

Faserverbundkunststoffe mit Elastomermatrix

Walter Michaeli; und
Martin Koschmieder, Aachen

Faserverbundkunststoffe mit Elastomermatrix schließen eine Lücke zwischen konventionellen Elastomerbauteilen und Faserverbundkunststoffen. Das Wickelverfahren mit kontinuierlicher Faservorbehandlung und -tränkung erlaubt eine rationelle Fertigung.

Das Wickelverfahren hat sich seit vielen Jahren zur Herstellung von Hohlkörpern aus Faserverbundkunststoffen (FVK) bewährt. Die Verstärkungsfasern werden dabei zunächst mit dem Matrixharz getränkt, bevor sie nach einem definierten Muster CNC-gesteuert auf einem rotierenden Wickelkern abgelegt werden (Bild 1).

Im Wickelverfahren werden hauptsächlich duroplastische Matrixkunststoffe verwendet, die allerdings aufgrund ihrer geringen Bruchdehnung nur bedingt für stoßbeanspruchte Bauteile geeignet

daß zum einen wesentlich höhere Faseranteile und zum anderen eine homogene Faserdistribution erforderlich sind. Die Fasern müssen vollständig getränkt und durch Fließvorgänge der Matrix bei der Fadenablage muß eine Homogenisierung des Laminats erreicht werden.

Geeignete Elastomere

Prinzipiell kommen drei Klassen von niedrigviskosen Kautschukmischungen für eine kontinuierliche Fasertränkung im Wickelverfahren in Frage:

than (PUR)- oder Silikonbasis angeboten, deren mechanische Endeigenschaften von zäh-hart bis weich-elastisch variieren. Anwendungsbereiche sind z.B. der Verguß elektrischer Komponenten sowie verschleißfeste Beschichtungen und Lacke. Viskosität und Vernetzungsverhalten lassen sich in weiten Grenzen einstellen, jedoch haben zäh-hart aushärtende Systeme im allgemeinen eine niedrigere Viskosität und längere Topfzeiten als weich-elastische Systeme [2].

Durch Zusatz eines geeigneten Lösungsmittels, welches rückstandslos entfernt werden kann und die mechanischen Eigenschaften des Elastomersystems nicht beeinträchtigt [1], kann die Viskosität weiter gesenkt und die Topfzeit erhöht werden. Auch technische Gummimischungen, z.B. auf der Basis von Naturkautschuk, NBR oder SBR, die durch die zugesetzten Füll- und Hilfsstoffe eine sehr hohe Viskosität erreichen, können durch Lösung in einem geeigneten Lösungsmittel niedrigviskos eingestellt werden und zum Tränken oder zum Beschichten von Textilien verwendet werden. Aufgrund des umweltschädigenden Potentials vieler Lösungsmittel werden zunehmend auch wasserbasierte Elastomerdispersionen einge-

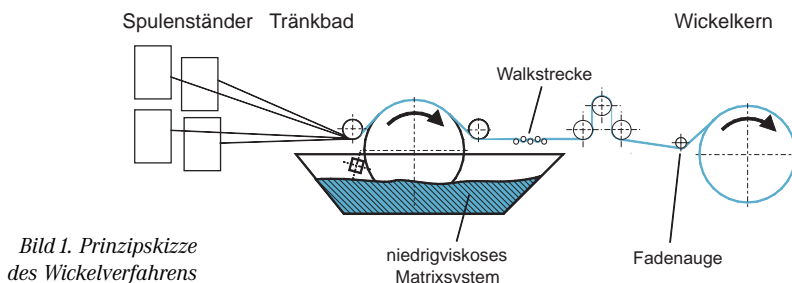


Bild 1. Prinzipskizze des Wickelverfahrens

sind. Thermoplastische Matrizes haben höhere Bruchdehnungen, sind jedoch aufgrund der hohen Schmelzviskosität problematischer in der Verarbeitung. Der Einsatz niedrigviskoser Elastomersysteme führt zu Wickelbauteilen mit hoher Festigkeit und zugleich hoher Elastizität und Schlagzähigkeit, so daß Faserverbundkunststoffe mit Elastomermatrix eine Lücke zwischen konventionellen Gummi- und Faserverbundbauteilen schließen.

