
Kurzfassung

Faserkunststoffverbunde (FKV) haben durch die Substitution metallischer Strukturen ein großes Leichtbaupotential. Die Integration von aktiven Materialien wie Formgedächtnislegierungen (FGL) in Bauteile aus FKV ermöglicht die Herstellung aktiver Hybridverbunde, wodurch eine zusätzliche Bauraum- und Gewichtsersparnis möglich ist bzw. völlig neue Lösungsansätze denkbar werden.

Dabei hat die Kraftübertragung zwischen FGL und FKV einen entscheidenden Einfluss auf die Performance solcher aktiver Hybridverbunde. Nur bei einer ausreichenden Kraftübertragung kann das vollständige Aktorikpotential der FGL ausgenutzt werden. Dabei sind zwei Bereiche zu unterscheiden, die sich durch unterschiedliche Belastungsszenarien auszeichnen. Während im Randbereich Schubspannungen auftreten, da dort die Kraft aus der FGL in den FKV eingeleitet wird, ist der mittlere Bereich von Normalspannungen geprägt, die zu einem Ablösen der FGL vom FKV führen können.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden deshalb Methoden zur Charakterisierung der Kraftübertragung in beiden Bereichen identifiziert. Zusätzlich wurden verschiedene Kraftübertragungsmechanismen vergleichend untersucht. Durch eine modellhafte Betrachtung wurde ein besseres Verständnis der Versagensmechanismen erreicht.

Dabei konnte gezeigt werden, dass mittels Pull-Out Versuchen ein Vergleich zwischen verschiedenen Kraftübertragungsmechanismen möglich ist. Formschlüssige Verbindungen ermöglichten eine Steigerung der Pull-Out Kraft um mehr als das 10-fache im Vergleich zu unbehandelten Drähten. Allerdings wurde auch deutlich, dass die Temperatur großen Einfluss auf die Matriceigenschaften und damit auf das Interface zwischen FGL und FKV hat. Durch die Verwendung einer Spannungsoptik konnte die inhomogene Spannungsverteilung sowie der Versagensfortschritt visualisiert werden. Mit Hilfe von 90°-Schälversuchen konnte gezeigt werden, dass durch das Aufsticken der FGL-Drähte auf dem FKV ein Ablösen im mittleren Bereich verhindert werden kann. Anhand von Verformungsversuchen an aktiven Hybridverbunden konnten diese Ergebnisse bestätigt werden.

Durch die in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse ist zukünftig möglich, die Performance aktiver Hybridverbunde zu steigern, da die von den FGL generierte Kraft nahezu vollständig in den Hybridverbund eingeleitet werden kann, ohne dass es zu einem strukturellen Versagen kommt.

Abstract

Fiber reinforced composites (FRP) have great lightweight potential due to the substitution of metallic structures. The integration of active materials such as shape memory alloys (SMA) in components made of FRP enables the production of active hybrid composites, which allows additional space and weight savings and makes completely new solutions possible.

The load transfer between SMA and FRP has a decisive influence on the performance of such active hybrid composites. The full actuator potential of the SMA can only be exploited if the load transfer is sufficient. A distinction must be made between two areas characterized by different load scenarios. While shear stresses occur in the outer area because the force from the SMA is introduced into the FRP, the middle area is characterized by normal stresses that can lead to the SMA separating from the FRP.

Within the scope of this work, methods for characterizing the load transfer in both areas were identified. In addition, various load transfer mechanisms were investigated in a comparative manner. A better understanding of the failure mechanisms was obtained by a model approach.

It was shown that pull-out tests can be used to compare different load transfer mechanisms. Mechanical interlocking made it possible to increase the pull-out force by more than 10 times compared to untreated wires. However, it also became clear that temperature has a large influence on the matrix properties and thus on the interface between SMA and FRP. The inhomogeneous stress distribution and the failure progress could be visualized by using stress optics. With the help of 90° peel tests it could be shown that by embroidering the SMA wires on the FRP a detachment in the middle range can be prevented. With the help of deformation tests on active hybrid composites, the results from the pull-out and 90° peel tests could be confirmed.

The results obtained in this work will make it possible to increase the performance of active hybrid composites in the future, since the force generated by the SMA can be almost completely introduced into the hybrid composite without structural failure.