

AM RICHTIGEN PLATZ PUT IT RIGHT

Neuartige Krafteinleitung zur Übertragung von Zug-, Druck- und Torsionslasten

Eine zum Patent angemeldete Krafteinleitung für rohrförmige Faserverbundstrukturen entwickelten Fachleute des Instituts für Verbundwerkstoffe (IVW) mithilfe der Finite-Elemente-Methode in mehreren Stufen. Das erleichtert nun die Umsetzung eines Bauteils in höchster Leichtbaugüte.

Der Entwicklungsschwerpunkt der neuartigen Krafteinleitung lag auf dem Verständnis des Wirkmechanismus. Erst durch die Kenntnis des Kraftflusses innerhalb der Lasteinleitung ist eine faserverbundgerechte Bauteilentwicklung möglich. Zur Lasteinleitung in FKV stehen verschiedene Lösungen zur Verfügung. Eine Strukturklebung oder ein Längspressverband sind effiziente stoff- und kraftschlüssige Verbindungen. Bolzen-, Keil- und Schlaufenanschlüsse sind auf Seiten der formschlüssigen Lasteinleitungen zu nennen.

Anfang und Ende sind leicht

Die Leichtbaugüte einer Faser-Kunststoff-Verbund-Struktur (FKV-Struktur) kann ganz wesentlich von der Qualität der Krafteinleitung bestimmt sein. Die Weiterleitung von Zug-, Druck- oder Torsionslasten innerhalb eines Faserverbundrohres stellt in den meisten

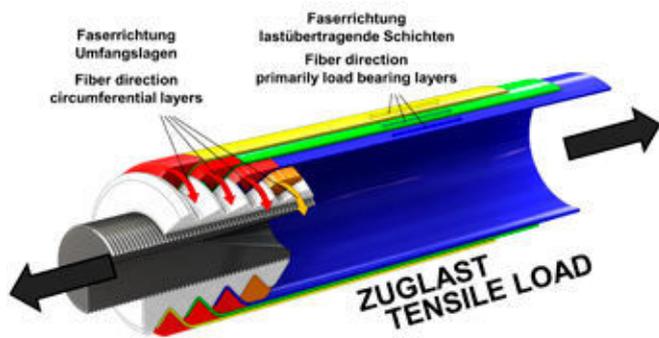
Innovative load introduction for the transfer of tension, compression and torque loads

A patent-pending load introduction for tubular fiber composite structures has been developed in several stages by experts of the Institute for Composite Materials (IVW) using the finite element method. This brings production with highest light-weight quality into reach.

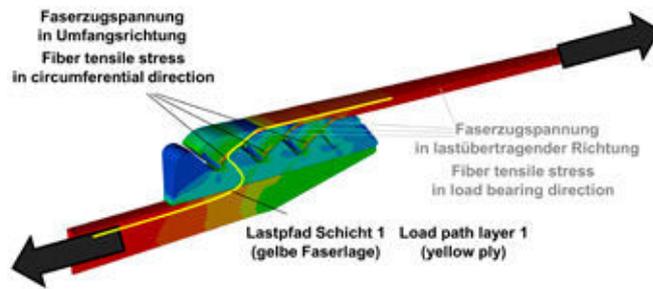
The emphasis in creating this load introduction was on the understanding of the mechanism of action. It is only through the knowledge of the flow of force within the load introduction that a fiber-compatible component development is possible. Various solutions are available for introducing loads into fiber composite structures. A structural bond or an axial press fit are efficient force-fit or substance-to-substance bond joining methods. Pin, wedge and loop connections must be mentioned on the side of load introductions by form-fitting.

Easy leading-in, easy leading-out

The light weight potential of a fiber composite structure can be substantially reduced by the quality of the load introduction area. The transmission of tensile, compressive or torsional loads within a fiber composite tube is not a challenge in most cases. However,



Erläuterndes CAD-Modell der innovativen Krafteinleitung beispielhaft für den Zuglastfall
 Illustrative CAD model of the innovative load introduction exemplary for the tensile load case



Darstellung des Lastpfades einer Faserlage unter Zuhilfenahme des Ergebnisplots einer FE-Rechnung zur Erläuterung des Wirkmechanismus
 Illustration of the load path of a fiber ply with the help of the result plot of a FE analysis for explaining the mechanism of action

Fällen keine Herausforderung dar. Die Ein- und Ausleitung dieser Lasten erweist sich aber oft als schwierig. In der Regel beginnen und enden FKV-Rohre mit metallischen Flanschen. Für den Kraftübergang von der metallischen Struktur in das FKV-Bauteil muss nicht selten ein Großteil des Bauteilgewichtes aufgewandt werden. Die Leichtbaugüte wird daher maßgeblich durch die Krafteinleitung bestimmt. Dickwandige Composite-Rohre können mit vergleichsweise geringem Gewicht extrem hohe Kräfte übertragen.