In verstärkten Gummibauteilen sind die Fasern nicht homogen über den Bauteilquerschnitt verteilt, sondern sind in definierten Zugschichten konzentriert (Bild 2). Im Gegensatz dazu sind die Fasern in Faserverbundkunststoffen ein integraler Bestandteil des Werkstoffs, so

Gießelastomere werden aus mehreren niedrigviskosen Komponenten angemischt und vernetzen dann als Funktion der Zeit. Es wird eine breite Palette kommerzieller Gießsysteme auf Polyure-

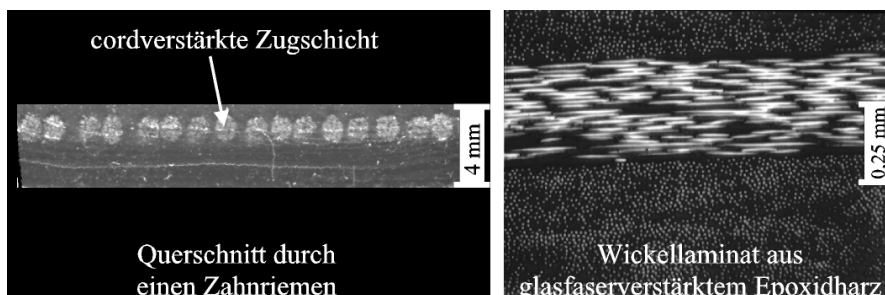


Bild 2. Faserverstärkung in einem Elastomerbauteil (A) und in einem Faserverbundkunststoff (B)

© Carl Hanser Verlag, München KU Kunststoffe Online-Archiv www.kunststoffe.de

Material	Bezeichnung	Hersteller	Mischviskosität Pas	Viskosität nach 1 h Pas
Gieß-PUR	K9N	Vosschemie	11	200
	K6S		2	45
Gießsilikon	Silicoform	unbekannt	27	400 (30 min)
	Elastosil M4601	Wacker	20	35
PUR-Lösungen	K9N + 5 % Aceton	Vosschemie	<1	110
	BV-200		2	2
Silikonlösung	Silicoform + 10 % Cyclohexan	unbekannt	1,6	nicht gemessen
Gummilösung	Mischung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk + 56 % Toluol	Conti Tech Elastomerbeschichtungen GmbH	50	50
PUR-Dispersion	Dispercoll VP KA 8758	Bayer AG	<1	<1
	Desmodur VP KA 8703		<1	<1

Tabelle 1. Gemessene Viskosität der Versuchsmaterialien

setzt. Dispersionen auf Polyurethanbasis finden z.B. Anwendung als Klebstoffe, Lacke und Textilfinish.

Sowohl Kautschuklösungen als auch Dispersionen weisen gegenüber Gießelastomeren den Vorteil auf, daß die Vernetzung in der Regel erst nach Extraktion des Lösungsmittels bzw. des Wassers beginnt. Somit ist die Verarbeitungszeit dieser Systeme sehr hoch, während nach der Trocknung eine rasche Vernetzung erfolgen kann.

Probelamine herstellen

Zur Ermittlung des Optimierungspotentials beim Wickeln mit Elastomermatrix wurden mit der konventionellen Anlagentechnik nach Bild 1 Probelamine aus Glasfasern und unterschiedlichen

Firmenübersicht

Unser Dank gilt den Firmen Bayer AG und ContiTech Elastomerbeschichtungen GmbH für die Bereitstellung von Versuchsmaterial.

Elastomersystemen gewickelt. Tabelle 1 zeigt die gemessenen Viskositäten der eingesetzten Systeme. Die gewickelten Lamine aus Gießelastomeren wurden bei Raumtemperatur vernetzt, während die Lamine aus Dispersionen und Lö-

sungen zunächst getrocknet und anschließend heiß ausgehärtet wurden.

Der Faservolumengehalt der Proben wurde mittels TGA bei 20°C/min in Luftatmosphäre gemessen und betrug zwischen 60 und 68 Gew.-%.

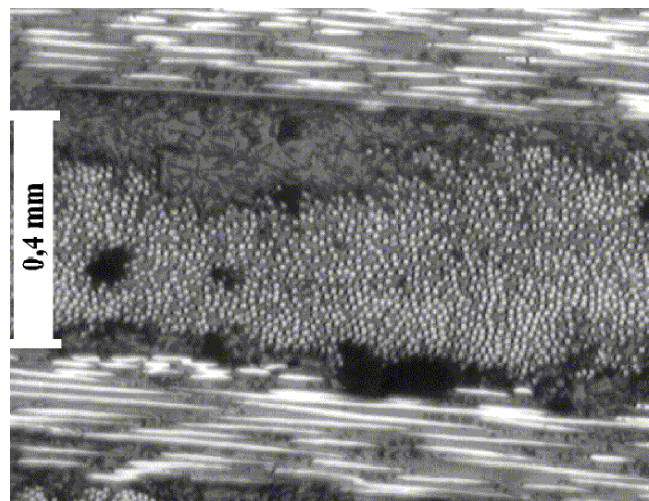


Bild 3. Laminatqualität bei Verwendung von Gießelastomeren

Die Vorversuche zeigten, daß ein Optimierungspotential vor allem in zwei Punkten besteht. Zum einen führte die verwendete Walzenränkung nicht zu einer optimalen Faserränkung. Wie Bild 3 zeigt, sind bei Verwendung von Gießelastomeren die einzelnen Wickellagen im Laminatquerschnitt noch deutlich zu unterscheiden und es kommt zu Reinharzanhäufungen und Luftschlüssen. Auf-

