

Composite-Schrauben für Airbus

Für Konstrukteure gilt: Je kleiner die Schraube, desto geringer das Gesamtgewicht. Doch neuartige Schrauben aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff sind Leichtgewichte und stellen in Tests selbst Konkurrenten aus Titan in den Schatten.



Prädestiniert für Luft- und Raumfahrt: Schrauben und Muttern aus Hochleistungsverbundwerkstoff.

Eine Gewichtsreduktion von 240 kg spart 380 t Kerosin im Jahr – kein Wunder, sucht die Luftfahrtindustrie nach immer leichteren Materialien. Diese müssen gleichzeitig enormen Temperaturunterschieden trotzen, ohne ihre Form oder Eigenschaften zu verändern, sie sollen unempfindlich sein gegenüber Erschütterung und permanenter Vibration sowie resistent gegen Korrosion, Öle, Säuren und Treibstoff. Und das alles zu Preisen, welche die gewichtsbedingten Einsparungen nicht gleich wieder zunichte machen. Kurz: Gesucht wird ein Material mit der Festigkeit von Stahl und der Serientauglichkeit von Spritzguss. Genau das will die Firma Icotec aus Altstätten, St. Gallen, bieten. Ihr neues Composite-Fließpressen (Composite Flow Moulding, CFM) ermöglicht der Icotec, endlos faserverstärkte Thermoplaste bauteil- und fasergerecht umzuformen. Dadurch erreichen die Bauteile hohe mechanische Eigenschaften (Zug, Biegung und Scherung). Zudem weisen sie eine gute Schwingfestigkeit und Kriechbeständigkeit bis 135°C auf. Es lassen sich losdrehsichere und metallfreie Verbindungen realisieren, die leicht, korrosionsresistent und bei Bedarf thermisch isolie-

rend sind. Die so hergestellten Kunststoffschrauben von Icotec lösen zwei Probleme von Verschraubungen: die Tendenz, sich vibrationsbedingt zu lösen, und die Notwendigkeit einer aufwendigen Vorbehandlung gegen Korrosion. Erfahrungen in der Luftfahrtindustrie haben gezeigt, dass diese Vorteile die Mehrkosten des Materials meist aufwiegen. Dazu kommt die Zeitersparnis bei der Montage, wenn statt drei Einzelteilen nur ein einziges, exakt angepasstes Gussteil eingesetzt werden muss.

Stark wie Titan

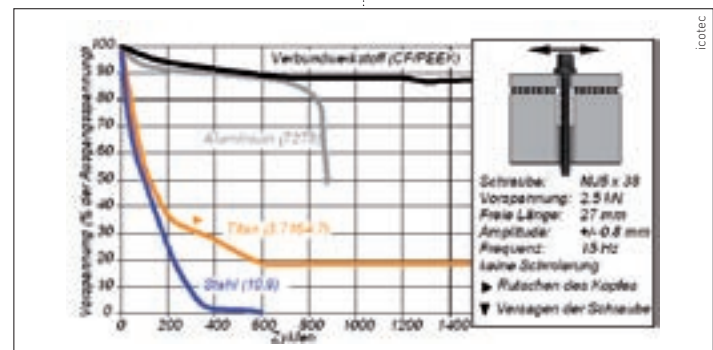
Beim CFM-Verfahren werden endlos faserverstärkte Stäbe aus Verbundwerkstoff in Form gebracht. Die Fasern bestehen zum Beispiel aus Kohlenstoff oder Glas und werden mit Thermoplasten kombiniert. Meistens handelt es sich dabei Polyetheretherketone, besser bekannt unter der Abkürzung PEEK. Ein CFM-Material ist maximal belastbar, wenn die einwirkende Kraft parallel zur Faserrichtung verläuft. Für eine Icotec-Schraube bedeutet dies, dass die Fasern im Schaft entlang der Achse verlaufen – im Gewinde sind sie dagegen spiralförmig und dazwischen in einer Mischform angelegt. Dabei weist die äussere Schicht im Bauteil

