

Fliegende Kreisläufe

Verarbeitung von rezyklierten Kohlenstoffasern zu Strukturbauteilen in der Luftfahrt

Die Herstellung von Kohlenstofffaserverbundbauteilen ist sehr energieintensiv. Umso wichtiger ist die Vermeidung von Abfall in der Produktion und eine Kreislaufführung der C-Fasern. Chemisch rezykliertes Tow-Preg-Material kann im RTM zu komplexen Geometrien verarbeitet werden. Die mechanische Performance des rezyklierten Materials ist hoch.

Zur Steigerung der Produktionsrate von faserverstärkten Kunststoffen (FVK) für die Luftfahrt ist das Resin Transfer Molding (RTM) attraktiv. Aufgrund der erzielbaren hohen gewichtsspezifischen Eigenschaften ist insbesondere C-Faser als Verstärkungsmaterial sehr interessant.

Für eine nachhaltige Ressourcennutzung untersuchte das ICT die Option, rückgewonnene C-Fasern im RTM zu verwenden. Für eine ganzheitliche Bilanzierung wurden alle Prozessdaten erfasst und in einer Lebenszyklusanalyse (LCA) die ökologischen Auswirkungen von jungfräulichem und rezykliertem Material untersucht.

Untersuchte Materialkombination

In der Untersuchung wurden Platten sowie eine Demonstratorgeometrie mit komplexem Lagenaufbau im RTM hergestellt. Dies erlaubt sowohl eine Charakterisierung der Materialeigenschaften im Verbund als auch die Beurteilung der Prozesseignung der rezyklierten Fasern.

Matrix war ein für die Luftfahrt zertifiziertes 1k-Epoxidharzsystem. Die rezyklierten C-Fasern aus dem Projekt MANIFICAT (No. 887104) unter Leitung der Universität Bordeaux wurden aus Abfällen der Luftfahrt-Produktion von SAFRAN zurückgewonnen. Das Material wurde mit patentierter Pyrolyse chemisch rezykliert, um die Matrix zu entfernen und C-Fasern zu gewinnen.

Die rückgewonnenen C-Fasern wurden abschnittsweise in gerichteten Strängen zu 2D-Halbzeugen verarbeitet. Ein thermoplastischer Binder gewährleistete den Zusammenhalt dieser Gelege. Das Fasermaterial hatte ein mittleres Flächengewicht von 600g/m². Mit der verwendeten Matrix wurde ein Faservolumengehalt von 40–45 % in den produzierten FVK erreicht.

Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass mit dem rezyklierten Halbzeug komplexe Lagenaufbauten und

Demonstratorgeometrie mit komplexem Lagenaufbau, mittlerer Faservolumengehalt 40 %

Demonstrator geometry with complex layer structure, average fiber volume content 40%



FVK-Geometrien im RTM hergestellt werden können. Das Halbzeug lässt sich wie übliche textile Halbzeuge zuschneiden und verarbeiten, ist jedoch sehr empfindlich bezüglich Scherbelastungen. Das Material ist stark gerichtet und die parallelen Stränge sind in Querrichtung nur schwach durch den Binder konsolidiert.

Die Drapierbarkeit für das Preforming ist durch den Binder nur im aufgeheizten Zustand gegeben. Durch lokales Aufheizen lassen sich jedoch auch komplexe Lagenverläufe formen.

Die mechanischen Eigenschaften des Verbundes aus rezyklierten Fasern und Matrix auf Plattenebene sind hoch, mit Zugfestigkeiten von 1000 MPa und Steifigkeiten von 110 GPa. Jedoch zeigt sich eine starke Streuung des Materialverhaltens. Diese Streuung beruht auf der inhomogenen Faserverteilung im FVK.

Fazit und Ausblick

Die Pyrolyse von CF-Verbundmaterialien ist eine vielsprechende Möglichkeit, um sowohl post-industrielle als auch post-consumer C-Fasern als Wertstoffquelle zu nutzen. Optimierte Drapierkonzepte wie die direkte Ablage rezyklierter Abschnitte würden ein homogeneres Materialverhalten und eine effizientere Produktion der im RTM benötigten Preforms erlauben.

Die LCA des Produktionsprozesses ist aktuell in der Auswertungsphase und wird in den EcoDesign Report von CleanSky 2 einfließen.



