

Hergebruik van thermohardende composieten

Verwerking met CSTDRP-proces



Lectoraat Kunststoftechnologie

Colofon

Titel:	Hergebruik van thermoharde composieten – Onderzoek naar verwerken materiaal uit het CSTD RP-proces
Publicatienummer:	LKT-RE-106443-1703
Datum:	April 2017
Auteurs:	Ing. P. Schreuder Ing. K.W. Hermans Dr. Ir. A. ten Busschen
Subsidieverstrekker:	SIA KIEM-VANG
Met medewerking van:	CH-Energy BORK recycling
Fotografie:	Windesheim Zwolle

Met ReThink zet de kunststof- en rubberindustrie zich actief in als belangrijke (gespreks)partner binnen de Nederlandse economie en samenleving. Of dit nu gaat over kunststof en rubber in het algemeen of over daaraan gerelateerde maatschappelijke thema's en specifieke onderwerpen. Onze leden maken bijzondere en waardevolle producten en zien het als hun taak om dat op een zo duurzame en efficiënte manier te doen. Wij willen onze kennis en visie delen en onze betrokkenheid bij maatschappelijke discussie vergroten en versterken.

Dit is een uitgave van Christelijke Hogeschool Windesheim. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorwoord

Het onderhavige rapport is de inhoudelijke eindrapportage van het KIEM-VANG project met de titel 'Hergebruik van thermoharde composieten – Onderzoek naar verwerking van materiaal uit het CSTDRP-proces. Het project is bij het Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek(SIA) aangevraagd en toegekend met als projectnummer PROVA.CE.01.062 en kenmerk 2016-117. De financiële eindrapportage met de verantwoording van uren en kosten wordt niet in dit document beschreven maar wordt separaat gerapporteerd.

Met de omschrijving 'hergebruik van thermoharde composieten' wordt een geheel andere, nieuwe werkwijze nagestreefd om end-of-life (afval) producten van thermoharde composiet materiaal te verwerken dan er in de afgelopen decennia is gedaan. De doelstelling is om met zo weinig mogelijk bewerkingen (kosten) het end-of-life product om te zetten in versterkingselementen die in nieuwe producten kunnen worden gebruikt. Op deze manier wordt een economisch interessante oplossing nagestreefd om zoveel mogelijk van de nog aanwezige hoogwaardige materiaaleigenschappen te benutten in een nieuw product. Deze werkwijze past in het principe van de circulaire economie: Van Afval Naar Grondstof.

Dit onderzoek is uitgevoerd onder leiding van de onderzoekers van het Lectoraat Kunststof Technologie (LKT) van de Hogeschool Windesheim, in samenwerking met studenten en het bedrijfsbureau van de technische studies.

De deelnemende bedrijven in het project waren: CH-energy, en Bork recycling. Door de deelname van deze partijen zijn kennis, materiaal en installaties beschikbaar gesteld om dit onderzoek succesvol uit te voeren.

De projectdeelnemers zien terug op een inspirerend en succesvol project en wensen u veel leesplezier toe.

Ing. P. Schreuder, junior onderzoeker

Zwolle, Februari 2017

Ing. K. Hermans, junior onderzoeker

Inhoudsopgave

Het CSTDRP-proces	6
Materiaal en methode	7
Resultaten	9
Conclusie	13
Aanbevelingen.....	14
Literatuurlijst.....	16
Bijlage	17
A. Benaming van de proefplaten.....	17
B. Meetgegeven buigproeven	18
C. TDS van Distitron 3501 LS1	19

Inleiding in het project en projectdeelnemers

De achtergrond van het project is het hergebruiken van thermoharde composiet producten die het eind van de gebruiksfase hebben bereikt en worden aangemerkt als 'afval'. Hergebruik is in deze context het modificeren van een afvalproduct tot componenten die als versterkende elementen ingezet kunnen worden in een nieuw te vervaardigen composietproduct, in tegenstelling tot recycling waar het afval wordt teruggebracht tot elementaire grondstofcomponenten (vezels, hars, vulstof). Door het hergebruik blijven een aantal van de hoogwaardige composiet-eigenschappen (laag gewicht, hoge sterkte en stijfheid en bestendigheid tegen vocht) grotendeels behouden. Daarnaast is het van belang dat de kosten voor het realiseren van deze versterkende elementen uit het afval laag zijn.

Het onderhavige project is het zevende project in een reeks van projecten die het Lectoraat Kunststof Technologie (LKT) van Hogeschool Windesheim heeft uitgevoerd voor het onderzoeken van hergebruik van thermoharde composieten.

Dit project richt zich op het onderzoeken van de mogelijkheid om thermoharde end-of-life (EoL) composietproducten te verwerken middels het CSTDRP-proces. Dit is een geheel andere aanpak dan de aanpak die onderzocht is in de voorgaande projecten. In de voorgaande projecten is onderzocht wat er gedaan zou kunnen worden met thermoharde composieten door producten te verkleinen en de verkleinde delen toe te passen in een nieuw product.

In dit project wordt met behulp van het CSTDRP-proces thermoharde composieten verwerkt. Met de glasvezelresten die overblijven is onderzocht of die toe te passen zijn in nieuwe producten.