eine konturgesteuerte Faserorientierung auf, während im Inneren eine prozessbezogene Orientierung zum Zuge kommt. Beide Orientierungen zusammen sind für die späteren Eigenschaften der Bauteile verantwortlich. Ohne Faserverstärkung ist PEEK für höchstfeste Anwendungen wie das CFM-Verfahren nicht geeignet. Schrauben auf Basis einer Polymermatrix aus PEEK mit über 50 Volumenprozent Kohlenstofffasern besitzen statische Festigkeiten gleich wie Aluminium und Ermüdungsfestigkeiten gleich wie Titan. Auf Glasfaserbasis schneiden sie sich gar selbst ihr Gewinde in Aluminium und Magnesium. Die Schraube wiegt bei einer Dichte von 1,6 g/cm³ nur 2,4 g. Die Glasübergangstemperatur liegt bei 143 °C, kurzfristig liegt

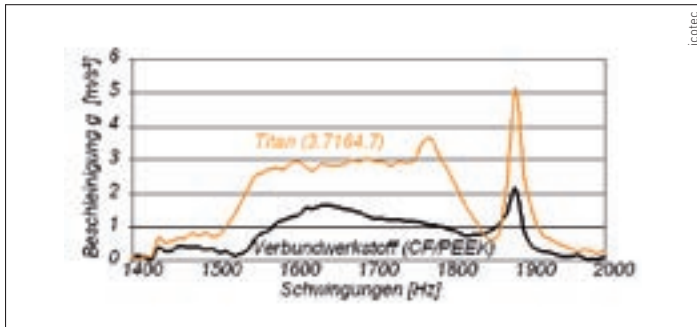
die Temperaturbeständigkeit bei 260°C. Während traditionell eine Gewichtsreduktion über die Verkleinerung der Schrauben erreicht wird, gilt für CFM-Verbindungselemente das Gegenteil: Es sollen sogar möglichst grosse Schrauben eingesetzt werden, da diese in der Regel leichter sind als das Grundmaterial und so der schwere Werkstoff durch leichteres Verschraubungsmaterial ersetzt werden kann. Ein Rechenbeispiel von der Verschraubung eines Stahlblechs auf ein Aluminiumgegenstück mit einer M5-Schraube zeigt: Der Einsatz von CFM-Schrauben spart bei einem 1:1-Ersatz 2 g oder 115 % pro Verschraubung – das System wird leichter als ohne Verschraubung.

Einsatz in der Luftfahrt

Die CFM-Produkte sind prädestiniert für die Luft- und Raumfahrt. Seit rund fünf Jahren arbeitet Icotec daher mit Airbus und anderen Flugzeugherstellern zusammen, um Titan-Schrauben künftig mit CFM-Elementen zu ersetzen. Gibt der Konzern grünes Licht, kommt das einem Gütesiegel gleich, das weitere Unternehmen aus Luft- und Raumfahrt oder dem Bereich der Helikopter anlocken würde. Ziel der Icotec ist, bis Ende 2009 die Qualifikation abzuschliessen.



Die CFM-Schrauben (CF/PEEK) haben im Vibrationstest nach DIN 65151 den geringsten Verlust an Vorspannung.



Resonanzverhalten einer Titanschraube verglichen mit einer CFM-Schraube bei Beschleunigung in Richtung der Schraubenachse.


Airbus finanziert auch die Entwicklung von drei weiteren Befestigungssystemen. Dazu gehört die Klemmblockverschraubung der Hydraulikleitung des Airbus A350. Zusammen mit Airbus Bremen wurde die bestehende Metallverschraubung, bestehend aus zwei Schrauben, zwei Nietplatten und vier Nieten, in zwei Varianten geprüft. Die erste Variante besteht aus je zwei CFM-Schrauben und -Nietplatten, die mit vier Metallnieten

befestigt werden. Dies ergibt eine Gewichtsreduktion pro Flugzeug von 9,3 kg – aufgrund der verschiedenen Systeme würde dies jedoch weiterhin ein grösseres Längensortiment beinhalten und es müssten weiterhin zwei Mitarbeiter für die Montage eingesetzt werden. Demgegenüber steht die 2. Variante, die durch eine Schraubengrösse das Sortiment verkleinert, aber nur noch mit je zwei Hammermuttern und Schrauben pro Klemm-

