

EPOXY MOGELIJKHEDEN , EN ZIJN CONCURRENTEN

Dit artikel komt grotendeels van de website www.mrboat.nl, een verkoper van epoxy (hst 1 t/m 4) .
Ik heb twee stukken tekst van deze website samengevoegd: een stuk over wat epoxy is en hoe je het gebruikt, en een stuk over vulmiddelen. In hoofdstuk 5 tenslotte wordt epoxy vergeleken met de andere twee harsen: polyester en vinylester (bron: www.composail.nl)
Aike van der Hoeft, versie 07-06-2010

1. Veiligheid	1
2. Wat is epoxy?	2
3. Hoe epoxy te gebruiken	3
Hoe meet ik de delen af	3
Mixer.....	3
Epoxy lijm	4
Putty fillets	4
Glasweefsel lamineren	5
Harders en harden	5
Afwerken	6
4. Vulmiddelen (fillers) en hun eigenschappen	6
Functie van vulmiddelen	6
Houtmeel	7
Katoenvezel.....	7
Gehakte glasvezel.....	7
Stewathix.....	7
Aerosil	7
Microballoons (glasbubbles)	8
Koperpoeder	8
5. Polyester, Vinylester en Epoxy	8
Polyester	8
Vinylester	9
Epoxy	9
Vergelijking	10
Een boek.....	11

Tip: Epoxy kan gaan kristalliseren als het bij lagere temperaturen wordt opgeslagen. Het wordt eenvoudig weer vloeibaar door het tankje een poosje in warm water te plaatsen.

1. Veiligheid

Epoxy is veel veiliger dan veel andere producten die worden gebruikt in de botenbouw, maar enkele veiligheidsmaatregelen zijn toch op zijn plaats. Epoxy moet op een veilige manier worden opgeslagen zodat het niet, in het bijzonder voor kinderen, in contact met de blote huid komt of ingeslikt kan worden. De meeste mensen krijgen geen irriterende huidreacties bij het gebruik van epoxy, maar er is een klein percentage mensen dat dat wel heeft. Dit is een allergische reactie en heeft verder geen consequenties. De beste manier om een allergische reactie te voorkomen is het dragen van handschoenen - latex wegwerp handschoenen bijvoorbeeld - en dus het vermijden van contact tussen nog niet uitgeharde epoxy en de blote huid.



afb. 1 Veiligheidsmiddelen

Wij raden aan om gezicht- en huidbescherming te gebruiken tijdens het werken met epoxy. Gebruik tijdens het schuren van hout of epoxy altijd deugdelijke adembescherming! Mocht de huid toch in contact komen met epoxy, gebruik dan geen chemische middelen. Gewone witte azijn helpt het best om de epoxy te verwijderen. Niet uitgeharde epoxy wordt aangemerkt als “gevaarlijke stof” en kan niet met het reguliere afval mee maar met het chemisch afval. De hars en de hardener hebben een lage brandbaarheid, maar onthoud dat andere chemische middelen die bij bootbouw worden gebruikt, zoals aceton en thinner, wel zeer licht ontvlambaar zijn. Let in ieder geval altijd op wat je doet! Mochten er zich toch gezondheidsproblemen voordoen, consulteer dan een arts. Als epoxy uithardt, komt er warmte vrij. Gebruik geen plastic koffiebekertjes of glas, omdat deze kunnen smelten of barsten.

2. Wat is epoxy?

Epoxy is een uitzonderlijk harde en taaie chemische hars. Het verschilt van andere harssoorten, zoals polyester en vinylester, doordat het superieure eigenschappen heeft op het gebied van hechting en weerstand tegen chemicaliën, water etc.



afb. 2 Epoxy en hardener, van mr. Boat

Epoxy hars ontstaat, net zoals bij polyester, uit een chemische reactie tussen 2 componenten. Maar waar polyester uithardt als er een kleine hoeveelheid katalysator (harder) wordt toegevoegd is dat bij epoxy pas het geval na het mengen van relatief grote hoeveelheden harder. Epoxy is het resultaat van de dwarsverbinding tussen de moleculen van de hars en de harder. Als polyester uithardt komt er gas vrij (styrene) dat een onplezierige geur geeft. Epoxy ruikt niet of nauwelijks.

