



PP/PAN-Fasergranulat

PP/PAN-Faser-Compounds. Kostengünstig und leicht bei herausragenden mechanischen Eigenschaften: Durch ihr geringes spezifisches Gewicht sowie ein ausgewogenes Eigenschaftsprofil eröffnen faserverstärkte Thermoplaste auf der Basis von

Polypropylen und Polyacrylnitrilfasern ein großes Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten, vor allem als kostengünstige Alternative zu technischen Kunststoffen und im Leichtbau.

Leichtbaupotenziale nutzen

**HOLGER GUNKEL
STEFAN REINEMANN**

Dank ihrer hervorragenden Eigenschaften sind faserverstärkte Kunststoffe im Aufwind und verdrängen zunehmend die klassischen Werkstoffe. Technische Polyacrylnitril (PAN)-Fasern sind für die Entwicklung von thermoplastischen Verbundwerkstoffen von hohem Interesse. Sie können nicht nur Glasfasern in Verbundwerkstoffen substituieren, sondern eröffnen auch interessante Perspektiven zur Entwicklung einer neuen kosteneffizienten Materialklasse, die mit einer außergewöhnlichen Schlagabsorption auch anspruchsvollen Einsatzzwecken mit hohen mechanischen Anforderungen gewachsen ist.

In [1] wurden bereits erste orientierende Ergebnisse der Verstärkung von Polypropylen mit PAN-Fasern vorgestellt

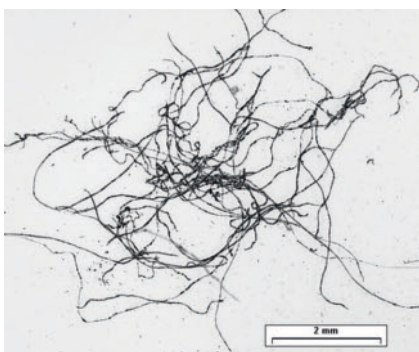


Bild 1. PAN-Fasern aus dem Compound nach Auflösen der PP-Matrix

und mögliche Anwendungsgebiete aufgezeigt. Im Rahmen eines Forschungsprojekts des Thüringischen Instituts für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V. (TITK), Rudolstadt, erfolgten weitere Untersuchungen zu Herstellungs- und Verarbeitungsverhalten sowie zur Optimierung der Materialeigenschaften, insbesondere des Verhaltens bei Schlagbeanspruchung. Auf dieser Basis wurden weitere synthese-faserverstärkte Kunststoffe mit neuen Eigenschaftsprofilen entwickelt [2].

Herstellung von PP-PAN-Compounds

Auf der Grundlage einer praxisnahen Rezepturenentwicklung kamen nur kommerzielle Materialkomponenten infrage, die für eine industrielle Umsetzung auch mengenmäßig und logistisch zur Verfügung stehen.

PAN-Typen, beispielsweise Dolanit 10 (Hersteller: Dolan GmbH, Kelheim), die vorwiegend für technische Anwendungen vorgesehen sind, wie die Verstärkung von Zement- und Bitumenerzeugnissen, bieten neben einer hohen mechanischen Festigkeit eine ausreichende chemische und thermische Stabilität für die Verarbeitung mit thermoplastischen Materialien. Sie sind als Schnitffasern (4–12 mm) mit verschiedenen Faserfeinheiten sowie als endloses Fasermaterial in Form von gekräuseltem Faserkabel verfügbar.

In einem Gleichdrall-Doppelschneckenextruder erfolgt die Herstellung des

Compounds in Form eines zylindrischen Granulats (8 mm lang, Titelbild). Als Verfahren zur Weiterverarbeitung kommen Spritzgießen, Extrusion und Blasformen infrage.

Da organische Polymerfasern aufgrund ihrer geringen Dichte und hohen Faser-Faser-Haftung sehr schlecht rieselfähig sind, lassen sich herkömmliche Dosierverfahren nicht anwenden. Für die Einspeisung der PAN-Fasern in den Extruder wurden spezielle Dosier- und Zuga-bevorrichtungen entwickelt.