grund der vergleichsweise hohen Viskosität der Gießsysteme wird auf der Faseroberfläche zu viel Matrixmaterial mitgeschleppt und es können im Laminat keine ausgeprägten Fließvorgänge stattfinden, die zur Homogenisierung des Laminats erforderlich sind.

Bei Verwendung der Lösungen und Dispersionen konnte mit der einstufigen Tränkung keine ausreichende Menge an Matrixmaterial auf die Fasern aufgebracht werden, da aufgrund des hohen Anteils an flüchtigen Stoffen nur wenig Feststoff auf den Fasern verbleibt. Zudem zeigte sich, daß beim Wickeln ohne vorherige Trocknung die Matrix im Laminat sehr niedrigviskos bleibt und aus den innersten Laminatlagen herausgedrückt wurde, die dadurch nahezu trocken blieben.

Tränkung modifizieren

Zur Optimierung der Tränkung sind einige Modifikationen an den bestehenden Tränkanlagen notwendig. Bild 4 zeigt mögliche Alternativen, die in ähnlicher Form zur Beschichtung und Tränkung von technischen Textilien Anwendung finden [3]. Die Messerbeschichtung sowie die Verwendung gegenläufiger Rol-

len wird vorrangig für die Beschichtung mit höherviskosen Elastomerlösungen eingesetzt, während die Walzenbeschichtung für niedrigviskose Beschichtungen und Textilschichten angewendet wird. Die Beschichtung von Textilien mit hochviskosen unverdünnten Elastomermischungen kann mit Hilfe eines Kalanders erfolgen. Die Umsetzung dieser Konzepte in Tränkanlagen für das

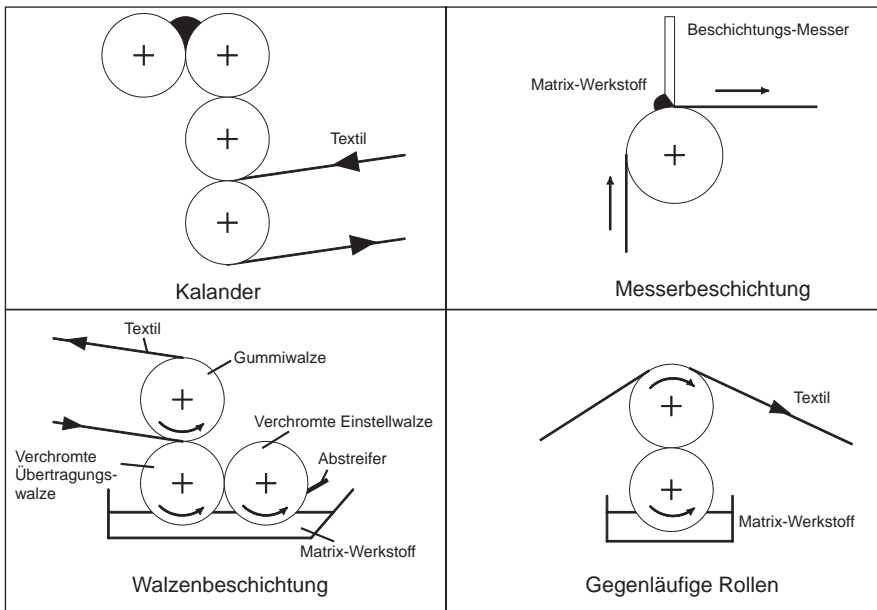


Bild 4. Verfahren zur Textiltränkung und -beschichtung [3]

Wickelverfahren könnte die Tränkungsgüte auch bei mittleren Viskositäten deutlich verbessern.

Die Verarbeitung lösungsmittelhaltiger Systeme und Dispersionen erfordert aufgrund des geringen Feststoffanteils eine mehrstufige Tränkung mit Zwischentrocknung, z. B. durch einen Heißluftkanal. Die Viskosität solcher Systeme steigt während der Trocknung rapide an und so kann ein Herauspressen der Matrix aus den inneren Wickellagen vermieden werden. Aufgrund der bei hoher Viskosität fehlenden Fließvorgänge im Laminat muß aber bereits im Tränkprozeß eine homogene Faserverteilung sichergestellt werden (z. B.: durch Einsatz einer Walkstrecke [4]).