Bij het bouwen van boten kan epoxy worden gebruikt als lijm, plamuur en lamineerhars. Onze epoxy is een allround marine epoxy met een lage viscositeit, het drenkt goed door in het glasweefsel.

3. Hoe epoxy te gebruiken

Hars en harder worden bij epoxy nooit los gebruikt, maar altijd in combinatie. Onze epoxy wordt gemengd in een verhouding van 2 delen hars en 1 deel harder.

Probeer niet de uithardtijd te verkorten door meer harder toe te voegen, het werkt niet. In tegendeel, teveel harder zorgt dat de epoxy helemaal niet uithardt.

Erg belangrijk: Houd je aan de 2:1 verhouding!

Hoe meet ik de delen af

De makkelijkste manier om af te meten is door middel van een maatbeker.



afb. 3 Maatbekers

Het is eenvoudig om zelf een maatbeker te maken:

Gebruik doorzichtige plastic bekertjes. Vul een van de bekertjes met water, 3 cm. of 5 cm., het maakt niet uit. Markeer het waterniveau op het bekertje en zet er een "H" op van harder. Dit is de maatbeker voor de harder. Neem een ander bekertje en vul deze met 2 maal de hoeveelheid water uit het harder bekertje. Markeer het waterniveau en de maatbeker voor de hars is klaar. Droog de bekertjes voor gebruik. Epoxy vindt het niet prettig om gemengd te worden met water.

Meng de epoxy niet in plastic of foam bekertjes. Bij het uitharden wordt de epoxy heet en de bekertjes zouden kunnen smelten! Gebruik ook geen glazen potten. Deze kunnen barsten door de warmte die vrijkomt.

Pas op met het mixen van kleine hoeveelheden. De precisie van het afmeten neemt sterk af bij kleinere hoeveelheden. Probeer niet minder dan 60 gram hars en 30 gram harder te mixen.

Mixen

Mix de hars en harder zorgvuldig. Wij gebruiken tongspatels, maar elk houtje voldoet. Voor het lamineren van glasweefsel gebruik je de gemixte hars zonder fillers (vulmiddelen). Wil je er een dikkere of dunnere plamuur van maken dan kunnen verschillende soorten vulmiddelen worden

toegevoegd. Meng de hars en harder altijd in een ronde beker of pot, en niet in een vierkante. Zo voorkom je dat er ongemengde resten in hoeken achterblijven.

Epoxy lijm

Als je houten oppervlaktes ergens aan vast wilt lijmen - dat kan heel goed met epoxy - bevelen we aan het hout eerst met de gemixte epoxyhars voor te behandelen. Dit is vooral belangrijk bij grotere contactoppervlakken.

Maak epoxylijm in 2 stappen:

- Mix eerst hars en harder
- Voeg daarna pas vulmiddel toe (in dit geval katoenvezel)



afb. 4 Het toevoegen van vulmiddel

Voeg genoeg vulmiddel toe om een pasta te maken met de dikte van ketchup. Meestal ca. 2-3 maal het volume van de hars.

Lijmen met epoxy werkt anders dan traditionele houtlijm. Epoxy kan kieren vullen en heeft zelfs een smalle kier nodig om goed te hechten. In tegenstelling tot houtlijm hoeft er maar lichte druk op de te lijmen delen worden uitgeoefend. Er moet een hoeveelheid epoxy tussen de delen blijven zitten. Bij een te strakke verbinding of teveel druk bestaat de kans dat de verbinding mislukt. Een goed gemaakte epoxy verbinding is zelfs sterker dan de losse onderdelen. Epoxy hecht slecht op een vuile of vette ondergrond. Maak de ondergrond dus altijd eerst schoon.

