Kurzfassung

In dieser Arbeit wurde eine Prozesskette zur Herstellung epoxidbasierter Feststoffharzprepregs und deren Verarbeitung zu Faser-Kunststoff-Verbunden entwickelt und umgesetzt. Das Ziel war hierbei insbesondere die Kompensation bestehender Herausforderungen bei der Verwendung bisheriger Prepregsysteme auf Feststoffharzbasis, wie eine robuste Verarbeitung im Vacuum-Bag-Only (VBO)-Verfahren sowie Einschränkungen durch eine limitierte Drapierbarkeit bei Raumtemperatur. Zur Lösung beider Herausforderungen wurde die Textiloberfläche nicht länger vollflächig, sondern partiell in Musterform imprägniert. Die zwischen den Musterelementen verbleibenden trockenen Textilstellen ermöglichen sowohl eine Drapierung als auch eine effizientere Evakuierung von Gasen und Feuchtigkeit aus dem Vakuumaufbau, wodurch die Prozessrobustheit erhöht wird. Die Herstellung der Prepregs erfolgte mittels einem Siebdruck- sowie einem 3D-Druck-Verfahren. Im Rahmen der Arbeit wurden zwei Forschungsfragen beantwortet. Bei der ersten Frage wurde betrachtet, inwiefern die Musterimprägnierung das Biege- und Scherungsverhalten der Prepregs beeinflusst. Bei der zweiten Frage wurde der Einfluss von Prepreg- und Prozessparametern auf die Laminatqualität bei der VBO-Verarbeitung untersucht. Bei den Drapierversuchen zeigte sich, dass das Biegeverhalten durch Anpassen der Musterkantenlänge in Biegerichtung beeinflusst wird. Je niedriger die Musterkantenlänge, desto geringere Radien können abgeformt werden. Im Kontrast hierzu beeinflusst der Bedeckungsgrad (BG) des Musters die Biegeeigenschaften nicht. Das Scherverhalten wird, gegensätzlich zum Biegeverhalten, primär vom BG beeinflusst. Die Musterelemente blockieren lokal die Scherung. Bei hinreichend hohem BG (ab 60 %) wird die Scherung im bedeckten Bereich großflächig blockiert, auch zwischen den Musterelementen, und in unbedeckte Bereiche verlagert. Die Laminatqualität wird ebenfalls von dem BG und der Musterelementgeometrie beeinflusst. Bei ungeeigneter Auslegung des Musters entstehen Faserondulationen in den Laminaten. Im Hinblick auf den Porenvolumengehalt ist eine ausreichend lange Trocknung der Prepregs von zentraler Bedeutung. Die benötigte Trocknungsdauer hängt von der Musterelementgeometrie und den verwendeten Textilien ab. Aufbauend auf den Untersuchungen wurden Richtlinien entlang der Prozesskette abgeleitet und durch die Fertigung von Demonstratorbauteilen in Form von Omega-Profilen validiert.

Abstract

In the scope of this work, a process chain for the manufacturing of epoxy-based solid resin prepregs and their processing into fibre reinforced polymer composites was developed and successfully tested. The aim was to compensate existing challenges in the use of state of the art solid resin prepregs in the form of a limited drapeability at room temperature and a robust processing via a vacuum-bag-only (VBO)-process. To overcome both challenges, the textile surface is no longer fully, but partially impregnated in a pattern form. The dry textile areas created by the pattern impregnation enable draping at room temperature as well as a more efficient evacuation of gases and moisture from the vacuum build up, resulting in an increase of process robustness. The prepregs were manufactured using a screen printing and a 3D printing process.

Within the scope of this work, two research questions were answered. The first question addressed the extent to which pattern impregnation influences the bending and shearing behavior of the prepregs. The second question analyzed the influence of prepreg and process parameters on laminate quality during VBO processing. The draping tests showed that the bending behavior is influenced by the pattern edge length in the bending direction. The smaller the pattern edge length, the smaller the radii that can be formed. In contrast to this, the coverage of the pattern does not influence the bending properties. Contrary to the bending behavior, the shearing is primarily influenced by the coverage. The pattern elements block the shearing locally. If the coverage is sufficiently high (above 60 %), the shearing in the covered area is blocked over a wide area, including in between the pattern elements, and shifted to uncovered areas. The laminate quality is also influenced by the coverage and the pattern element geometry. If the pattern design is not suitable, fibre undulations can occur in the laminates. With regard to the pore volume content, sufficiently long drying times of the prepregs are crucial. The required drying time depends on the pattern element geometry and the textiles used. Based on the investigations, guidelines were derived along the process chain and validated through the production of demonstrator components in the form of omega profiles.