

Leichtbau, Betriebsfeste Bemessung, Prozessoptimierung, Funktionsintegration

# Materialhybride – Verbindung von Kunststoffen und Metallen

D. Spancken

Die Anforderung, unterschiedliche Funktionen sowie Eigenschaften in einem Bauteil zu integrieren und zu realisieren, erfordert oft die Notwendigkeit, artungleiche Werkstoffe miteinander zu verbinden. Damit kann ein Bauteil in unterschiedlichen Bereichen gemäß den jeweiligen Anforderungen ausgelegt werden. Die Kombination von Kunststoff und Metall in einem Bauteil bietet ein enormes Leichtbaupotenzial und die Möglichkeit mehrere Funktionen in ein Bauteil zu integrieren. Eine große Herausforderung ist die Verbindung der beiden Werkstoffe an deren Anknüpfungspunkten sowie die zuverlässige Auslegung der Fügeverbindung hinsichtlich der Betriebsbelastung.

## 1 Methode zur Auslegung der Hybridverbindung

In der Automobilindustrie spielt die Verbindung von thermoplastischen Kunststoffen und Metallen eine wichtige Rolle. Um Metall- und Kunststoffbauteile miteinander zu verbinden, stößt man mit herkömmlichen Verbindungstechnologien wie zum Beispiel Schrauben, Nieten oder Kleben, schnell an technische und wirtschaftliche Grenzen. Wenn eine möglichst hohe Festigkeit der Hybridverbindung erreicht werden soll, ist die Lasertechnik eine wirtschaftliche Schlüsseltechnologie, um im Großserieneinsatz hochwertige Hybridbauteile herzustellen. Die Grenzfläche zwischen den beiden artungleichen Materialien beeinflusst die Festigkeit enorm. Um eine möglichst hohe Festigkeit zu erreichen, kann die Grenzfläche mittels Laser strukturiert werden. Momentan gibt es unterschiedliche Strukturierungsansätze, die sich in der Bearbeitungsdauer und erreichbarer Festigkeit unterscheiden. Ein Ansatz, mit dem eine hohe Festigkeit erreicht werden kann, lässt auf dem metallischen Füge-

partner eine schwammartige Oberfläche mit einer selbsterzeugenden „Cone-Like-Portrusions“ (CLP)-Struktur mit Hinterschnitten entstehen.

Während des Fügeprozesses fließt die Kunststoffschmelze in diese Hinterschnitte ein und schafft eine Verbindung der beiden Fügepartner. Als Fügeverfahren lassen sich Verfahren auf Basis von Wärmeleitung oder Wärmestrahlung verwenden. Bei herkömmlichen Fertigungsprozessen wie dem Spritzgießen, dem Pressen oder dem Resin Transfer Moulding (RTM) können die strukturierten metallischen Fügepartner eingelegt werden

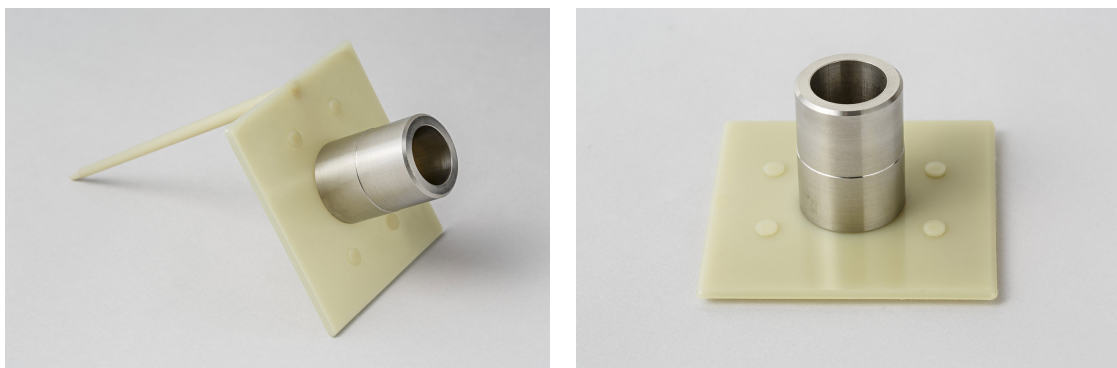
und dort im jeweiligen Fertigungsprozess direkt gefügt werden.

