



Martin Hengstermann (li.) und Dr. Anwar Abdkader (re.) vom ITM mit Streckenband und Hybridgarn aus recycelten Carbonfasern

ÜBERBLICK

Standortbestimmung beim Recycling von Carbonfasern

Die Carbonfaser (CF) ist auf dem Vormarsch, vor allem Automobil-, Luft- und Raumfahrtindustrie, Bauwesen sowie die Sportgerätebranche setzen zunehmend auf den Leichtbauwerkstoff. Für den großen Durchbruch fehlt aber noch ein wichtiger Faktor – das industrielle Recycling der CF. Nur durch Schließen des Wertstoffkreislaufs kann die Hochleistungsfaser auch aktuellen Ansprüchen an den Umweltschutz genügen und ihre energieintensive Herstellung rechtfertigen.

Hauptgrund gegen eine „einfache“ Entsorgung sind in diesem Zusammenhang gesetzliche Bestimmungen, die sowohl eine Deposition größerer Mengen CF bzw. CFK als auch eine thermische Verwertung nahezu unmöglich machen. Daher forschen zurzeit zahlreiche Institute und Fachabteilungen intensiv zu sinnvollen Verwertungsverfahren für CF-Abfälle, die nachfolgend als recycelte CF (rCF) bezeichnet werden.

rCF-Sorten

rCF können in drei Typen unterschieden werden:

Typ	Vorkommen
I	trockene Fasern (Produktionsreste, Verschnitt)
II	vorimprägnierte Fasern (Reste bzw. Verschnitte von Prepregs)
III	Fasern aus defekten/End-of-Life-CFK-Bauteilen



Recycelte Carbonfasern aus der Pyrolyse mit weißen Nähfäden

Die trockenen Fasern (Typ I) verfügen über die prinzipiell gleichen Eigenschaften wie Primärfasern und benötigen grundsätzlich keinen besonderen Aufbereitungsprozess. Dieser kann allerdings angewendet werden, wenn verschiedene Fasersorten z. B. verein-

heitlicht oder neu beschichtet werden sollen. Die vorimprägnierten rCF (Typ II) sowie die aus CFK-Bauteilen extrahierten rCF (Typ III) erfordern dagegen einen zusätzlichen Prozessschritt zum Herauslösen der rCF aus der Matrix.

Aufbereitungsverfahren

Zur Aufbereitung setzen einige Hersteller am Markt (z. B. CarbonNXT GmbH, ELG Ltd.) das Pyrolyseverfahren ein. Sie können bereits mehrere Tonnen rCF jährlich liefern.

Die Pyrolysetemperatur unterscheidet sich dabei je nach rCF-Typ. Für rCF der Typen I und II genügt eine relativ geringe Wärmebehandlung, um die Harze oder Schichten zu entfernen, dagegen erfordert die Aufbereitung von Typ III deutlich höhere Temperaturen. Die Festigkeitseigenschaften der rCF verringern sich je nach Wärme- und Sauerstoffeintrag in unterschiedlichem Maße von nicht feststellbar bis sehr stark. Inwieweit dies auch für rCF von thermoplastischen CFK-Bauteilen zutrifft, muss noch erforscht werden. Die hier bestehenden Möglichkeiten zum anforderungsgerechten Recycling wurden aufgrund des bisherigen Nischenstatus bislang kaum betrachtet.

Weitere Aufarbeitsverfahren (z.B. Solvolyse, elektrodynamische Fragmentierung, Mikroben) sind noch im Forschungsstadium.

Verwendungsmöglichkeiten der rCF

Die Verwendungsmöglichkeiten sind vielfältig und werden derzeit intensiv erforscht. Untenstehende Tabelle fasst ausgewählte Beispiele zusammen.

