

Andreas Beckmann, Krefeld

Kreisplattentest

Ein neues Prüfverfahren für leinfaserverstärkte Kunststoffe

Ein Ziel der Lein-Forschung ist die Produktion einer qualitativ hochwertigen Faser für die Industrie [1, 2]. Für eine möglichst hohe Wertschöpfung ist die Wiederfindung der Faserqualität im Endprodukt von besonderem Interesse. Demzufolge besteht auch ein Bedarf an Prüfmethoden für leinfaserverstärkte Kunststoffe, einem der zukunftsreichsten Anwendungsgebiete von technisch nutzbaren Naturfasern. Es wird ein neues Prüfverfahren vorgestellt, bei dem eine frei aufliegende Kreisplatte mit einer zentralsymmetrischen Kraft belastet wird. Dieser quasistatische Kreisplattentest wurde sowohl mit der DIN-Zugprüfung als auch mit der DIN-3-Punkt-Biegeprüfung verglichen.

Dr.-Ing. Andreas Beckmann war bis Februar 1998 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik der Universität Bonn (Leitung: Prof. Dr.-Ing. K.-H. Kromer), seit März 1998 ist er als Entwicklungsingenieur der Johnson Controls Interiors GmbH tätig, e-mail: Andreas.Beckmann@jci.com Dem Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) der RWTH Aachen sei für die Unterstützung gedankt.

Schlüsselwörter

Kreisplattentest, leinfaserverstärkte Kunststoffe, technisch nutzbare Leinfaser

Keywords

Circular plate test, flax-fibre reinforced plastics, technically usable flax fibre

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 99208 erhältlich oder unter <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/filteratur.htm> abrufbar.

Messung mechanischer Eigenschaften von wirrfaserverstärkten Verbundwerkstoffen.

Kreisplatten-Prüfverfahren

Bei dem Kreisplattentest wird eine Probeplatte bei gelenkig gelagertem Rand (loses Aufliegen der Platte auf einem Auflagering, $\varnothing 90$ mm) mit einer zentralsymmetrischen Biegekraft F_{KB} bei konstanter Prüfschwindigkeit v_P belastet (Bild 1).

In Abhängigkeit vom Radius r erzeugt der Pressstempel eine Durchbiegung $w(r)$, die im Zentrum der Kreisplatte ($r = 0$) mit f bezeichnet wird. In der Plattenebene werden sowohl Radial- σ_r , als auch Tangentialspannungen σ_t erzeugt. Da diese Spannungen im Kreiszentrum ($r = 0$) am größten sind, wird hier die Kreisplatten-Biegespannung σ_{KB} ermittelt: $\sigma_{KB} = \sigma_r = \sigma_t$, wobei σ_r und σ_t (für $r = 0$) wegen der Rotationssymmetrie identisch sind. Der Kreisplattentest ist quasi eine Überlagerung von Zug- und 3-Punkt-Biegeprüfung im ebenen und nicht im einachsigen Spannungszustand, da neben der Durchbiegung durch die zentralsymmetrische Belas-

Da die Fasern in unterschiedlichen Ausprägungen (Aufbereitungsstufe, Restschäbenanteil, Faserlänge, Sorte) vorliegen können, ist neben der Bauteilprüfung auch die Beurteilung dieser Ausprägungen für die Verbundwerkstoff-Verwendung wichtig. Insbesondere für wirrfaserverstärkte Kunststoffe muss kontrolliert werden, inwieweit Zug- und Biegeversuch, als Methoden mit einachsigen Spannungszustand, die mechanischen Eigenschaften von Verbundwerkstoffen ausreichend beschreiben. Ein Ziel ist daher die Entwicklung einer Prüfmethode mit mehrachsigen Spannungszustand zur

