



CFK-Flugmodul beim Integrationstest im Rahmen von REXUS Mission XXIII
CFRP-module at the integration test as part of REXUS mission XXIII

Thermoplastisches CFK-Modul einer Höhenforschungsrakete mit integrierter faseroptischer Sensorik ist bereit für den Start

Am Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC) der Technischen Universität München (TUM) wurde in Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ein Fertigungskonzept für ein kohlenstofffaserverstärktes Modul einer Höhenforschungsrakete entwickelt und umgesetzt. Das CFK-Modul ist im Rahmen einer REXUS Raketenmission mittlerweile zum Flug qualifiziert und bereit für den Start im März 2018.

Gewichtsreduktion von Strukturbauteilen erlaubt bei Raketenmissionen höhere Nutzlasten, größere Flughöhen oder einen geringeren Treibstoffbedarf. Das DLR führt Experimente in der Hochatmosphäre mit Höhenforschungsraketen durch, deren modulare Strukturen bisher aus Aluminium bestehen. Zur Leistungssteigerung der Forschungsraketen wurde im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projekts an der TUM ein Fertigungskonzept für ein thermoplastisches CFK-Modul mit integrierten faseroptischen Sensoren entwickelt und umgesetzt.

Aufbau des CFK-Moduls

Ein Modul besteht aus einer dünnwandigen zylindrischen Hülle mit nach innen aufragenden Lasteinleitungsringen zur Verschraubung der einzelnen Module. Die Fertigung wurde in zwei separate Prozesse unterteilt.

Thermoplastic CFRP-Module for a Sounding Rocket with Integrated Fiber Optic Sensors is ready for Liftoff

The Chair of Carbon Composites (LCC) at Technical University of Munich (TUM) developed and implemented a manufacturing concept for a carbon fiber reinforced module of a sounding rocket in cooperation with the German Aerospace Center (DLR). The CFRP-Module was qualified for flight as part of a REXUS rocket mission and is now ready for the launch in March 2018.

Reducing the structural weight of a rocket allows higher payloads, higher apogees or reduced fuel consumption. DLR operates sounding rockets to perform experiments during its sub-orbital flight. The modular structures of these rockets are typically made out of aluminum. To increase the performance of the rockets TUM developed and implemented a manufacturing concept for a thermoplastic CFRP-module with integrated fiber optic sensors as part of a project funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy.

CFRP-module set-up

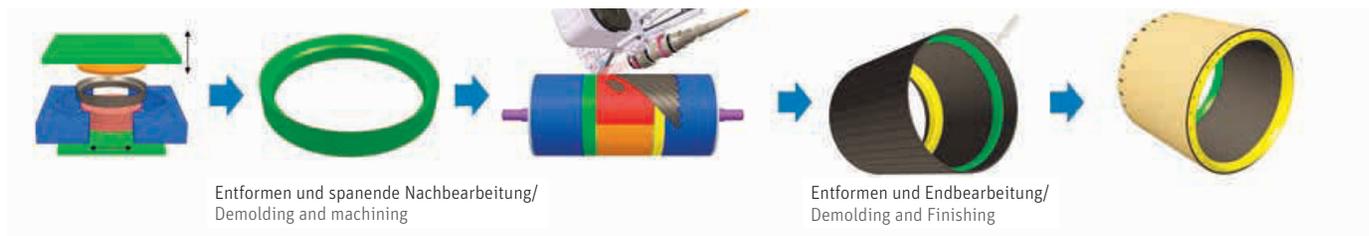
A module consists of a thin cylindrical shell with bulky load input rings on both ends as bolting interface to the neighboring modules. The manufacturing was split into separate steps for the load input rings and the cylindrical shell.