Het lectoraat (LKT) heeft de projectleiding, het onderzoek en de rapportage verzorgd. Het complete projectteam is als volgt samengesteld:

CH-Energy (Groningen)

Recycling bedrijf

Contactpersoon: R. Kusters

Bork Recycling (Hoogeveen)

Recycling bedrijf

Contactpersoon: B. Makkinga

Hogeschool Windesheim, Lectoraat Kunststof Technologie (Zwolle)

Projectleiding, projectadministratie, onderzoek en rapportage

Projectleider: Dr. Ir. A. ten Busschen

Junior onderzoeker: Ing. K.W. Hermans

Junior onderzoeker: Ing. P. Schreuder

Administratie: BEc. J.M. Steenhuis-Schipper

Het CSTDRP-proces

Afvalverwerkingsinstallaties proberen zoveel mogelijk afval te hergebruiken. Niettemin is nog altijd een aanzienlijke hoeveelheid afval dat in een dusdanige staat verkeert, dat het niet meer hergebruikt kan worden. Dit geldt ook voor kunststofafval, al dan niet vezel versterkt. CH Energy heeft in samenwerking met Bork Recycling een systeem ontwikkeld en gepatenteerd, waarmee niet meer te recyclen kunststofafval verwerkt kan worden. Dat afval wordt omgezet naar een olie en gas dat met behulp van bestaande systemen is op te slaan, te transporteren en te gebruiken. Dit proces heet het Closed System Thermally Depolymerisation Refining Proces (CSTDRP).

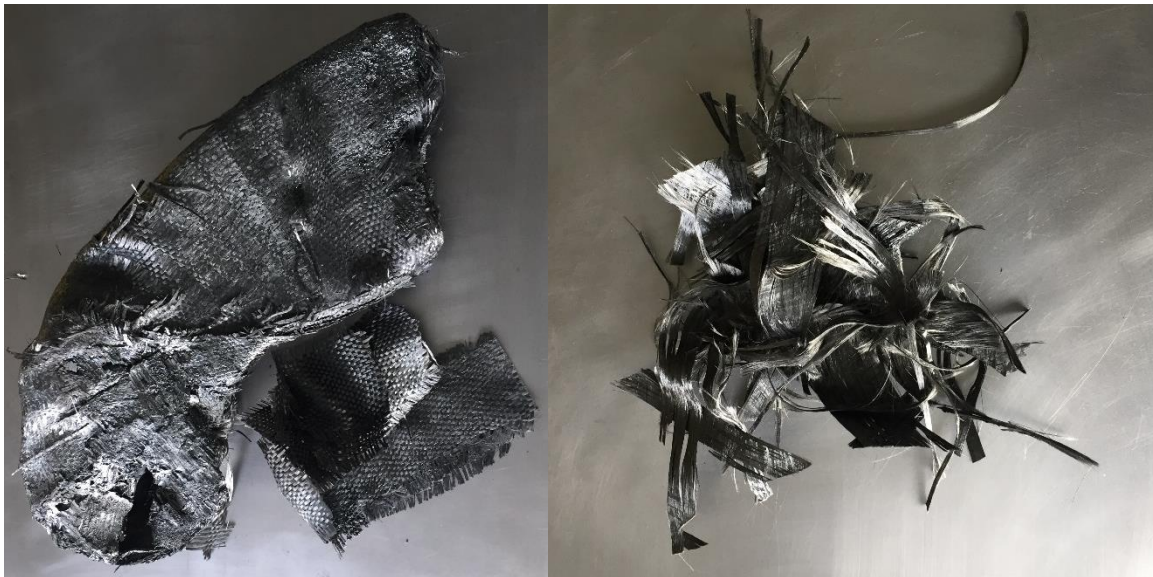
Het afval wordt tijdens het proces onder invloed van warmte omgezet naar gas. Met behulp van een permanente katalysator wordt dit gas behandeld en vervolgens afgekoeld tot gecondenseerd gas en niet-condenseerbaar gas. De stoffen die niet door warmte vergast kunnen worden, worden omgezet naar koolstof. Reststoffen als metaal, glas en steen blijven met de koolstof achter in de reactor. Bij het leeghalen van de reactor kunnen deze reststoffen eenvoudig gescheiden worden en aangeboden aan gespecialiseerde bedrijven voor verdere recycling. Een van de reststoffen die overblijft na het vergassen van composiet zijn de glasvezels. Deze vezels zijn gebruikt bij de uitvoering van dit onderzoek.

Materiaal en methode

Er zijn drie verschillende batches gemaakt voor de verwerking van thermoharde composieten met het CSTDRP-proces. De eerste batch bestond uit delen van een polyester jachtromp. De tweede batch bestond uit delen gewikkelde glasvezelversterkte epoxy buis. De derde batch bestond uit gepultrudeerde glasvezelversterkte polyester profielen. Zie Afbeelding 1 en 2 voor de materialen voor dat het de reactor in ging en Figuur 2 na de behandeling in de reactor. In Figuur 3 zijn detail afbeeldingen van de resten na de behandeling in de reactor.



Figuur 1 en 2, de verschillende batches, v.l.n.r. pultrusie profielen(A), buisstukken(B) en jachtromp delen(C), voor (1) en na (2) het proces.



Figuur 3, het glasvezelmateriaal van weefsel (buis) en UD (buis) na de vergassing

Bij het uit elkaar halen van de verschillende versterkingslagen bleek dat er in de afzonderlijke batches verschillende glasvezel versterkingstypen gebruikt zijn. In Tabel 1 wordt dit weergegeven.

Batch	Type versterking	Benaming
Boot	CSM (chopped strand mat)	CSM (boot)
	weefsel	weefsel (boot)
Profiel	UD (unidirectional)	UD (pultrusie)
	CSM	CSM (pultrusie)
Buis	Weefsel	weefsel (buis)
	UD	UD (buis)

Tabel 1, omschrijving en benaming van het aangeleverde CSTRP-materiaal

Het vaste materiaal dat overbleef na de vergassing is gebruikt om proefstukken te maken met behulp van handlamineren en vacuüminjectie. In beide gevallen is gebruikgemaakt van de polyesterhars Distitron 3501 LS1. In Figuur 4 worden voorbeelden gegeven voor de productie van UD (pultrusie) en weefsel (buis) proefstukken.