Laat de epoxy uitharden. Uithardtijd is afhankelijk van de omgevingstemperatuur en het soort harder. Voor meer informatie zie de paragraaf "Harders".

Putty fillets

Bij de Stitch&Glue methode en bij composiet-boatbouw worden de delen van de boot geconstrueerd met epoxy putty fillets. De putty wordt op dezelfde manier gemaakt als de lijm alleen wordt er meer filler toegevoegd om een dikkere pasta te verkrijgen. De ideale dikte lijkt op pindakaas. Putty kan worden gemaakt met zaagsel of katoen, maar ideaal is een mix van katoen en Stewathix of Microballoons en Silica.



afb. 5 Het aan elkaar lijmen van houten delen

Nogmaals: voor het aanbrengen van de fillet raden we aan om eerst de ondergrond te coaten - voor te behandelen - met onverdikte epoxy. Vaak worden de fillets versterkt met lagen glasvezel.

Glasweefsel lamineren

Door middel van lamineren kan een glasweefselromp of (boot)onderdeel worden gemaakt. Bij de Stitch&Glue methode wordt multiplex met meerdere lagen glasweefsel bekleed en geïmpregneerd met epoxy. Na het uitharden is het resultaat een keiharde glasweefsel coating.

Bij composiet-bootbouw wordt de hele romp (core cell of multiplex), binnen en buiten, bedekt met glasweefsel en epoxy.

In productieboten wordt hetzelfde proces gebruikt om rompen en onderdelen in een mal te fabriceren.

Lamineren is gemakkelijk: een stuk glasweefsel wordt doordrenkt met epoxy. De hars wordt op dezelfde manier aangebracht als bij schilderen: met een roller of een kwast.

Er zijn verschillende soorten glasweefsel. Zorg er in ieder geval voor dat het glasweefsel geschikt is voor epoxy, er zijn namelijk soorten die alleen voor polyester geschikt zijn.

Droog glasweefsel is wit van kleur maar eenmaal doordrenkt wordt het doorzichtig. Gebruik niet meer hars dan nodig is om het glasweefsel nat te maken. Een laminaat met veel glasweefsel is sterker dan een laminaat met veel epoxy. Sterker nog: **teveel hars maakt het laminaat zwakker, niet sterker.**

Daarom: zodra het glasweefsel nat is druk je de overtollige hars eruit met een plastic spatel (Squeegee).

Harders en harden

Epoxy hars kan sneller of langzamer harden naar gelang de gebruikte harder. Wij gebruiken meestal medium harder die uitstekend voldoet in 90% van de gevallen.

De uithardingstijd (of pot life) wordt mede bepaald door de omgevingstemperatuur. Ideaal is ca. 18 graden. Bij een lagere temperatuur kan er nog prima gewerkt worden, alleen zal het uitharden dan langer duren. Wij raden aan om epoxy niet te gebruiken bij een temperatuur onder de 10 graden.

De hars hardt eerder uit in een plastic beker dan uitgesmeerd over een groter oppervlak. De chemische reactie is exothermisch. Dat wil zeggen dat er warmte vrijkomt bij het uitharden. Deze warmte is nodig om de moleculen van de hars en harder te verbinden. Bij een temperatuur van ca. 18 graden is de uithardingstijd ca. 30 minuten. Daarna gaat de epoxy “gellen”.

In de volgende fase is de hars hard (zoals kaas) maar geeft nog geen sterkte. In dit stadium kan overtollige hars en glasweefsel nog makkelijk worden verwijderd met een scherp mes. De eigenlijke uitharding gebeurt pas na enkele uren (of zelfs dagen), afhankelijk van de omgevingstemperatuur.