Schlagzäh auch im Kalten

PAN-Fasern sind, verglichen mit Glasfasern, wesentlich elastischer, entsprechend weniger Faserbrüche treten in den scherenintensiven Verarbeitungsschritten auf. Die Extruderkonfiguration und die Prozessführung wurden so konzipiert, dass bei möglichst geringer Schädigung der Fasern eine homogene Verteilung mit hoher Imprägniergüte der Fasern erzielbar ist. Mit mittleren Faserlängen von 3 bis 5 mm im Werkstück (Bild 1) wird ein er- ▶



Hersteller

Ria Polymers GmbH
Schwarzwaldring 6
D-78658 Zimmern
Tel. +49 (0) 7 41/9 33-0
richard.schuler@ria-polymers.eu
www.ria-polymers.eu

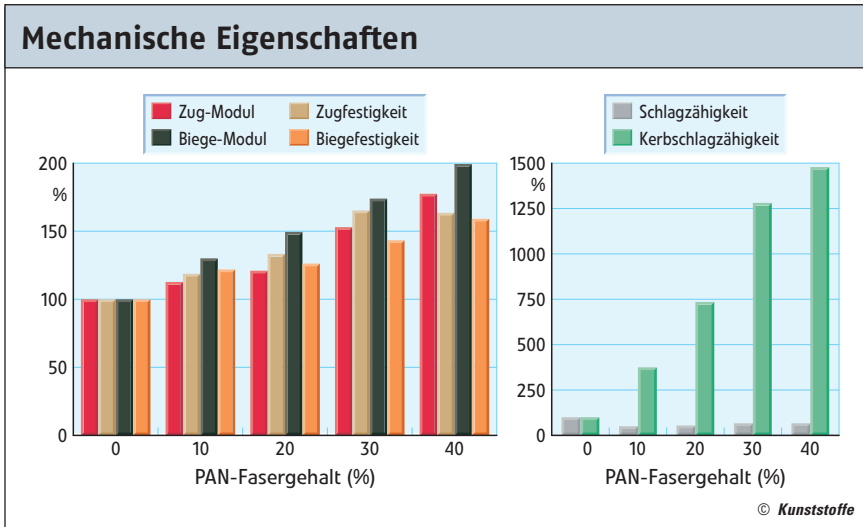


Bild 2. Relative Veränderung der mechanischen Eigenschaften von PP/PAN-Compounds in Abhängigkeit des Fasergehalts

heblich größeres Längen/Dicken-Verhältnis („aspect ratio“ > 200) gegenüber herkömmlichen kurzfaserverstärkten Kunststoffen (etwa 20 bis 30) erreicht.

Mechanische Prüfungen an spritzgegossenen Normprüfkörpern zeigen, dass auf diese Weise außergewöhnlich schlagzähe Materialien entstehen. Die skelettartige Faserstruktur im Compound nimmt die Schlagenergie auf und verteilt sie im Formteil.

In Abhängigkeit von der Menge an zugegebenen PAN-Kurzschnitt-Fasern (Dolanit 10; 1,5 dtex mit 4 mm Länge) verändert sich das Eigenschaftsprofil der Compounds (Bild 2). Bis ca. 40 % PAN-Fasergehalt nimmt die Verstärkungswirkung kontinuierlich zu. Besonders hervorzuheben ist, dass das enorme Niveau der Kerbschlagzähigkeiten in Kombination mit deutlich erhöhter Festigkeit und Steifigkeit einhergeht. Dies gilt nicht nur bei Raumtemperatur, sondern auch bei

tiefen Temperaturen. Varianten mit 30 % PAN-Fasern bieten bei -30°C noch Schlagzähigkeiten (Charpy) von ≥ 75 kJ/m² und Kerbschlagzähigkeiten von ≥ 13 kJ/m². Tabelle 1 zeigt an einem Beispiel wesentliche Eigenschaftswerte eines PP/PAN-Compounds im Vergleich zum ungefüllten und 30 % glasfaserverstärkten Polypropylen.

Die an den Bruchflächen austretenden Fasern (Bild 3) machen deren große Länge im Compound deutlich. Interessant ist, dass die Fasern nicht direkt an der Bruchstelle reißen, sondern aus der Matrix herausgezogen werden (fiber-pull-out effect). Dieser vorteilhafte Effekt wird auch bei biaxialer Stoßbeanspruchung deutlich, die in der Praxis wesentlich häufiger vorkommt als die reine Schlagbiege- bzw. Schlagzugbeanspruchung. Die Bilder des Kugelfalltests bei tiefen Temperaturen (Bild 4) zeigen, dass sich der übliche Sprödebruch von reinem Polypropylen

