vormstuk kan uit de mal worden gehaald.



Na uitharding wordt alles geschuurd.

plamuurmes worden glad gestreken. De kit blijft zo enigszins bol boven het hout uitsteken.

Afwerking

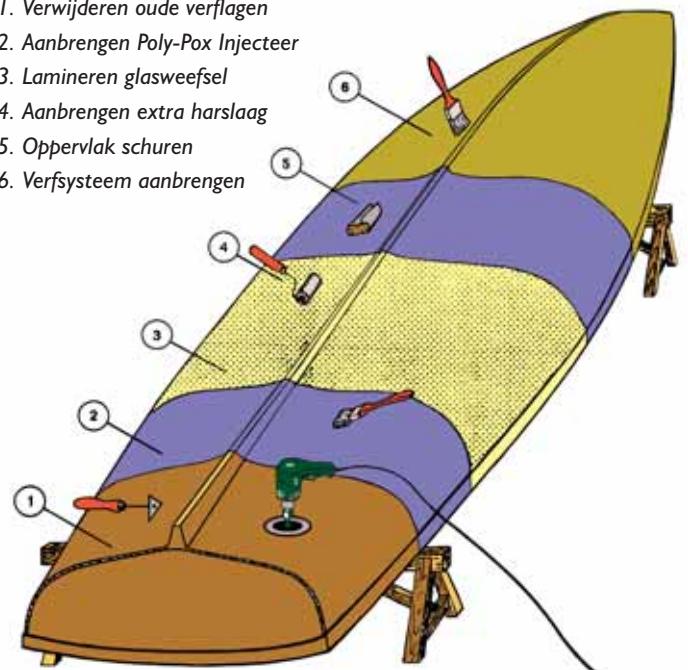
Men laat de deknadenrubber 4 tot 7 dagen uitharden, waarna het overtollige rubber met een beitel kan worden afgestoken. Hierna schuurt men het dek met een bandschuurmachine voorzien van schuurpapier korrel 80 of fijner. Schuur altijd in de lengterichting van de teakdelen, zodat de uitgeharde rubber niet wordt losgetrokken. Als het geschuurde dek enige maanden aan weer en wind is blootgesteld zal het hout vanzelf een fraaie lichte kleur krijgen. Het aanbrengen van een teakhouten dek is niet goedkoop, maar men maakt een dek 'voor het leven' wat niet alleen mooi, maar ook functioneel is.

Een behandeling van een teakdek met lak is niet nodig. Wil men toch een laklaag aanbrengen dan is het aan te raden om eerst een test uit te voeren, omdat lakproducten middelen kunnen bevatten die schadelijk zijn voor de uitgeharde deknadenrubber. Wacht minimaal een maand met het schilderen van het dek.

3.22 Houten bootromp bekleden met glasweefsel en epoxyhars

Het bekleden van een bestaande houten bootromp met glasweefsel en kunsthars is beslist niet nieuw. Als kunsthars kan polyester- of epoxyhars worden gebruikt. Polyester is goedkoper, maar heeft als nadeel dat het minder waterdampdicht is, waardoor delaminatie en houtrot kunnen ontstaan. Past men epoxyhars toe dan heeft men het voordeel van de conserverende werking die van deze hars uitgaat. Er moet dan wel aan de voorwaarde worden voldaan dat het hout rondom met epoxyhars wordt behandeld. Dus door alleen aan de buitenzijde te bekleden maakt men niet optimaal gebruik van de conserverende eigenschappen van deze hars. Het bekleden met glasweefsel wordt onder andere toegepast om de stijfheid van de romp te vergroten en ter verhoging van de slag- en slijtvastheid. Een andere reden kan zijn dat men een gelijkmatige laagdikte epoxy op het hout wil aanbrengen.

1. Verwijderen oude verflagen
2. Aanbrengen Poly-Pox Injecteer
3. Lamineren glasweefsel
4. Aanbrengen extra harslaag
5. Oppervlak schuren
6. Verfsysteem aanbrengen



Vorbewerking

Het is noodzakelijk de boot zowel aan de buiten- als aan de binnenzijde volledig kaal te halen. Ook met scherpe schrappers, een föhn en juist schuurgereedschap is het best een flink karwei. Vooral de binnenkant met z'n spanten, kielbalk en schotten vraagt veel tijd en doorzettingsvermogen. Een alternatieve methode die minder ellebogenstoom kost, is de romp te laten zandstralen.