Afwerken

De romp of onderdelen worden na het uitharden meestal geschuurd en strak geplamuurd, waarna er geverfd kan worden.

4. Vulmiddelen (fillers) en hun eigenschappen

Functie van vulmiddelen

Vulmiddelen (fillers) worden gebruikt om epoxyhars te verdikken. Hierdoor wordt de epoxy geschikt voor verschillende toepassingen. Ingedikt tot een ketchupachtige substantie is de epoxy perfect geschikt voor bijvoorbeeld het verlijmen van onderdelen. Voeg je meer filler toe, zodat je een pindakaasachtige substantie krijgt, dan zakt de epoxy niet uit en kun je er uitstekend mee plamuren.

Er zijn vele verschillende soorten fillers, elk met hun eigen toepassingen (en prijs). Om er een aantal te noemen: houtmeel, katoenvezel, gehakte glasvezels, stewathix, microballoons, aerosil en koperpoeder.

De keuze voor een filler hangt af van de toepassing. Het eerste onderscheid kan gemaakt worden tussen fillers met een hoge en een lage dichtheid.

Fillers met een hoge dichtheid zijn over het algemeen het sterkst maar ook het zwaarst.

Een filler met een lage dichtheid betekent een licht mengsel dat vaak enigszins ten koste gaat van de sterkte.

Een combinatie van Fillers is ook mogelijk. Zo krijg je een uitstekende harde plamuur die goed blijft “hangen”, behoorlijk licht is maar toch goed schuurbaar door 50% microballoons te mengen met 50% Aerosil.

	Epoxy								
	Zand / grint	Glasvezles	Fillite	Katoenvezel	Aerosil	Stewathix	Witte Microballoons	Rode Microballoons	Zand / grint
Lijmen hout				++	++	++		+	
Lijmen GVK		++		++	++	++			
Plamuren hout							++	++	
Plamuren GVK							++	++	
Fillet verbindingen			+	++	++	++		++	
Gaten en scheuren overbruggen		++		++					
Ingieten metalen	+								+
Ingieten grint	++								++

Tabel 1 Eigenschappen van vulmiddelen (fillers)

Houtmeel

Zeer fijn zaagsel is een uitstekende filler geschikt voor veel toepassingen zoals verlijmen en het maken van fillets. Het houtmeel geeft de epoxy een lichtbruine kleur hetgeen perfect is voor toepassingen waarin het hout zichtbaar blijft.

Katoenvezel

Fijne katoenvezels zijn een prima, goedkope filler voor verlijmen of het maken van fillets en zijn goed schuurbaar. Katoenvezels geven een zeer snel indikkingsresultaat. De vezels nemen hars op maar geven deze onder druk weer af waardoor bij verlijming een zeer goede hechting wordt verkregen. Katoenvezel is wit en het uitgeharde mengsel heeft dan ook een off white kleur. Uitgehard heeft het een wat minder glad oppervlak. 5-25% toevoegen.

Gehakte glasvezel

Fijne gehakte glasvezeltjes van ca. 4,5 mm. Geschikt om grote gaten en ruimtes op te vullen waar gewicht minder belangrijk is. Geven een vezelige structuur aan het epoxy mengsel.

Stewathix

Zeer fijn en licht poeder. Stewathix heeft vergelijkbare eigenschappen als Aerosil, is echter iets minder sterk, maar stuift veel minder. Het is daardoor prettiger verwerkbaar, en geeft minder rommel en stof in de werkplaats. Meng 50% katoen en 50% stewathix voor een relatief licht maar sterk resultaat. 10-40% toevoegen.

Aerosil

Verkrijgbaar in verschillende dichtheden. Aerosil is een zeer fijne stof dat, gemengd met epoxy, een keihard resultaat geeft na uitharden. Bijzonder geschikt voor zwaarbelaste verbindingen. Het nadeel is wel dat het lastig te schuren is. 30-60% toevoegen.