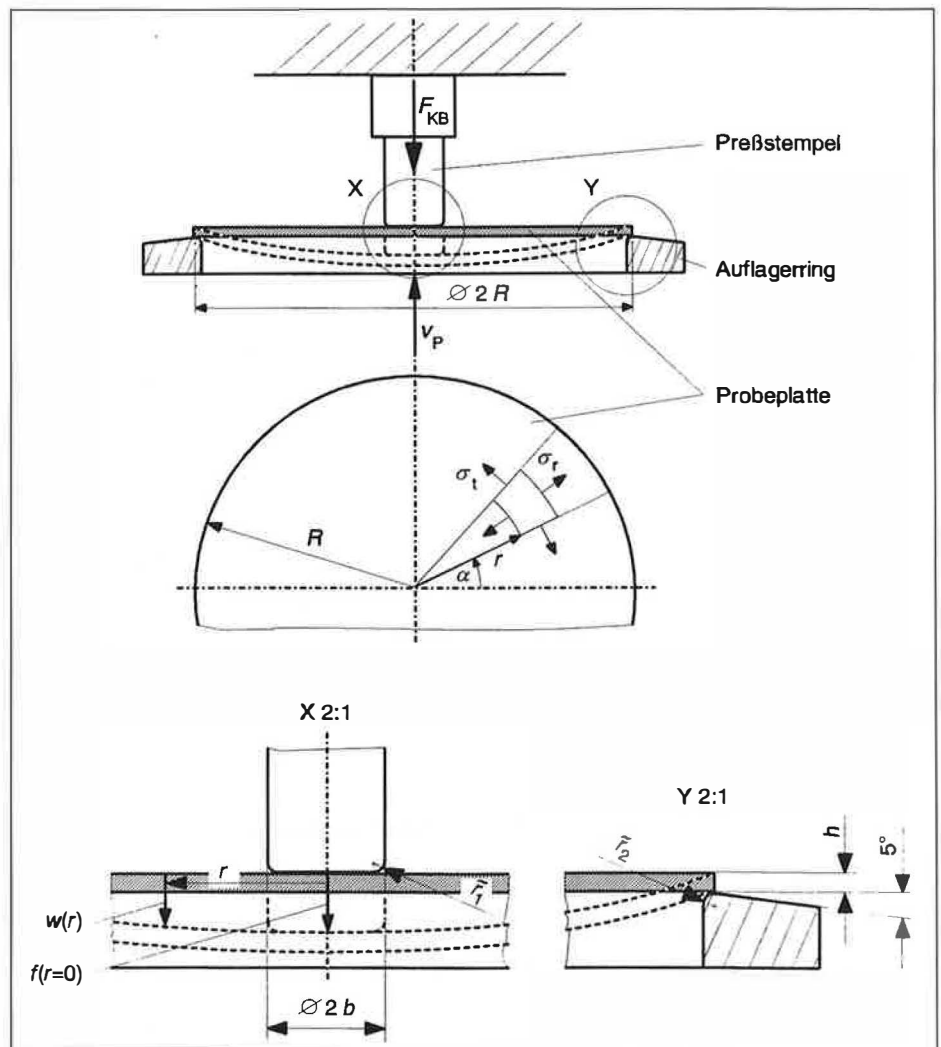


Bild 1: Kreisplatte unter zentralsymmetrischer Last Fig. 1: Circular plate under a central symmetric load



Bild 2: Schichtartiger Aufbau der Leinfasern in der PP-Matrix (Faseranteil 25%, mit Haftvermittler, Bruchstelle des Zugversuchs, 70-fache Vergrößerung)

Fig. 2: Layer structure of a flax fibre in the PP-matrix (fibre content 25%, with adhesive agent, with fracture of pulling test, 70 times enlarged)

tung der Kreisplatte auch Zugspannungen auftreten.

Mit Hilfe der Gleichgewichtsbedingungen und der Hookschen Gesetze können die mechanischen Stoffeigenschaften Biegefestigkeit, Dehnung und Modul der Kreisplatte ermittelt werden. Diese Stoffeigenschaften sind abhängig von der maximalen Biegekraft F_{KBmax} , der Plattendicke h , der Querkonstruktionszahl, vom Pressstempelradius b und vom Auflageradius R .

Material und Versuchsmethode

Als Testmaterial wurde ein leinfaserverstärkter thermoplastischer Kunststoff (PP) gewählt, wobei die Probelplatten im „Film-Stacking-Verfahren“ hergestellt wurden. Bei diesem Verfahren wurden unterschiedliche Lagen von Grünflachsvliesen und PP-Folien geschichtet („Sandwich“), unter Druck und Temperatur verschmolzen und wieder abgekühlt. Das Fasermaterial für die Grünflachsvliese wurde im Rahmen von Bonner Forschungsprojekten produziert [1, 2] (Feldentholzung durch Feld-Flachsbrecher [3], Aufschluss in stationärer Anlage, Nadelvliesbildung durch mechanisches Vlieslegeverfahren). Zur Steigerung der Haftung zwischen Leinfasern und Polypropylen wurde ein Teil der Vliese mit Haftvermittler „ausgerüstet“. Dazu wurden die Grünflachsvliese in einem heißem Xylobad getränkt, in dem eine Maleinsäureanhydrid-PP-Polymerlösung war.