## 2 Hochbelastete Leichtbau-Hybridverbindungen

Da sich die Technologie noch in der Entwicklung befindet, sind Kennwerte hinsichtlich der mechanischen Belastbarkeit und des Langzeitverhaltens unter realen Einsatzbedingungen bislang noch nicht vorhanden. Bemessungsmethoden zur sicheren Auslegung solcher Hybridverbindungen sind aufgrund der Neuheit dieser Technologie oft nicht ausreichend untersucht. Weiterhin ist der Einfluss der verschiedenen Fertigungskonzepte auf die mechanische Belastbarkeit nicht ausreichend evaluiert. Für diese offenen Fragestellungen hat das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF ein Bemessungskonzept entwickelt, das gestattet, Hybridverbindungen betriebsfest auszulegen.

Dabei wird an einfachen Probekörpern (Bild 1) eine umfangreiche Material-

Dominik Spancken, M. Eng.  
Betriebsfester und funktionsintegrierter Leichtbau  
Fachteamleitung experimentelle Betriebsfestigkeitsbewertung  
Kunststoffe, Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit  
und Systemzuverlässigkeit LBF  
Bartningstr. 47, D-64289 Darmstadt  
Tel. +49 (0)6151 / 705-412  
E-Mail: dominik.spancken@lbf.fraunhofer.de  
Internet: www.lbf.fraunhofer.de/betriebsfester-leichtbau



**Bild 1. Probekörper für umfangreiche Materialuntersuchungen hinsichtlich statischer Festigkeits- und Schwingfestigkeitseigenschaften unter axialer sowie multiaxialer Belastung**



**Bild 2. An einem herkömmlichen Dachspiegel wurden die Kohlenstofffasern mit duroplastischer Matrix durch ein Bauteil mit thermoplastischer Matrix substituiert**

*Bild (3): Fraunhofer LBF*

untersuchung hinsichtlich statischer Festigkeits- sowie der Schwingfestigkeitseigenschaften unter axialer und multiaxialer Belastung durchgeführt. Die Ergebnisse sind die Eingangsgrößen in ein Versagenskriterium, womit von lokalen Größen unter Zuhilfenahme numerischer Berechnungen eine Vergleichsspannungshypothese abgeleitet wird.

### 3 Anwendungsbeispiel

In dem vom BMBF geförderten Projekt „HyBriLight“ wurde diese Technologie an einem Dachspiegel (Bild 2) auf Basis eines BMW der Siebener Serie demonstriert. Dort haben die Projektpartner Werkzeugbau Hofmann, Weber Fibretech, BMW Group, Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und das Fraunhofer LBF einen herkömmlichen Dachspiegel aus Kohlenstofffasern mit duroplastischer Matrix durch ein Bauteil mit ther-

moplastischer Matrix substituiert. Dadurch lässt sich der Dachspiegel aus einem herkömmlichen PA6 mit Kurzglasfaserverstärkung in einem variothermen Pressprozess fertigen. Dort werden die strukturierten Anschlussbleche in das Presswerkzeug eingelegt und von der Schmelze umflossen. Lokal ist der Dachspiegel mit unidirektionalen Tapes verstärkt, um die Steifigkeit des Bauteils zu erhöhen. Über die strukturierten Anschlussbleche wird der Dachspiegel an der Karosserie angeschweißt.

### 4 Lösung eröffnet hohes Einsparpotenzial

Besonders hervorzuheben ist es, dass durch diese neue Technologie im Vergleich zum konventionellen Konzept die Prozesszeit um 70 % und die Kosten für die Rohmaterialien um 45 % gesenkt werden konnten. Anhand von Innen-

druckversuchen an einfachen Probekörpern, wie in Bild 1 dargestellt, konnte die Innendruckfestigkeit nachgewiesen werden, wodurch die Technologie für drucktragende Anwendungen eingesetzt werden kann.

### 5 Kundennutzen

Die vom Fraunhofer LBF entwickelte Methode zum betriebsfesten Bemessen von Hybridverbindungen erlaubt es, Verbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen und Metallen betriebssicher auszuliegen. Dies enthält die Analyse der Grenzschicht mittels mikroskopischer Methoden, die Modellbildung für numerische Berechnungen sowie die mechanische Materialkenndatenermittlung unterschiedlicher Beanspruchungszustände auf Proben- und Bauteilebene.