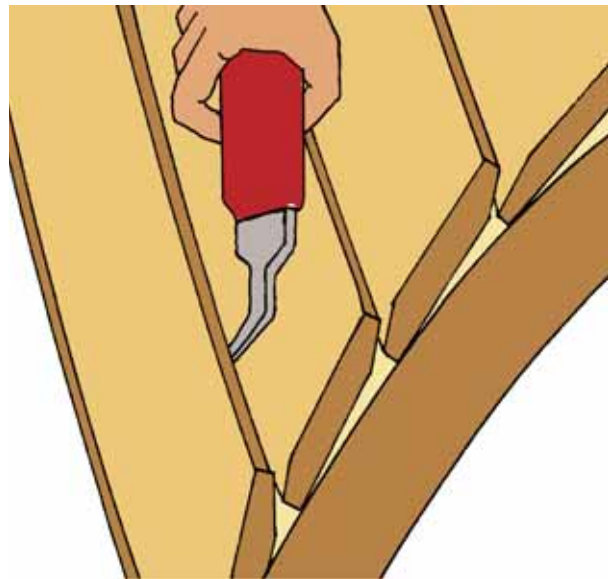
Het verwijderen van de oude lak- en verflagen doet men bij voorkeur in het najaar. Wordt er houtrot geconstateerd, dan moet men dit volledig verwijderen tot het gezonde hout is bereikt. Daarna laat men het schip zeker een winter drogen. Bij de start van de behandeling met epoxyhars moet het relatieve houtvochtgehalte van het hout zijn gedaald tot 12%.

Dicht maken van de romp

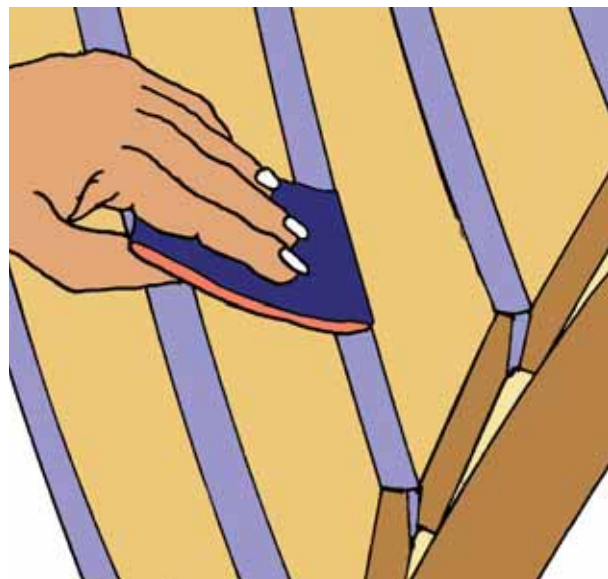
Door het drogen van het hout, zullen er kieren tussen de gangen ontstaan. Deze naden dienen gevuld te worden, voordat men de glasweefselversterking kan aanbrengen. Naden tot 2 mm kunnen worden opgevuld met ingedikte epoxylijm. Als er sprake is van grotere kieren, dan worden bij karveel gebouwde schepen de naden opengezaagd of uitgefreesd en opgevuld met houten latten. Hiermee wordt ook meer stijfheid in de romp verkregen.

Evenwijdig aan de gangen wordt een tijdelijke lat aangebracht, die dient als geleiding voor de cirkelzaag of frees. Op deze wijze worden de naden op de gewenste diepte en breedte gebracht. De sleuven dienen minimaal 5 mm breed te zijn. Als de naden na het drogen erg ver zijn opengetrokken, kan het nodig zijn om de geleide lat te verzetten en de zaag of frees nogmaals door de naad te halen, zodat beide flanken van de sleuf schoon zijn. De sleuf dient 5 mm minder diep te zijn dan de dikte van de gangen. Voordat de latten in de sponning worden gelijmd controleren of de romp in het juiste model is gefixeerd. Want als de houten latten eenmaal zijn ingelijmd dan kan de vorm niet meer worden gecorrigeerd.

De sponningen en de houten latten moeten van tevoren zorgvuldig stofvrij worden gemaakt. Vervolgens wordt een gelijke lengte aan latten en sleuven (lijmkwastje) verzadigd met de Poly-Pox Injecteer. Met behulp van een kitpatroon brengt men vervolgens een rups gemengde Poly-Pox Lijm 700 in de sponning aan. Direct hierna drukt men de pasgemaakte latten in de sponning. De ingelijmden latten worden tijdelijk vastgezet met nieten of houten klosjes. De uitgereste lijm, voordat deze gaat verharden, met een plamuurmес verwijderen. Vergeet niet om ook aan de binnenzijde overtollige epoxylijm weg te halen. Na uitharding van de lijm wordt met een schaaf de overmaat van de houten latten weggenomen. Tenslotte wordt de gehele buitenkant van de romp geschuurd met een grove schuurschijf (korrel 80). Voor overnaadse schepen, waarbij de huidplanken dakpansgewijs over elkaar liggen, wordt een andere werkwijze gevolgd. Eerst worden de naden aan de buitenkant van het schip ontdaan van oude verf, kit en breeuwkatoen. Een spits toelopend plat stuk ijzer, waarvan de punt is omgebogen, kan hierbij goede diensten bewijzen. Schuur de randen van de gangen met korrel 80 en maak de naden goed stofvrij met een stofzuiger of perslucht. Controleer of het hout droog genoeg is en



Naden uitkrabben.



Opvullen met Poly-Pox lijm 700.



Opvullen naden met houten lat en epoxylijm. Ook schroef- of spijkergaten worden zo gevuld.