Figuur 4, links: productie van UD (pultrusie) proefstuk, de delen zijn vervolgens individueel benat d.m.v. handlamineren. Rechts de voorbereiding voor de vacuüminjectie.

Met behulp van een Testometric M500-100 zijn er buigproeven uitgevoerd. Volgens ISO 178 wordt een overspanning (L) voorgeschreven van $L = (16 \pm 1)h$ dit resulteert bij een proefstuk met een hoogte (h) van 8 mm in een overspanning van 130 mm. Deze afstand is aangehouden voor alle uitgevoerde buigproeven. De buigproeven zijn uitgevoerd met een snelheid van 10 mm/min.

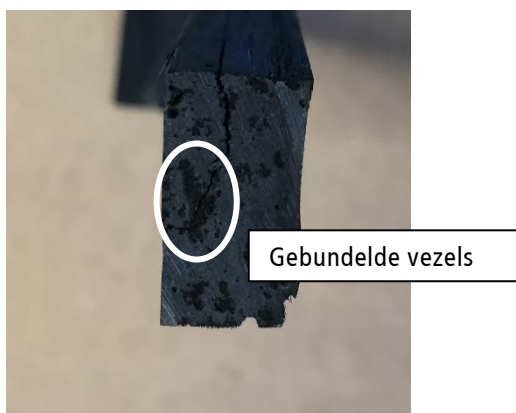
Resultaten

Enkele proefstukken die door middel van handlamineren zijn gemaakt bleken een onregelmatige dwarsdoorsnede te hebben. De hars is tijdens het uitharden naar de bodem van de mal gezakt waardoor de proefstukken aan de onderzijde vooral uit hars bestaan en aan de bovenzijde uit CSTDRP massa. Dit was het geval bij alle proefstukken behalve UD (pultrusie). Figuur 5 geeft een weefsel (boot) proefstuk weer wat is opengebrosen ter illustratie. Het onderscheid is hier aangegeven tussen de hars en de CSTDRP massa.



Figuur 5, weefsel (boot) proefstuk dat met handlamineren is geproduceerd. Er is onderscheid tussen het deel met weefsel en het deel wat voornamelijk uit hars bestaat.

De CSM massa bleek erg lastig om te handlamineren, de glasvezels bewogen met de kwast mee en raakten daardoor los van elkaar. De UD (pultrusie) vezels bleven tijdens het handlamineren en vacuüminjectie als bundels bij elkaar. Dit is ook waar te nemen in de uiteindelijke proefstukken, zie Figuur 6. Tijdens het zagen van de proefstukken kwamen enkele van deze bundels los van het proefstuk. Ze bleken niet geïmpregneerd te zijn met nieuwe hars. Bij onder andere de weefsel (boot) proefstukken werden droge vezelbundels zichtbaar na de buigproef. Dit is te zien in Figuur 7.



Figuur 6, gebundelde UD-vezels die niet goed benat zijn tijdens de vacuüminjectie.



Figuur 7, vezels uit weefsel die niet goed benat zijn tijdens het vacuüminjectie.

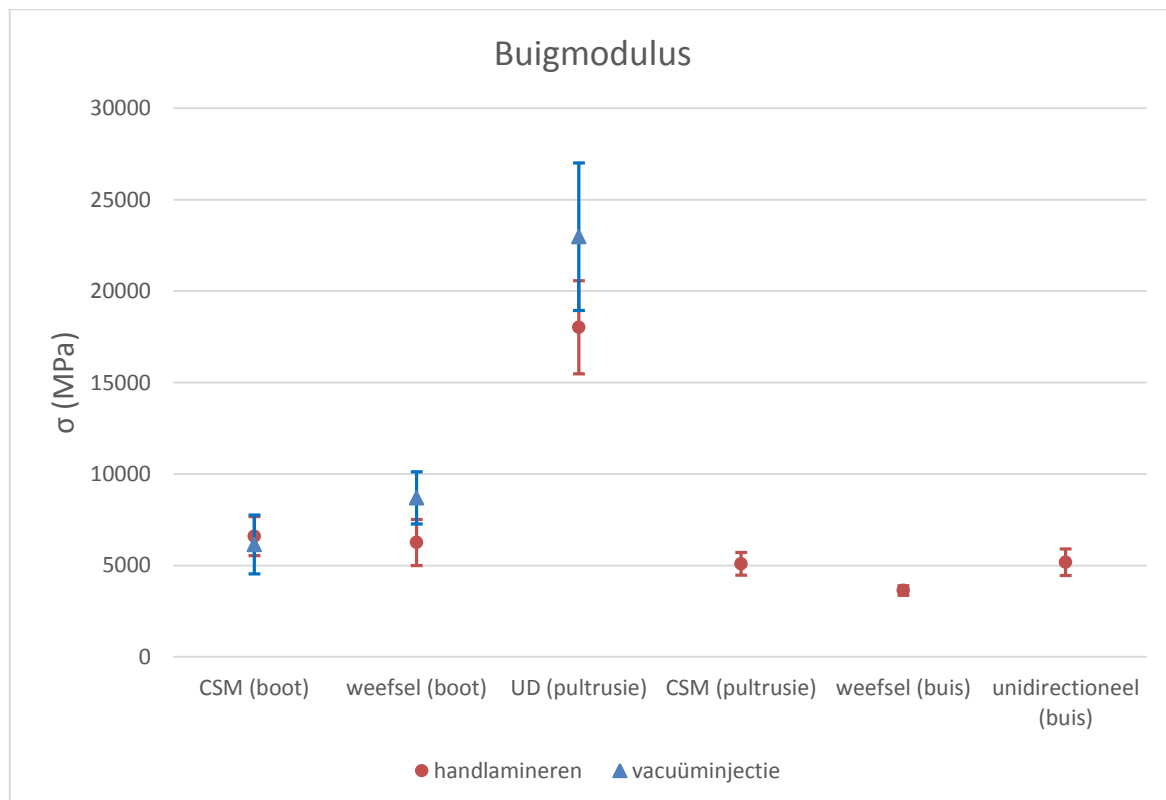
Mogelijk worden de vezels niet goed benat vanwege aanwezige roet dat zich om de vezels bevindt. Dit roet is matrixmateriaal wat niet volledig door het proces omgezet is in gas en olie. Om erachter te komen wat de hoeveelheid brandbare stof/matrixmateriaal is van het aangeleverde materiaal zijn een aantal afbrandproeven uitgevoerd. De uitvoering daarvan is gebaseerd op ISO 1887. De resultaten worden weergegeven in Tabel 2. De gemiddelde van drie metingen worden per materiaal weergegeven.