Oft scheidet die Umsetzung aber an der nicht faserverbundgerechten Weiterleitung in die angrenzenden Bauteile. Während beispielsweise ein herkömmlicher Längspressverband eine Spannungsüberhöhung von Faktor 3–6 aufweist, kann eine Bolzenverbindung in Abhängigkeit der Fügepartner weit höhere Werte hervorrufen. Diese großen Spannungsüberhöhungen erfordern den Einsatz von zusätzlichem Material, welches die Leichtbaugüte des Bauteils signifikant reduziert. Insbesondere bei Bauteilen mit großen Wanddicken ist eine lokale Lastübertragung in den Faser-Kunststoff-Verbund oft der limitierende Faktor.

Optimum im Baukastenprinzip

Das innovative Potenzial der hier gezeigten und zum Patent angemeldeten Krafteinleitung des Instituts für Verbundwerkstoffe (IVW) liegt in der Kombination verschiedener Lasteinleitungsmechanismen. Durch geschickte Anordnung der Fasern wird ein lagenweise aufgebrachter Längspressverband generiert.

Die durch Umfangslagen gebildete Verpressung der eigentlichen lasttragenden Faser baut sich über keilförmige Strukturen während der Belastung eigenständig auf und verstärkt sich mit Erhöhung der Last. Eine geschickte Stützung der Fasern und eine natürliche Schäftung der Wanddicke halten die Spannungsüberhöhung auf einem außergewöhnlich niedrigen Niveau (<2). Die natürliche Schäftung der innovativen Lasteinleitung trägt deshalb nicht nur zu einer extrem niedrigen Spannungsüberhöhung bei, sondern erlaubt auch bei dickwandigen FKV-Rohren höchste Lasten homogen und damit materialsparend ein- und auszuleiten.

the lead-in and lead-outs of these loads is often difficult. A metallic flange is usually placed at the beginning and ending of a fiber reinforced plastic tube. For the transition of the force from the metallic structure into the fiber composite part, a large fraction of the component weight must often be expended for that transition area. The stiffness/weight ratio is therefore decisively determined by the load introduction area. Thick-walled composite pipes can transmit extremely high forces with comparatively low weight.

Oftentimes, however, the transmission of the load into the adjacent components fails due to a fiber incompatible design. While, for example, a conventional axial press fit shows a stress increase of factor 3–6, a pin connection can generate far higher values depending on the joining partners. This excess of stress in the load introduction area requires the use of additional material which significantly reduces the lightweight quality of the component. In particular, in case of components with large wall thicknesses, a local load transfer into the fiber-reinforced composite is often the limiting factor.

Optimum by modular design

The innovative potential of the here shown and patent-pending transmission of force offered by the Institute for Composite Materials (IVW) is in the combination of different load introduction mechanisms. By means of smart layout of the fibers, a ply by ply axial press fit will be generated.

The vertical pressing of the primarily load-bearing fibers due to circumferential layered fibers is established in its own during loading by means of wedge-shaped structures, and increases with increasing load. A skillful support of the fibers and a natural ply by ply reduction of the wall thickness keep the stress increase at an exceptionally low level (<2). The natural discontinuation of layers of the innovative load introduction therefore not only contributes to an extremely low excess of stress, but also allows the highest loads to be introduced and discharged homogeneously, thus saving material, even in the case of thick-walled fiber reinforced tubular components.

Weitere Informationen/Further information:

Thomas Pfaff, Institut für Verbundwerkstoffe GmbH (IVW)/Institute for Composite Materials, Kaiserslautern, +49 (0) 631 / 20 17-116, thomas.pfaff@ivw.uni-kl.de, www.ivw.uni-kl.de

Composites Europe 2017
 19. bis 21. September 17
 Halle 4 · Stand D40