Microballoons (glasbubbles)

Witte microballoons worden gebruikt om makkelijk schuurbare pasta's te maken waar eenvoudig mee geplamuurd kan worden. Een basisrecept is een mengsel van 1 deel witte microballoons en 1 deel aerosil (volume). Het geschuurde oppervlakte van witte microballoons moet wel wordt afgecoat met epoxy of een fijne plamuur, alvorens te worden afgelakt.

Naast de witte microballoons zijn er ook rode microballoons voor situaties waarin de kleur belangrijk is. Deze hebben na uitharden een donkerrode kleur. 20-40% toevoegen.

Koperpoeder

Zeer fijn koperpoeder. Wordt gemengd met epoxy om een keiharde, algenwerende antifouling te maken. ca. 80% toevoegen.

5. Polyester, Vinylester en Epoxy

Bron: www.composail.nl > kennisdatabank

Bij het maken van een composiet vormen de hars en de vezel samen de composiet, ook wel 'laminaat' genoemd. Om mechanisch gezien het maximale uit de vezel te halen moet de hars zich minstens net zoveel vervormen als de vezel. Voordat er een hars gekozen wordt moet bekend zijn welke vezel er gebruikt zal worden. S-glas heeft bijvoorbeeld een breukrek van 5,3 % en daarbij gebruikte de hars moet dit dus ook minimaal kunnen halen.

Naast de mechanische eigenschappen zijn er nog een aantal andere dingen belangrijk voor een hars. De hars en de vezel moeten elkaar goed pakken, zodat ze niet los van elkaar komen, want dat kan scheuren veroorzaken. Ook is de taaigheid van belang, bij een grote taaigheid zal de hars minder snel scheuren. Ten slotte is ook de reactie van het materiaal op de omgeving belangrijk.

Er zijn drie soorten hars die veel gebruikt worden voor het maken van laminaat. Ze hebben verschillende materiaaleigenschappen en worden daardoor voor verschillende doeleinden gebruikt. Het zijn: polyester, vinylester en epoxy.

Polyester

Polyester is de meest gebruikte hars, met name voor boten. Onverzadigd polyester hars is een thermoharder die kan ontleden in een vloeibare of vaste vorm. De reactie van een alcohol met een organisch zuur produceert een ester en water. Door bepaalde verschillende alcoholen (zoals glycol) met een zuur te laten reageren worden dan een polyester en water geproduceerd. Er is een grote hoeveelheid verschillende polyesters te produceren door gebruik te maken van verschillende zuren, glycolen en monomeren. Al deze polyesters hebben verschillende eigenschappen.

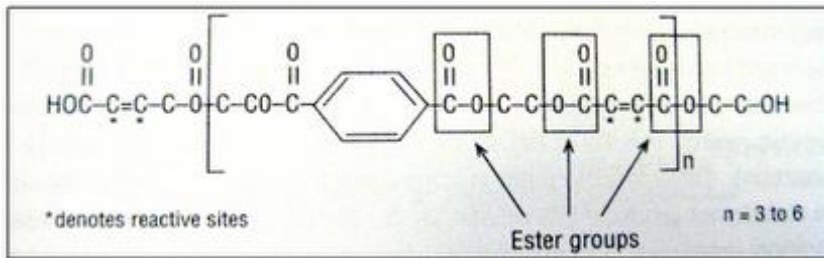
Er zijn twee polyesters die als standaard worden beschouwd in de composieten industrie. Het zijn orthophthalatic (orthoftaalzuur) en isophthalic (isofthaalzuur). Deze laatste wordt vooral aanbevolen voor bijvoorbeeld de marine aangezien er bij deze een enorme weerstand tegen water nodig is.

Om te kunnen gietvormen zijn er nog een aantal hulpproducten nodig:

- Een katalysator
- Een accelerator (versneller)
- Additieven:
 - Thixotroop
 - Pigment (voor kleuring)
 - Vulmiddel
 - Chemische/vuur bestendigheid

Als polymere ketens behandeld wordt met styreen en een katalysator worden de ketens aan elkaar gekoppeld tot een lange keten. Dit wordt polymerisatie genoemd, oftewel het polyester wordt hard.