Materiaal	Gewichtspercentage brandbare stof (%)
CSM (boot)	7,8
weefsel (boot)	8,7
UD (pultrusie)	13,9

Tabel 2, hoeveelheid brandbare stof van de CSTDRP-vezel

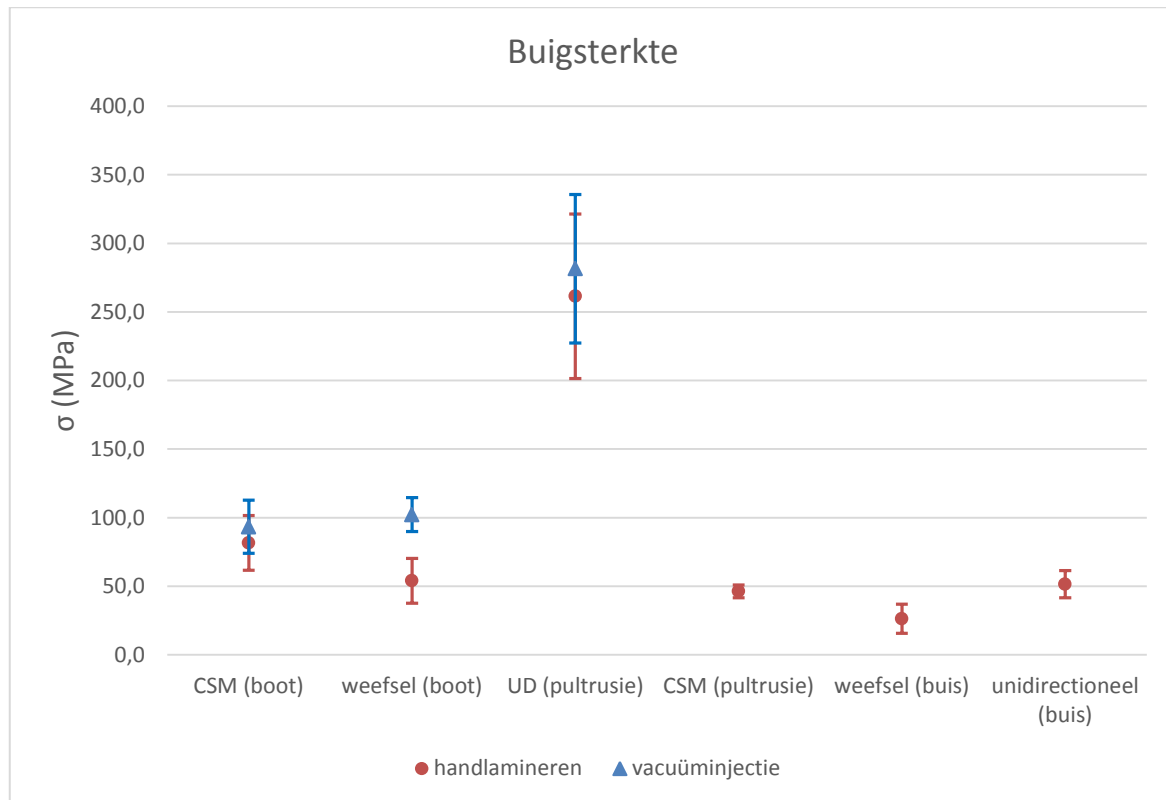
Uit de resultaten van de afbrandproef valt af te leiden dat hoe dichter de vezelbundels op elkaar zitten, hoe meer matrixmateriaal, in de vorm van roet, achterblijft. CSM is de meest open mat en bevat grofweg de helft minder roet dan het UD (pultrusie) materiaal, dat een hele dichte vezelpakking heeft. Dit materiaal leverde proefstukken op waarbij slechte benatting het beste zichtbaar was.