The rings were manufactured by pressforming of long fiber reinforced thermoplastic granules (LFT). Thermoplastic Automated

LFT-Formpressen von Lasteinleitungsringen/
LFT pressforming of load-input-rings

in situ-Konsolidierung des TP-AFP-Tapes auf den Lasteinleitungs-Ringen und Integration eines faseroptischen Sensors/
In-situ consolidation of TP-AFP tape on load-input rings & fiber optic sensor integration

NDI und Hardware-Installation/
NDI and Hardware-Installation



Fertigungsprozesskette des CFK-Moduls/Manufacturing route of the CFRP-module

Die Ringe entstanden durch Formpressen von langfaserverstärktem Thermoplast-Granulat (LFT), die Außenwand im Thermoplastic Automated Fiber Placement (TP-AFP)-Prozess. Über die Regelung der TP-AFP Prozessparameter können die Tapes in situ auf das Substrat und die zuvor gefertigten Lasteinleitungsringe konsolidiert werden. Eine nachgelagerte Konsolidierung im Autoklav erübrigt sich. Als Matrixwerkstoff diente aufgrund der hohen mechanischen und thermischen Anforderungen jeweils Polyether-etherketon (PEEK).

Details der Herstellung

Die LFT- und Tape-Materialien wurden auf Coupon-Level bei Raumtemperatur und bei Einsatztemperatur von 135 Grad Celsius charakterisiert, um Eingangswerte für die Auslegung mittels FEA zu liefern. Subkomponententests des in situ gefügten Anbindungsbereichs zwischen Hülle und Ringen sowie Schraubenauszugstests sicherten kritische Bereiche des Moduldesigns ab. An einem Prüfmodul wurden ein Vibrationstest sowie ein Biegetest bis zum Versagen der Struktur durchgeführt, der Flug selbst findet mit einem zweiten Modul statt.

Während der TP-AFP-Fertigung wurden gekapselte Faser Bragg Gitter (FBG)-Sensoren in das Laminat integriert. Ein Messsystem im Modul nimmt die Daten der Sensoren auf und verarbeitet sie weiter. So ist die Messung der Temperatur innerhalb der Struktur während des Flugs möglich.

Einsatz im Weltraum

Das CFK-Modul mit integrierten Sensoren und Messsystem ist Teil der REXUS Mission XXIII mit einem planmäßigen Startfenster Mitte März in Kiruna, Schweden. Das REXUS Programm ermöglicht es Universitäten aus ganz Europa, Experimente auf Höhenforschungsraketen durchzuführen und wird im Rahmen eines bilateralen Abkommens zwischen DLR und dem Swedish National Space Board realisiert.

Weitere Informationen zur Mission sowie Livestreams des Starts und der Messdaten sind auf der Webseite des LCC verfügbar. Zusätzlich wird das Prüfmodul auf dem Stand der TUM auf der JEC 2018 in Paris zu sehen sein.

Fiber Placement (TP-AFP) was used for the manufacturing of the shell structure. The closed loop control of the TP-AFP process parameters allows an in situ consolidation of tapes on the substrate and on the previously manufactured load input rings. This way there is no need for a subsequent consolidation in an autoclave. Polyetheretherketone (PEEK) was used as matrix polymer due to the high mechanical and thermal loads.

Manufacturing data

The LFT- and tape-materials were characterized on coupon level at room temperature and service temperature of 135 °C to generate input values for the structural analysis and dimensioning. Subcomponent tests of the in situ bond between shell and rings as well as screw pullout tests covered critical aspects of the module design. On full-scale level a vibration test and a bending test until failure were performed with the dedicated test hardware module. For the flight a separate flight hardware was built.

Capsuled fiber Bragg grating (FBG) sensors were integrated in the TP-AFP laminate during manufacturing at different positions. A measurement system was installed inside the module to operate the sensors and handle the data. This will allow temperature measurements within the laminate during flight.

Duty in space

The CFRP-module with integrated sensors and measurement system is part of REXUS mission XXIII with a scheduled launch window mid-March in Kiruna, Sweden. The REXUS program gives universities all over Europe the opportunity to perform experiments on sounding rockets. It is realized as a bilateral agreement between DLR and the Swedish National Space Board.

Further information on the mission as well as livestreams of the launch and measurement data are available on the LCC website. The test hardware will be displayed on the booth of TUM at JEC 2018 in Paris.

Weitere Informationen:

Ralf Engelhardt, M.Sc., Technische Universität München/Technical University of Munich, Lehrstuhl für Carbon Composites (LCC)/Chair of Carbon Composites, Garching bei München, engelhardt@lcc.mw.tum.de, www.lcc.mw.tum.de