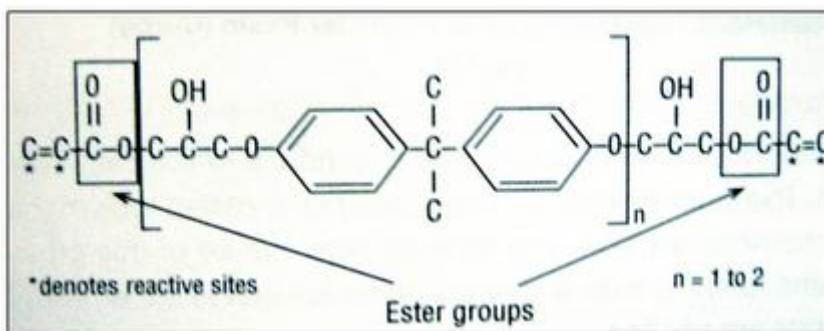
Katalysatoren activeren de polymerisatie en acceleratoren worden gebruikt om de snelheid van de polymerisatie te vergroten. Een vulmiddel kan gebruik wordt om de kosten te verlagen, het proces te versimpelen of om eigenschappen te beïnvloeden, zoals het realiseren van chemische- of vuurbestendigheid. Om een kleur aan de polyester te geven wordt een pigment toegevoegd.



afb. 6 Moleculaire ketting van polyester

Vinylester

Vinylester lijkt in de moleculaire structuur erg op die van polyester, maar omdat de reagerende gebieden op een andere plaats liggen is vinylester harder en veerkrachtiger. Vinylester heeft minder ester groepen dan polyester, waardoor vinylester beter bestand is tegen water en andere chemicaliën. Vinylester wordt daarom veel gebruikt voor leidingen, chemische opslag of als coatinglaag bij een polyester boot. Als vinylester behandeld is om er lange ketens mee te maken wordt het harder dan polyester. Om vinylester te kunnen behandelen moet het wel een voorbehandeling krijgen op een verhoogde temperatuur.

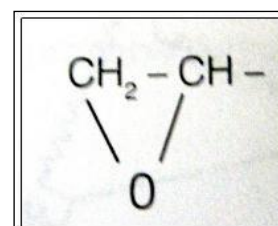


afb. 7 Moleculaire ketting van vinylester

Epoxy

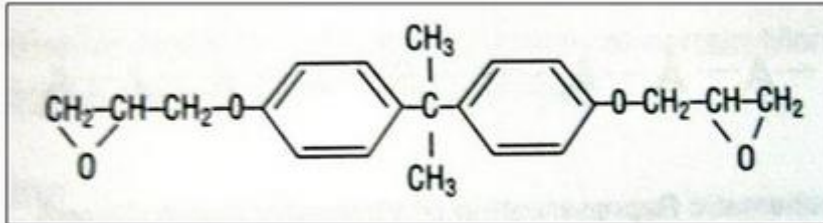
Epoxy harsen zijn de best presterende harsen van dit moment. Epoxy heeft betere mechanische eigenschappen dan polyester en vinylester en is beter bestendig tegen milieuafbraak. Epoxy harsen zijn daardoor goed geschikt voor bijvoorbeeld vliegtuigen, maar ze zijn ook ideaal voor boten door hun goede vasthoudende kracht voor vezels en waterbestendigheid. Ze worden veelal voor hoog kwalitatieve boten gebruikt.