Er is een driepuntsbuigproef uitgevoerd waarbij de buigmodulus, de buigsterkte en de rek bij piek is gemeten. De resultaten zijn het gemiddelde van ten minste drie metingen en worden weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8, de buigmodulus van de gehandlamineerde (rood) en vacuüminjectie (blauw) proefstukken

De proefstukken die met behulp van vacuüminjectie gemaakt zijn blijken in het geval van weefsel (boot) en UD (pultrusie) een hogere buigstijfheid te behalen dan de gehandlamineerde proefstukken. In het geval van weefsel (boot) is dit 8698 MPa tegenover 6255 MPa. Bij pultrusie UD is dit 22.980 MPa ten opzichte van 18.023 MPa voor de handlaminaten. De verschillen vallen wel binnen een enkele standaardafwijking. De gemeten stijfheid is hoger dan bijvoorbeeld Azobé hardhout dat een stijfheid heeft van 18.600MPa¹.

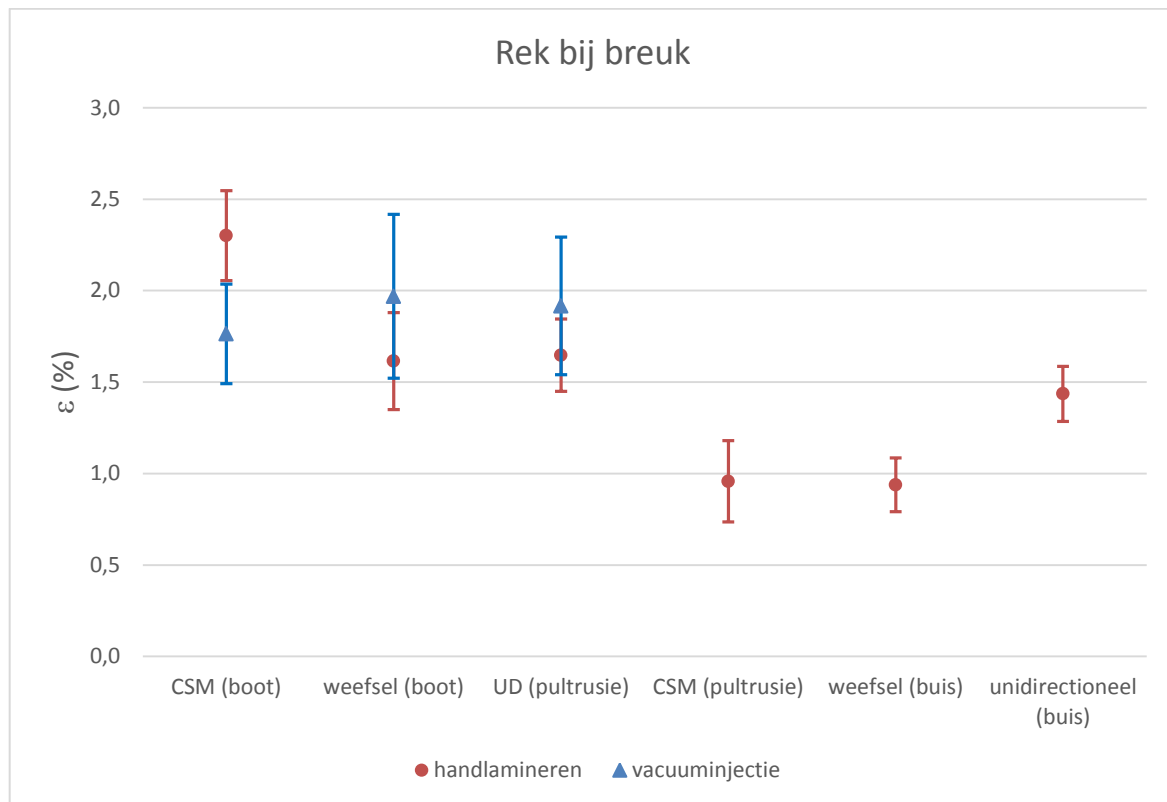


Figuur 9, Buigsterkte van de gehandlamineerde (rood) en vacuüminjectie (blauw) proefstukken

De gemeten buigsterkte wordt weergegeven in Figuur 9. De proefstukken die met behulp van de UD (pultrusie) delen gemaakt zijn leveren de hoogste buigsterkte op namelijk 261 en 281 MPa.

Wanneer de gehandlamineerde en vacuüminjectie proefstukken vergeleken worden blijkt dat de buigsterkte van het weefsel (boot) toeneemt wanneer deze met behulp van vacuüminjectie wordt gemaakt. De buigsterkte is dan 102 MPa tegenover 54 MPa voor de gehandlamineerde proefstukken. Om een vergelijking te maken worden een aantal buigsterkte van naaldhout gegeven, bijvoorbeeld 77 MPa (vuren). Bij loofhout (hardhout) ligt de buigsterkte tussen de 97 MPa (Andira) en 157 MPa (Azobé)¹. Door middel van vacuüminjectie en CSM (boot) en weefsel (boot) is het mogelijk om sterktes te verkrijgen die vergelijkbaar zijn met naaldhout. De buigsterkte van de UD (pultrusie) proefstukken overtreft de sterkte van hardhout.

De rek bij piek wordt weergegeven in Figuur 10, deze varieert tussen 0,94% bij weefsel (buis) en 2,30% bij de gehandlamineerde CSM (boot) proefstukken. De verschillen tussen de handgelamineerde proefstukken en de vacuüminjectie proefstukken valt veelal binnen een enkele standaardafwijking.



Figuur 10, rek bij breuk van de gehandlamineerde (rood) en vacuüminjectie (blauw) proefstukken

Conclusie

Door middel van het CSTRP-proces kan onder andere glasvezel gewonnen worden uit gebruikte composiet producten. De thermoharde matrix wordt tijdens dit proces omgezet in gas en olie. Dit maakt het mogelijk om vezel versterkte producten te recycleren. In dit onderzoek zijn proefstukken gemaakt van gewonnen/gerecyclede vezels. Vervolgens zijn de proefstukken getest door middel van een driepuntsbuigproef.