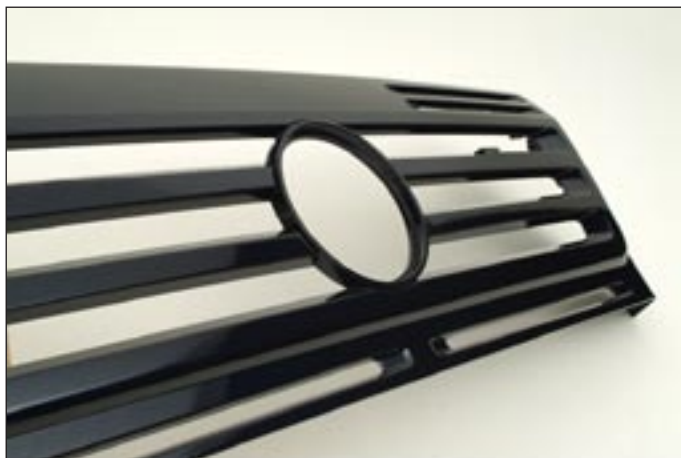
block befestigt werden muss. Die Metallnieten könnten weggelassen werden, und es wäre nur ein einziger Montagearbeiter nötig. Diese Variante würde eine Gewichtsreduktion von 10,5 kg erbringen, was 16,5 t Kerosin oder 8315 US-\$ pro Jahr entspräche.

Gute Testergebnisse

Aber auch Losdrehverhalten und dämpfende Eigenschaften spielen beim Einsatz im Flugzeug eine Rolle. Werden Schraubenverbindungen durch zeitlich richtungswechselnde, rüttelnde oder vibrierende Querkräfte senkrecht zur Schraubenachse beansprucht, wird kurzzeitig die Reibung im Gewinde, unter Kopf und/oder Mutter (und somit die Selbsthemmung) vermindert oder gänzlich aufgehoben. Unter diesen Bedingungen löst sich die Schraubenverbindung, das heisst sie verliert ihre Vorspannkraft. Mit dem Vibrationstest nach DIN 65151 kann dieses Verhalten simuliert werden, indem

Schrauben gleicher Abmessung (Kopf und Gewinde) aus verschiedenen Werkstoffen, also mit unterschiedlichen E-Modulen, auf Losdrehverhalten und Ausfall durch einen Biegewechselbruch untersucht werden. Die Schrauben aus Aluminium und CF/PEEK mit ähnlichem E-Modul zeigen den geringsten Vorspannkraftverlust. Die Schraube aus CF/PEEK hat aber zudem eine wesentlich höhere Biegewechselfestigkeit. In einem weiteren Shakertest wurden belastete Schrauben axial angeregt und die resultierende Beschleunigung auf dem Schraubenkopf gemessen. Dabei konnte beobachtet werden, dass die thermoplastische Matrix, der Schraube dämpfende Eigenschaften verlieh. Offenbar weisen CF/PEEK-Schrauben im Resonanzfall aber immer eine tiefere oder gleiche Beschleunigung auf im Vergleich zu Titanschrauben. 

www.icotec.ch



Ihr Spezialist für hochwertige Formteile und Systeme aus faserverstärkten Kunststoffen

 **compotech**
formt ideen aus kunststoff

Compotech AG • Brunnenwiesenstrasse 4 • CH-8570 Weinfelden TG
Telefon: +41 71 626 50 10 • Telefax: +41 71 626 50 20
Internet: www.compotech.ch • Email: info@compotech.ch

Dosieren-Mischen-Applizieren

Polyurethan • Epoxid • Silikon • Acryl



Schnell • Sauber • Zuverlässig • Genau • Reproduzierbar



Hilger u. Kern / Dopag Gruppe

DOPAG Dosiertechnik und Pneumatik AG • Langackerstrasse 25 • 6330 Cham
Tel. +41 41 7855-757 • Fax +41 41 7855-700 • info@dopag.ch • www.dopag.com