Das Projekt wurde anteilig im privat öffentlichen Gemeinschaftsprojekt „Clean Sky 2“ mit den Förderkennzeichen No.945541 und No.945549 gefördert.

i Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfinztal
M.Sc. Jasper Steffens
 +49 721 4640 393
 @ jasper.steffens@ict.fraunhofer.de
 www.ict.fraunhofer.de

Airborne reuse

Processing of Recycled Carbon Fibers into Structural Components in Aviation

The production of carbon fiber composite components is highly energy-intensive. Therefore, it is even more important to avoid waste in production and to recycle the carbon fibers. Chemically recycled tow-preg material can be processed into complex geometries in RTM. The mechanical performance of the recycled material is high.

For increasing the production rate in the manufacturing of fiber-reinforced plastics (FRP) for the aviation industry Resin Transfer Molding (RTM) is promising. Due to the potentially high specific properties, carbon fiber (C-fiber) as a reinforcement material is particularly of interest.

Thinking of sustainable resource utilization, the ICT investigated the possibility of reclaimed C-fibers in RTM. For a comprehensive assessment, all process data were recorded, and the ecological impacts of virgin and recycled materials were examined in a life cycle analysis (LCA).

Investigated Material Combinations

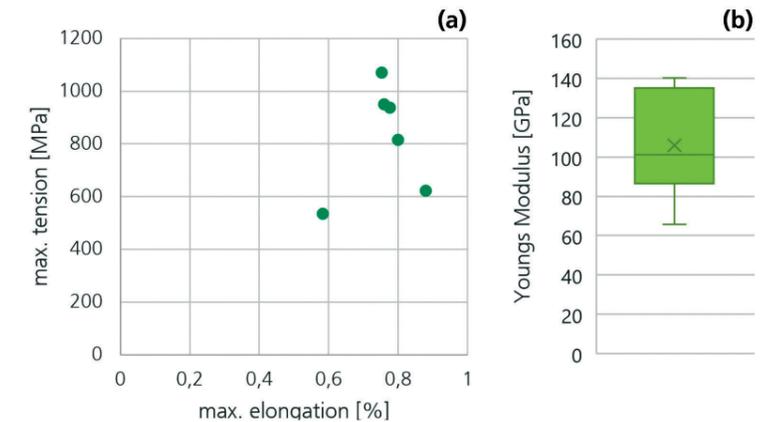
In the study, panels as well as a demonstrator geometry with a complex layout were manufactured using RTM. This approach allows for the characterization of material properties in the composite as well as the assessment of the process suitability of the recycled fibers.

A 1k epoxy resin system certified for aviation applications was used as matrix. The recycled C-fibers used were obtained from the MANIFICA project (No. 887104) led by the University of Bordeaux and recovered from waste generated during aviation production by SAFRAN. The material was chemically recycled using a patented pyrolysis process to remove matrix components and recover C-fibers.

The recovered C-fibers were processed into 2D semi-finished products in directional strands. The cohesion of these fabrics was ensured by a thermoplastic binder. The fiber material had an average areal weight of 600g/m². With the matrix used, a fiber volume content of 40–45% was achieved in the produced FRP components.

Findings

The results show that complex layouts and FRP geometries can be manufactured using the recycled semi-finished product in RTM. The



Zugfestigkeit (a) sowie Zugsteifigkeit (b) in Faserrichtung bei unidirektionalem Lagenaufbau in der Platte, mittlerer Faservolumengehalt 40 %

Tensile strength (a) and tensile stiffness (b) in fiber direction with unidirectional ply structure in the board, average fiber volume content 40%

semi-finished product can be cut like conventional textile materials but exhibits a strong sensitivity to shear loads during handling. The material is highly directional, with the parallel strands weakly consolidated in the transverse direction by the binder. The drapability for preforming is only achieved when the material is heated. However, complex layout patterns can be formed by locally heating the material.

The mechanical properties of the composite made of recycled fibers and matrix at the plate level are high, with tensile strengths of 1000MPa and stiffnesses of 110GPa. However, there is a significant scatter in the material behavior. This scatter is attributed to the inhomogeneity of fiber distribution in the FRP.

Conclusion and Outlook

The pyrolysis of carbon fiber composite materials is a promising method for recovering post-industrial and post-consumer C-fibers as a valuable resource. Optimized draping concepts, such as the direct placement of recycled sections, would allow for a more homogeneous material behavior and a more efficient production of the preforms required in RTM.

The life cycle assessment (LCA) of the production process is currently in the evaluation phase and will be included in the EcoDesign Report of the CleanSky 2 project.



The project was partially funded as part of the public-private partnership project „Clean Sky 2“ with funding codes No. 945541 and No. 945549.

Translation assistance was provided by fhgenie, an AI language model developed by OpenAI.