In het CSTRP-proces wordt het materiaal verhit tot $\pm 425^{\circ}\text{C}$. Dit is te laag om al het matrixmateriaal om de vezels te laten verdampen. De verwerking van het vezelmateriaal wat uit het CSTRP-proces kwam, bleek erg lastig. De vezelversterking behield de vorm die het had in het oude product. Bovendien plakt het geheel door het roet aan elkaar. Het maken van vlakke platen met gevormde versterkingsmatten werd daardoor bemoeilijkt. De CSM vezels lieten los van elkaar tijdens het handlamineren ook bleken niet alle vezels goed benat te zijn. Bij de proefstukken UD (pultrusie) zijn deze onbenatte vezelbundels te zien. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van roet om de vezels. Uit de uitgevoerde afbrandproeven bleek dat 13% van het UD (pultrusie) materiaal verbrand. Dit duidt mogelijk op resten matrixmateriaal die nog om de vezels aanwezig zijn.

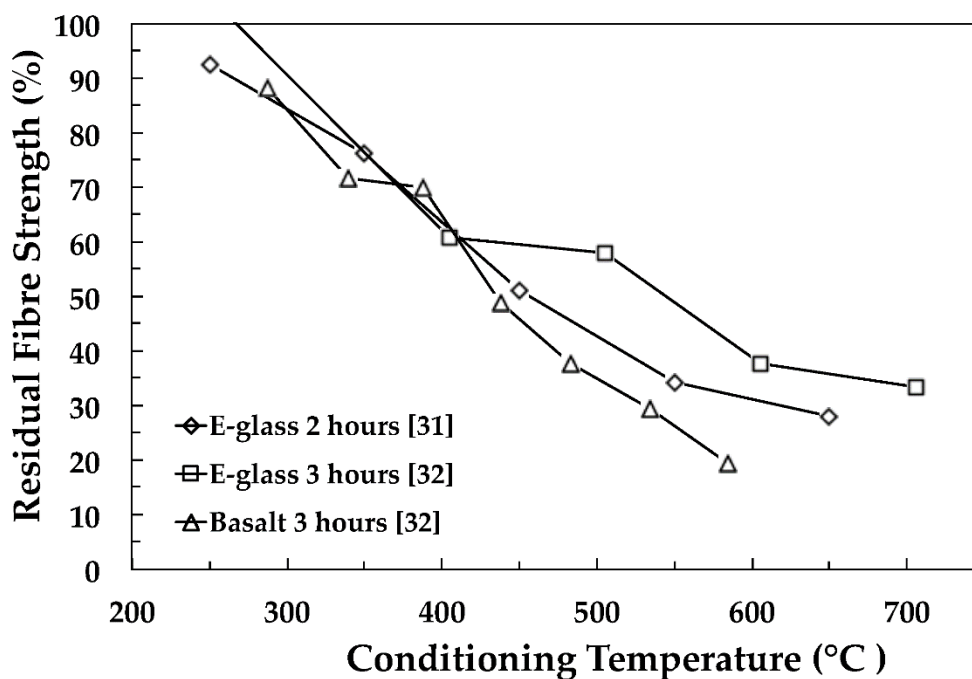
De buigmodulus en buigsterkte blijkt bij de UD (pultrusie) proefstukken hoger te zijn dan de overige proefstukken. Dit is zowel het geval bij de gehandamineerde proefstukken als de geïnjecteerde. De buigmodulus van de vacuümgeïnjecteerde UD proefstukken was 22980 MPa en de buigsterkte 281 MPa. De sterkte en stijfheid van de overige proefstukken was minder dan 50% van de UD (pultrusie) proefstukken. De gemeten stijfheid van het weefsel (boot) was 8698 MPa en de sterkte 102 MPa.

Doormiddel van vacuüminjectie is het mogelijk geweest om proefstukken te produceren die een sterkte bezitten die vergelijkbaar is met naaldhout. Met behulp van het handlamineren of vacuüminjecteren van gerecyclede UD (pultrusie) vezels blijkt het mogelijk om proefstukken te maken die een stijfheid en sterkte bezitten die hoger is dan die van Azobé.

Aanbevelingen

Een deel van de moeilijkheden van het maken van proefstukken werd veroorzaakt doordat het CSTDRP-materiaal lastig vervormbaar was. Dit is deels veroorzaakt door het aanwezige roet afkomstig van het onvolledig verbrande matrixmateriaal. Een manier om van de nog aanwezige hoeveelheid matrixmateriaal af te komen is de temperatuur in de reactor te verhogen. Volgens de ISO 1887 'bepaling van het gehalte aan brandbare stof' is deze temperatuur 625 °C maar de norm geeft ook aan dat het bij een lagere temperaturen van 500°C mogelijk is. Het materiaal moet net zo lang bloot worden gesteld aan deze temperaturen totdat alle brandbare stof verdwenen is. Mogelijk kan de verhoging van de temperatuur of het verlengen van de verblijftijd in de reactor toegepast worden tijdens CSTDRP-proces.

Onder andere door de Technische Universiteit van Denemarken is onderzoek uitgevoerd naar thermische recycling en hergebruik van glasvezelversterkte thermoharde composieten². In dit onderzoek zijn samples gemaakt van UD-glasvezels in een epoxy matrix. Vervolgens is de matrix van de samples afgebrand en is het vezelpakket opnieuw geïnjecteerd met hars. De stijfheid van deze samples bleef gelijk ten opzichte van de nieuwe samples maar de sterkte was met 90% gedaald vanwege de afgenomen maximale spanning van de vezel. Deze sterkteafname is ook in andere onderzoeken gerapporteerd^{3,4}, zie Figuur 11 waar een percentage van de overgebleven sterkte van de glasvezels uitgezet is tegen de verwarmingstemperatuur. Als verklaringen worden oppervlakteveranderingen en herordening of relaxatie van het glas gegeven dat tijdens de verhitting optreedt.



