



Doctoral Thesis

Biodegradable Hanffaser-Verbundwerkstoffe Einflüsse der Faserzelle auf strukturelle, mechanische und degradationskinetische Verbundeigenschaften

Author(s):

Keller, Andreas

Publication Date:

2001

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004144592> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 14067

Biodegradable Hanffaser-Verbundwerkstoffe,
Einflüsse der Faserzelle auf strukturelle, mechanische
und degradationskinetische Verbundeigenschaften

Dissertation zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

ANDREAS KELLER
Dipl. Werkstoffing. ETH
geboren am 10. November 1968
von Eppenbergr-Wöschnau (SO)

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. E. Wintermantel, Referent
Prof. Dr. B. Witholt, Korreferent

2001

Zusammenfassung

Biologisch abbaubare Polymere leisten einen Beitrag zur Minderung der Entsorgungsproblematik von Werkstoffen. Die Verstärkung der Polymere mit Pflanzenfasern verbessert deren mechanischen Eigenschaften und eröffnet damit neue Anwendungsfelder. Das Verstärkungspotential bisher eingesetzter Hanffasern wurde nicht ausgeschöpft, da die Fasern als Bündel vorlagen und damit keine homogene Faser-Matrix-Verteilung möglich ist. Für die in dieser Arbeit verwendeten Verbundwerkstoffe wurden die Faserbündel daher durch biologische und Dampfdruck-Verfahren aufgeschlossen (Degummierung). Der optimale Erntezeitpunkt der Hanfpflanzen hinsichtlich dieser Degummierprozesse liegt beim Beginn der Blütenbildung der Pflanze. Bei diesem frühen Erntezeitpunkt ist der Ligningehalt des Bastes noch niedrig, sodass Schädigungen der Faserzellulose bei der Degummierung vermieden werden. Die bis zur Einzelzelle aufgeschlossenen Fasern wurden in die spröde Poly(3hydroxybutyrat-co-hydroxyvalerat)-Matrix und in die duktile Copolyesteramid-Matrix mit einem gleichlaufenden Zweisechneckenextruder eingearbeitet. Dank der Modifikation des Düseneinlaufes des Extruders konnten Verbundwerkstoffe mit bis zu 42 % vol. Faseranteil realisiert werden. Die Zugfestigkeit des duktilen Werkstoffes wurde durch die Verstärkung mit 27 % vol. Fasern auf 30 MPa nahezu verdoppelt, der E-Modul auf 3,5 GPa vervierfacht. Aufgrund des matrixdominierten Verhaltens des Verbundes geht die Faserverstärkung mit einem Absinken der Schlagzähigkeit einher. Ein zunehmender Fasergehalt bewirkt eine Beschleunigung des biologischen Abbaus des Verbundwerkstoffes in Erdumgebung. Mit einem in dieser Arbeit neu entwickelten Modell kann die Abbaukinetik eines cellulosefaserverstärkten, biologisch abbaubaren

Polymers vorausgesagt werden. Im Kompostmilieu hingegen, beeinflusst der Fasergehalt die Abbaukinetik kaum.

Diese Arbeit analysiert den gesamten Kreislauf vom landwirtschaftlichen Anbau von Faserpflanzen über die Verwendung der Fasern als Verstärkung in biologisch abbaubaren Spritzgusswerkstoffen bis zur Bauteilentsorgung mit dem Ziel

- der Entwicklung eines neuen, halbzeugtauglichen Verbundgranulates,
- der wesentlichen Verbesserung der resultierenden mechanischen Verbundeigenschaften
- sowie der zugehörigen Modellbildung für die Decortisierung der Pflanzenstengel und für die Degradationskinetik der Verbundwerkstoffe.

Summary

Biodegradable polymers help to reduce the problems of waste disposal of materials. The reinforcement of polymers by means of vegetable fibres improves their mechanical properties and opens up new fields of application. Up to now, the reinforcing potential of hemp fibres has not been exhausted as the fibres are bundled and, therefore, a homogenous distribution of fibres and matrix has not been possible. In the present study, the fibre bundles used for the composites were degummed by means of biological processes and steam explosion. The best time for harvest of hemp plants with regard to these degumming processes is at the beginning of flower formation. At this early harvest time, the lignin content of the bast is still low and, consequently, damages to the fibre cellulose in the degumming process can be prevented. The degummed fibres, separated into single cells, were integrated into the brittle poly (3-hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) matrix and into the ductile co-polyester amide matrix by means of a co-rotating twinscrew extruder. By modifying the tapering part of the extruder, which is connected to the die, composites with a fibre volume fraction of up to 42 % could be achieved. The tensile strength of the ductile material was almost doubled by the reinforcement with 27 % of fibres to 30 MPa, the E-modulus was quadrupled to 3,5 GPa. As the composite behaviour is determined by the matrix, the fibre reinforcement is accompanied by a reduction of the impact strength. An increased fibre content accelerates the biodegradation of the composite in a soil environment. The degradation kinetics of a biodegradable polymer reinforced with cellulose fibres can be predicted using a model that has been developed in the present study. In a compost environment, however, the fibre content hardly influences the degradation kinetics.

This thesis analyses the entire cycle from the agricultural cultivation of fibre plants to the use of fibres for the reinforcement of biodegradable materials for injection moulding and finally, to the disposal of components, aiming at

- developing a new composite granulate to be used as semi-finished product,
- significantly improving the resulting mechanical properties of the composite
- and modelling the decortication of the plant stems and the degradation kinetics of the composites.