Zurzeit hat sich keine dieser Verwendungen endgültig am Markt durchgesetzt. Das hat mehrere Gründe:

1. Neuartiges Recycling: Verfahren und Anwendungen müssen sich am Markt noch etablieren.
2. Herkunft der rCF: Teilweise unklar, daher ist es für den Anwender oft nicht ersichtlich, welche Qualität er bekommt und ob diese langfristig konstant bleibt.
3. Qualität der rCF: Abhängig vom ursprünglichen Fasertyp, der Faserlänge, dem Verunreinigungsgrad (z.B. durch Nähfäden) und dem Aufbereitungsverfahren.
4. Preisentwicklung von Primär-CF und rCF: Die Preise der Primär-CF sind in den letzten Jahren immer weiter gefallen (aktuell 15–20 €/kg), die Preise für rCF variieren signifikant je nach Typ, Qualität und Nachfrage (bis 10 €/kg).
5. Kosten/Nutzen-Faktor von Produkten aus rCF: Einfache Herstellung und geringe erzielbare CFK-Festigkeit (z.B. Spritzguss) gegen komplexe Herstellung und hohe erzielbare Festigkeit (z.B. Garnkonstruktionen).
6. Spezifische Zusagen nötig: Hohe Investitionsbereitschaft und garantierte Abnahmemengen sind für die Aufbereitung und Herstellung von rCF-Produkten notwendig. Nur so lassen sich hohe Qualität und günstige Preise vereinbaren.
7. Duroplastische vs. thermoplastische CFK: Es könnten sich unterschiedliche Recyclinglösungen etablieren.

Die genannten Ursachen greifen teilweise ineinander und verdeutlichen die Komplexität des Themas CF-Recycling. Zur Lösung der Herausforderungen könnten gesetzliche Richtlinien beitragen. Außerdem würde die Verwendung von einheitlichen CF-Primärfasern in den Industrien die Wiederverwendung von rCF maßgeblich vereinfachen.

ITM setzt auf hochwertige Anwendungen

Die Wissenschaftler am Institut für Textilmaschinen und textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden konzentrieren sich beim Thema rCF-Wiederverwendung auf hochwertige Anwendungen zur maximalen Ausnutzung der rCF-Potenzials.

Bisher ist es gelungen, hochwertige Band- und Garnkonstruktionen aus rCF zu entwickeln, die aufgrund ihrer schonenden Verarbeitung wieder als lasttragende CFK-Bauteile eingesetzt werden können. Dazu zählt primär die Entwicklung einer Prozesskette von rCF zu Garnkonstruktionen im Feinheitsbereich von 200 bis 3500 tex. Hierbei wurden erstmalig Zugfestigkeiten von UD-Gelegen aus dem entwickelten rCF-Hybridgarn von über 1000 MPa erreicht.

Einschlägige Projekte in diesem Bereich reichen von der Grundlagenforschung bis zur industriellen Anwendung (etwa „3DProCar“ in der Initiative FOREL). Der Fokus liegt hier insbesondere auf thermoplastischen Anwendungen, deren Halbzeuge aufgrund der Stapelfaserform hoch drapierbar sind und kürzeste Bauteiltaktzeiten ermöglichen. Gleichzeitig lassen sich die Garnkonstruktionen auf bestehenden Textilmaschinen genauso wie Primär-Filamentgarne verarbeiten. Die entwickelte Prozesskette wird gemeinsam mit Partnern in den nächsten zwei bis drei Jahren in eine industrielle Herstellung transferiert.

Gleichzeitig wird die Entwicklung von hochdrapierbaren Organoblechen aus hochgradig orientierten rCF-Bändern vorangetrieben. Diese können direkt zu thermoplastischen CFK-Bauteilen verpresst werden, ohne zusätzliches Weben oder Legen.

Weitere Informationen:

Dipl.-Ing. Martin Hengstermann,

Wiss. Mitarbeiter, Forschungsgruppe Fadenbildungstechnik, Institut für Textilmaschinen und textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM), TU Dresden, Telefon + 49 (0) 3 51 / 20 25 01 73, E-Mail: martin.hengstermann@tu-dresden.de, www.tu-dresden.de/mw/itm

Einsatzform	benötigte rCF-Faserlänge	erzielbare CFK-Festigkeit	Firmen oder Institute
Spritzguss	sehr kurz (bis wenige mm)	gering	<ul style="list-style-type: none"> • SABIC/Dell Inc. • AkroPlastic GmbH • Premium Aerotec GmbH/IVW GmbH
Vliesstoffe	kurz oder lang	mittel	<ul style="list-style-type: none"> • STFI Chemnitz (auch Vliesbänder) • ITA RWTH Aachen • CTC Stade/Airbus AG • SGL/BMW ACF • Tenowo GmbH • Cannon S.P.A.
Garnkonstruktionen	lang (ab ca. 30 mm)	hoch	<ul style="list-style-type: none"> • ITM TU Dresden

Verwendungsmöglichkeiten von rCF