Figuur 11, Typical results from the literature on residual fibre strength after heat conditioning. Thomason, J.; Jenkins, P.; Yang, L. Glass Fibre Strength—A Review with Relation to Composite Recycling. *Fibers* 2016, 4, 18. Gekopieerd uit het genoemde open access artikel dat gedistribueerd is onder de Creative Commons Attribution License.

Het is dus duidelijk dat een blootstelling van glasvezels aan een temperatuur boven de 300 graden Celsius de vezelsterkte significant verlaagt. Dit betekent dat het toepassen van het CSTDRP-proces op glasvezelversterkte kunststoffen altijd zal leiden tot vezelresten waarmee nooit de versterkende werking van de oorspronkelijke, 'maagdelijke' (pristine) glasvezels kan worden geëvenaard. Aan de andere kant laat het onderzoek zien dat met de vezelresten uit pultrusie-afval redelijke composietsterkten mogelijk zijn.

Doordat tijdens het afbranden ook de sizing verdwijnt, zal de verwerking een punt van aandacht moeten zijn. Zonder sizing zal de vezelbundel gaan 'pluizen', wat de verwerkbaarheid niet ten goede komt. Daarnaast is de sizing ook een hechtmiddel dat zorgt voor een goede hechting tussen de vezel en de matrix. Verder onderzoek zou kunnen uitwijzen of het gehalte roet geminimaliseerd kan worden. Testen met de daaruit voortkomende glasvezels kunnen uitwijzen of het mogelijk is om een goed proefstuk te vormen met een acceptabele sterkte en of dit een haalbare route is voor het hergebruik van de vezels.

Literatuurlijst

Feiha, S., Boiocchi, E., Mathys, G., Mathys, Z., Gibson, A.G., Mouritz, A.P. (2011). *Mechanical properties of thermally-treated and recycled glass fibres. Composites*. Part B: Engineering, Volume 42, Issue 3

Fraisse, A., Beauson, J., Brondsted, P., & Madsen, B. (2016). *Thermal recycling and re-manufacturing of glass fibre thermosetting composites*. IOP conference series: Materials Science and Engineering, 139.

Glasvezels - Bepaling van het gehalte aan brandbare stof. NEN-ISO 1887:2014

Kunststoffen - Bepaling van de buigeigenschappen. NEN-EN-ISO 178:2010

Schreuder, P. (2016) *Hergebruik van thermohardende composieten*. LKT-RE-106030-1701

Thomason, J., Jenkins, P., Yang, L. (2016) *Glass Fibre Strength—A Review with Relation to Composite Recycling*

Wiselius, S.I. (2005) *Houtvademecum*. SDU Uitgevers

Bijlage

A. Benaming van de proefplaten

	CSTDRP		
proefplaat nummer	productietechniek	gewonnen vezel	overgebleven hars
10	CSM (boot)	glasvezel	onverzadigd polyester
20	weefsel (boot)	glasvezel	onverzadigd polyester
60	UD (pultrusie)	glasvezel	onverzadigd polyester
50	CSM (pultrusie)	glasvezel	onverzadigd polyester
30	weefsel (buis)	glasvezel	epoxy
40	unidirectioneel (buis)	glasvezel	epoxy

70	CSM (boot)	glasvezel	onverzadigd polyester
80	weefsel (boot)	glasvezel	onverzadigd polyester
90	pultrusie (UD)	glasvezel	onverzadigd polyester

B. Meetgegeven buigproeven

Resulaten buigproeven					
proefstuk nr.	Buigmodulus	Buigsterkte	Rek bij piek	Breedte	Dikte
	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>%</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
11	7685	101,3	2,48	21,3	9,5
12	5570	55,2	2,17	19,9	9,6
13	7709	93,2	2,36	20,6	9,7
14	5555	65,6	1,94	20,5	9,5
15	6489	92,8	2,54	20,4	9,6
21	4769	33,6	1,28	20,1	8,9
22	6178	67,3	2,02	20,9	8,2
23	8066	73,3	1,69	21,2	8,6
24	6765	51,5	1,37	21,1	8,5
25	5499	44,4	1,72	22,5	7,2
31	3600	16,1	0,78	20,3	10,4
32	3910	37,3	0,98	21,2	10,4
33	3382	25,9	1,06	21,3	10,7
41	4189	38,8	1,26	21,6	10,0
42	5076	61,8	1,36	20,8	9,6
43	5677	55,6	1,56	20,7	9,2
44	5760	49,8	1,57	21,1	8,9
51	4263	47,1	1,26	20,9	12,7
52	5702	50,5	0,88	21,0	12,9
53	5006	48,1	0,96	21,2	12,1
54	5389	39,6	0,73	20,6	12,9
61	15346	267,3	1,88	20,9	11,4
62	19905	304,8	1,78	21,4	11,0
63	16865	204,0	1,58	20,6	11,5
64	16485	219,5	1,41	20,6	11,0
65	22205	356,5	1,79	21,0	10,7
66	17331	216,6	1,45	21,2	11,4
71	8568	121,1	1,67	21,1	8,2
72	6742	88,4	1,42	21,4	9,6
73	5486	95,2	2,08	21,4	10,0
74	4269	67,0	1,65	21,3	10,0
75	5657	95,2	2,00	21,4	9,2
81	7699	97,4	2,43	21,3	9,3
82	8251	98,2	2,11	21,2	9,7
83	8469	90,3	1,24	20,9	8,3
84	11196	123,1	2,15	20,0	8,3
85	7873	102,2	1,90	20,9	8,5
91	16747	206,6	2,42	21,3	8,0
92	27868	343,1	1,37	21,8	8,0
93	23466	321,0	1,99	21,1	9,8
94	24365	254,7	1,83	21,5	8,0
95	22455	282,1	1,97	21,3	11,0