Eignung bestätigt

Die beschriebenen Versuche haben gezeigt, daß sich unterschiedliche Elastomersysteme zur Online-Tränkung von Rovings und zur Herstellung von FVK mit Elastomermatrix eignen. Die erzielten Faseranteile lagen bereits im optimalen Bereich von 60 bis 68 Gew.-%. Die Lamineigenschaften können durch Modifikationen der Anlagentechnik noch weiter verbessert werden.

Das vorgestellte Verfahren kann zum einen durch Integration der Faserbeschichtung und Fasertränkung in den Prozeßablauf zur Optimierung bestehender Prozesse in der Gummiverarbeitung genutzt werden. Dem Verarbeiter bietet

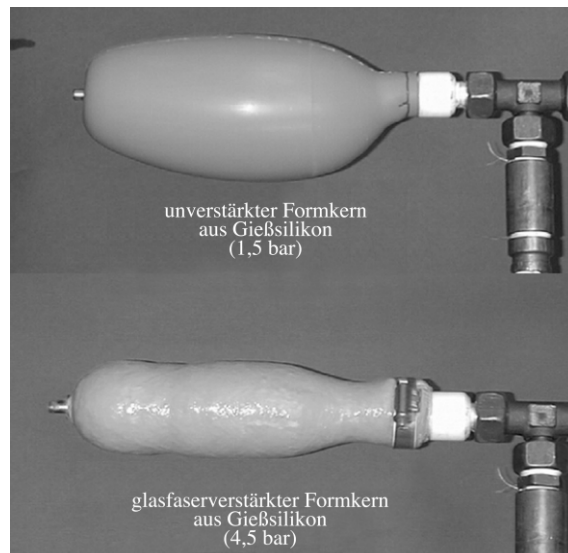


Bild 5. Gewickelte expandierbare Formkerne aus Glasfasern und Gießsilikon

sich dadurch eine größere Flexibilität hinsichtlich der verwendeten Materialien. Zum anderen eröffnen sich neue Anwendungsfelder, die den Einsatz flexibler und zugleich hochfester Werkstoffe erfordern.

Ein Beispiel für eine solche Anwendung ist die Fertigung flexibler, expandierbarer Formkerne zur rationellen Herstellung von Hohlkörpern im RIM-Verfahren [5]. Während die Dimensionen unverstärkter Formkerne bei der Expansion nicht zu kontrollieren sind (Bild 5 oben), kann ein verstärkter Formkern mit hohem Innendruck beaufschlagt und auch bei Außendruck formstabil gehalten werden (Bild 5 unten).

Ein ähnliches Potential bieten pneumatisch oder hydraulisch betätigte Aktuatoren („pneumatischer Muskel“), die Einsatz in Handhabungsgeräten finden [6].

Literatur

- Gabrys, C.W.; Bakis, C.E.: Design and manufacturing of filament wound elastomeric matrix composite flywheels. Journal of Reinforced Plastics and Composites 16 (1997), S. 488-502
- House, D.W.; Scott, R.V.; Baumann, W.M.: The Use of Aromatic Secondary Diamine Based Curing Agents in Polyurethane Cast Elastomers. In: Polyurethanes 88, Proceedings of the SPI 31st Technical/Marketing Conference 1988
- Adanur, S. [Hrsg.]: Wellington Sears handbook of industrial textiles, Technomic Publ. Co., Lancaster, Pa, USA, 1995
- Rau, S.: Methoden zur kontinuierlichen Imprägnierung flächiger Verstärkungstextilien. Dissertation an der RWTH Aachen 1996
- Kleba, I.: Herstellung von durchgängig aus Kunststoffen aufgebauten PUR- Isolationsbehältern. Fachbeiratsgruppe „PUR-Technologie“ des IKV 1998
- Nagaoka, T.; Konishi, Y.; Ishigaki, H.: Non-linear optimal predictive control of rubber artificial muscle. Proceedings of the SPIE - The International Society of Optical Engineering, Bellingham, WA, USA, 1995, S. 54-61

Die Autoren dieses Beitrags

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Walter Michaeli, geb. 1946, ist Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung der RWTH Aachen und Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV).

Dipl.-Ing. Martin Koschmieder, geb. 1971, ist seit 1996 wissenschaftlicher Mitarbeiter am IKV und beschäftigt sich mit den Themen Wickeln und Pultrusion von Faserverbundkunststoffen.