Epoxy bestaat chemische gezien uit een zuurstof atoom dat verbonden is met twee koolstof atomen, die weer verder verbonden zijn (afb. 8). Epoxymaterialen kunnen al op lage temperatuur behandeld worden. Een groot voordeel van epoxy is dat het nauwelijks krimpt tijdens de behandeling, dus nauwelijks inwendige spanningen. Naast de hoge vasthoudende kracht en de hoge mechanische eigenschappen is epoxy ook elektrisch isolerend en goed bestand tegen chemicaliën. Het is wel duurder dan polyester.



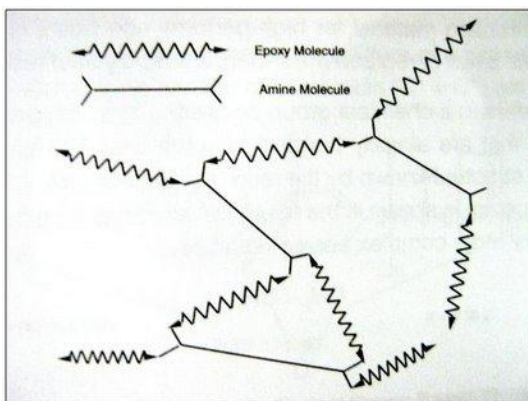
afb. 8 één zuurstof atoom met twee koolstof atomen in epoxy

Als de moleculaire ketting van epoxy wordt bekeken valt op dat deze net als vinylester zijn reagerende gebieden aan beide uiteinden heeft (zie afb. 9). Het verschil is echter dat het geen ester groepen zijn maar epoxy groepen. Omdat de ester groepen niet aanwezig zijn is het goed bestand tegen water. De grote ringen in het midden geven aan dat epoxy beter mechanische en thermische spanningen aankan, daardoor heeft het een grote stijfheid, hardheid en hittebestendige eigenschappen.



afb. 9 Moleculaire ketting van epoxy

Epoxies worden, om de verharding op te laten treden, niet behandeld met een katalysator maar met een harder (wat vaak een amine is). Deze amine zorgt ervoor dat de epoxy moleculen aan elkaar worden verbonden (zie afb. 10). Het is belangrijk dat de juiste verhouding tussen harder en epoxy wordt gekozen. Als dit niet goed gebeurt worden de uiteindelijke eigenschappen aangetast. Vaak is de verhouding tussen een bepaalde epoxy en de toe te voegen harder bekend en wordt dit ergens voorgeschreven.



afb. 10 verbinding epoxy moleculen

Vergelijking

Om een goede vergelijking te krijgen staan de verschillende soorten hars met hun voor- en nadelen opgesomd in Tabel 2.

	Voordelen	Nadelen
Polyester	<ul style="list-style-type: none"> • Gemakkelijk te gebruiken • Lage kostprijs 	<ul style="list-style-type: none"> • Slechts matige mechanische eigenschappen • Grote uitstoot van styreen in open matrijzen • Veel krimp bij behandeling • Beperkte tijd voor het werk
Vinylester	<ul style="list-style-type: none"> • Hele grote chemische en milieu weerstand • Betere mechanische eigenschappen dan polyester 	<ul style="list-style-type: none"> • Voorbehandeling vereist om goede eigenschappen te verkrijgen • Hoog styreengehalte • Hogere kostprijs dan die van polyester • Veel krimp bij behandeling
Epoxies	<ul style="list-style-type: none"> • Goede mechanische en thermische eigenschappen • Grote waterbestendigheid • Lange werktijden mogelijk • Temperatuurbestendigheid kan gaan tot 140 graden nat en 220 droog • Weinig krimp bij behandeling 	<ul style="list-style-type: none"> • Duurder dan vinylester • Kritisch bij het mixen • Bijtende behandeling

Tabel 2 De harsen en hun eigenschappen

Een boek

Uitgebreidere informatie vindt u in het boek dat min of meer het standaardwerk in Nederland is: Lok, Gerard, 'Praktijkhandboek kunststoffen', uitgeverij Hollandia, Haarlem, 2007 (5^e druk).

www.hollandia-boeken.nl