C. TDS van Distitron 3501 LS1

Technical data sheet

DISTITRON® 3501 LS1

First emission Erste Ausgabe	05/07/2010
Resin type Harztype	Orthophthalic Orthophthalsäure
Special features Besondere Eigenheiten	Preaccelerated Vorbeschleunigt
Processing Verfahren	Casting Giessen
Note Anmerkung	

Delivery specification of the liquid resin Distitron® 3501LS1 Lieferspezifikations des flüssigen Harzes Distitron® 3501LS1			
Properties Eigenschaften	Test method Testmethode	Unit Einheit	Value Wert
Viscosity RVF at 25°C, s 2 rpm 20 Viskosität RVF bei 25°C, s 2 rpm 20	GM025	mPa.s	140 - 200
Monomer content Monomergehalt	RS06C	%	38 - 43
Curing at 20°C with Reaktivität bei 20°C mit	2% MEKP		
Gel time Gelzeit	RS08G	min.sec	52.00 - 63.00
Curing time Härtungszeit	RS08G	min.sec	67.00 - 87.00
Maximum temperature Maximale Temperatur	RS08G	°C	125 - 155
Properties of the liquid resin Distitron® 3501LS1 Eigenschaften des flüssigen Harzes Distitron® 3501LS1			
Appearance - colour Aussehen - Farbzahl	RS13F	-----	Light violet Hellviolett
Stability at 20°C in the dark Stabilität bei 20°C im Dunkeln	RS07G	months Monate	4

Properties of cured unreinforced resin Distitron® 3501LS1
Eigenschaften des gehärteten nicht verstärkten Harzes Distitron® 3501LS1

Casting preparation:
Gießvorbereitung:

Hardner type and amount: 1.5% MEKP
Härtertyp u. Menge:

Promotor type and amount:
Beschleunigertyp u. Menge:

Curing cycle: 24h at 23°C + 2h at 100°C + 1h at 100°C
Härtungszyklus: 24h bei 23°C + 2h bei 100°C + 1h bei 100°C

Properties Eigenschaften	Test method Testmethode	Unit Einheit	Typical value Typischer Wert
Tensile strength Zugfestigkeit	ISO 527-1993	MPa	65
Tensile modulus Zugmodul	ISO 527-1993	MPa	4100
Elongation at break Bruchdehnung	ISO 527-1993	%	2.0
Flexural strength Biegefestigkeit	ISO 178-2001	MPa	120
Flexural modulus Biegemodul	ISO 178-2001	MPa	4200
Heat deflection temperature Wärmeverformungstemperatur	ISO 75 - 2:2004 Method A	°C	56
Barcol hardness at 25°C Barcol Härte bei 25°C	ASTM D 2583-01	Unit Einheit	45

The information contained in this brochure is correct and accurate and is based on our technical and scientific knowledge at the date of going to press.

Such information relates only to use of the products in the pure state and for the purposes stated herein.

Nothing stated here may be taken or construed as implying a breach of any existing patents.

Nor is any warranty, whether expressed or implicit, given with regard to the results to be obtained through the use of the aforesaid information.

Die in dieser Broschüre enthaltene Information ist korrekt und genau und basiert auf unserer technischen und wissenschaftlichen Kenntnis zum Zeitpunkt des Drucks.

Solche Information bezieht sich nur auf den Gebrauch des Produkts in reinen Zustand und für die hierin angegebenen Zwecke. Nichts von dem hier angegebenen darf genommen oder ausgelegt werden als Behauptung eines Bruchs jeglicher bestehender Patente. Noch wird jegliche Garantie, ob ausdrücklich oder impliziert, in Hinsicht auf die durch Verwendung der zuvor gesagten Information zu erhaltenden Ergebnisse gegeben.

Contactgegevens

Lectoraat Kunststoftechnologie

Campus 2-6

8000 GB Zwolle

T: 088 – 469 9700

E: kunststoftechnologie@windesheim.nl

I: www.windesheim.nl/kunststoftechnologie

Contactpersonen

M.D.C. Topp

Lector

T: 088 – 469 7203

E: m.topp@windesheim.nl

A. ten Busschen

Associate lector

T: 088 – 469 8541

E: a.ten.busschen@windesheim.nl

Lectoraat Kunststoftechnologie

Het lectoraat Kunststoftechnologie stimuleert innovatie op het gebied van kunststofverwerking en -producten in het midden- en kleinbedrijf. Vanuit de onderzoeksprojecten, uitgevoerd door docenten van de technische opleidingen bij de Hogeschool Windesheim in samenwerking met bedrijven, vloeien nieuwe kennis en inzichten naar het Hoger Onderwijs én het bedrijfsleven.

Dit onderzoek richt zich op hergebruik van thermohardende composieten, waarbij gebruik wordt gemaakt van het CSTDPR-proces. In dit proces wordt de matrix omgezet in olie en gas en met de glasvezelresten die overblijven is onderzocht of die toe te passen zijn in nieuwe producten.