Da für den Vergleich der werkstoffkundlichen Untersuchungen (Zug-, 3-Punkt-Biegeprüfung mit Kreisplatten-Biegeprüfung) möglichst große Eigenschaftsstreuungen zwischen den jeweiligen Pressplatten erwünscht sind, wurden folgende Material- und Maschinenparameter mehrfaktoriell variiert:

- Leinfaseranteil am Verbundwerkstoff (0 Gew.-% (reines PP), 25 und 35 Gew.-%)
- Haftvermittler (mit und ohne)
- maximale Presstemperatur (170 und 185 °C)

- Presswiederholungen (je 3)
- Messwiederholungen (je 6)

Aus diesen Probelplatten wurden die Probekörper für Kreisplatten-, Zug- und 3-Punkt-Prüfung herausgetrennt.

Ergebnisse

Die im „Film-Stacking-Verfahren“ hergestellten Testplatten zeigten nach dem Verpressen einen schichtartigen Aufbau von Fasern und erstarrter Kunststoffschmelze, wie in der REM-Aufnahme der Zugversuchsbruchstelle zu sehen ist (Bild 2).

Bei dieser Testplatte liegt am Randbereich des Querschnitts keine Faserverstärkung vor, wobei zur Querschnittsmitte hin der tatsächliche Faseranteil zunimmt. Die Probe ist in diesem Bereich geschwächt, da bei einem zu hohen Faseranteil die Stützwirkung des Kunststoffes fehlt. Derselbe Effekt trat besonders auch bei Proben mit 35%-igem Faseranteil auf, die in fünf Schichten verpresst wurden (PP-Folie, Leinvlies, PP-Folie, Leinvlies, PP-Folie). Bei diesen Testplatten zeigten sich zwei Bereiche mit sehr hohem Faseranteil, die empfindlich auf die starken Schubspannungen durch die Kreisplatten-Biegeprüfung reagieren. Dies ist der Grund, warum die Kreisplatten-Biegefestigkeit trotz Zunahme des Faseranteils von 25 nach 35% deutlich sinkt (Bild 3). Die Zugfestigkeit, die mit steigendem Faseranteil zunimmt, reagiert nicht auf das „Schichtsystem“. Dies ist für den Zugversuch nachvollziehbar, da die

Zugspannung über den inhomogenen Querschnitt mittelt.

Die 3-Punkt-Biegefestigkeit steigt zwischen 25 und 35% Faseranteil an. Bei der 3-Punkt-Biegeprüfung erzeugt die Biegekraft einen Wechsel von Druckzone über die neutrale Zone zur Zugzone, wobei Schubspannungen entstehen, die zwischen den „schichtartigen Strukturen“ wirken. Daher wäre eine deutlichere Reaktion bei der 3-Punkt-Biegeprüfung erwartet worden, die ansatzweise bei der Verringerung der 3-Punkt-Biegefestigkeit von 25 auf 35% (ohne HV) erkennbar ist.

Hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften Festigkeit (Bild 3), Höchstkraft-Dehnung und Modulen zeigte sich, dass die beiden Norm-Prüfmethode nicht auf die inhomogenen Probekörper reagierten, da die gemessenen Ergebnisse den Erwartungen für einen homogenen Probekörper entsprachen. Lediglich die mit der Kreisplatten-Biegeprüfung gemessenen Eigenschaften zeigten die Inhomogenität der Probekörper auf.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Wie die Untersuchungen gezeigt haben [4], ist der neue Kreisplattentest ein geeignetes Verfahren zur Qualitätsprüfung von Verbundwerkstoffen, insbesondere auch von leinfaserverstärkten Kunststoffen. Allgemein ist zu berücksichtigen, dass hier ein wirrfaserverstärkter Kunststoff geprüft wurde, bei dem die Fasern nur teilweise zur Festigkeitssteigerung beitragen, je nach Belastungsrichtung und Faser-Ausrichtung im Verbundwerkstoff. Die Normen für Zug- und 3-Punkt-Biegeversuch sehen bei der Probenahme das Heraustrennen von schmalen Teststreifen vor. Bei leinfaserverstärktem PP, bei dem sich die Fasern in Wirrlage befinden, ist die Repräsentativität schmaler Teststreifen für die Gesamtprobe fraglich. Bei der Kreisplatten-Biegeprüfung dagegen erfolgt die Hauptbelastung im Zentrum der Kreisplatte, wo die Fasern ungekürzt in ihrem ursprünglichen Verbund liegen, weshalb sich diese Prüfung insbesondere auch für wirrfaserverstärkte Kunststoffe eignet.

Bild 3: Zug-, 3-Punkt-Biege- (3Pkt) und Kreisplatten-Biege- (KB) Festigkeit in Abhängigkeit von Haftvermittler (HV) und Faseranteil (25; 35 %)

Fig. 3: Pulling, 3-point bending (3Pkt), and circular plate bending (KB) stability depending on adhesive agent (HV) and fibre content (25; 35 %)