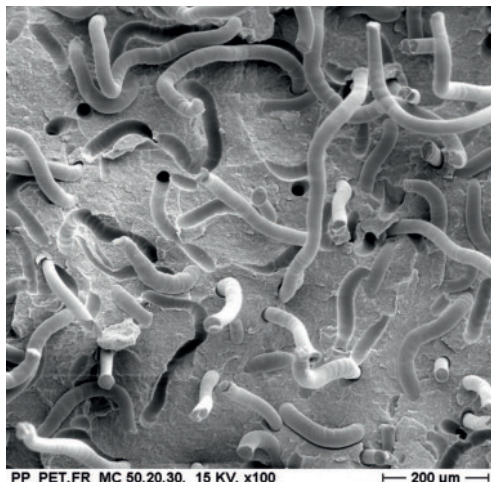


Bild 3. Bruchflächen am Bauteil zeigen einen „fiber-pull-out effect“

Compound		PP	PP / PAN	PP / GF
Fasergehalt	[%]	0	30	30
Dichte	[g/cm ³]	0,90	0,98	1,14
Zug-E-Modul	[MPa]	1670	2850	4800–8300
Zugfestigkeit	[MPa]	34	61	55–80
Biege-E-Modul	[MPa]	1320	2500	3800–7600
Norm-Biegespannung	[MPa]	33	55	48–140
Schlagzähigkeit 23°C	[kJ/m ²]	124	85	15–45
Schlagzähigkeit -30°C	[kJ/m ²]	13,2	75	8–42
Kerbschlagzähigkeit 23°C	[kJ/m ²]	2	25,6	6–10
Kerbschlagzähigkeit -30°C	[kJ/m ²]	1,1	13	4–7
HDT/A	[°C]	52	66	138
Vicat / B	[°C]	90	112	110–130
Kugeldruckhärte	[N/mm ²]	72	93	110

Tabelle 1. PP/PAN-Compound im Vergleich zum unverstärkten PP und PP-30GF

! Im Profil

Basierend auf den Forschungs- und Entwicklungsleistungen des Instituts für Textiltechnologie der Chemiefasern hat sich die industrielle Forschung des **Thüringischen Instituts für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V. (TITK)** ausgehend von der rein textilen Kompetenz der Anwendung von Faserstoffen in der Textilindustrie zu einem modernen, weltweit anerkannten Institut für polymere Funktions- und Konstruktionswerkstoffe entwickelt.

Als wirtschaftsnahe Forschungseinrichtung betreibt das TITK sowohl Vorlauf- als auch angewandte Forschung im industrienahen Bereich. Das TITK unterstützt klein- und mittelständische Unternehmen in deren Innovationsbestreben mit interdisziplinärem Fachwissen, innovativen Ideen, Branchenkenntnissen sowie mit der Bereitstellung moderner technischer Infrastruktur.

Ziel dieser Zusammenarbeit ist die Entwicklung von Verfahren und wettbewerbsfähigen Produkten nach den individuellen Anforderungen des Auftraggebers, die aus verschiedensten Bereichen der Chemie, Kunststoff- und Textiltechnik stammen können.

www.titk.de

mit starker Splitterneigung schon bei geringem Fasergehalt vermeiden lässt. Ab 20 % Fasergehalt ist das Material nur noch leicht verbeult und zeigt keine Rissbildung mehr.

Eine Frage der Länge

Da das Verhalten des Verbundmaterials vorrangig durch die Fasermerkmale und Imprägnierung bestimmt wird, hat eine

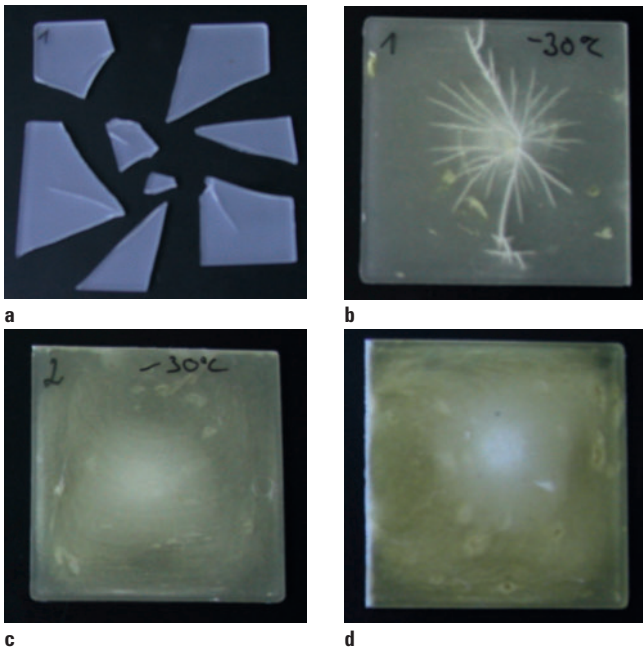


Bild 4. Schadensbilder bei Kugelfalltest (Temperatur: -30°C):
a = unverstärktes PP,
b = PP mit 10 % PAN,
c = PP mit 20 % PAN,
d = PP mit 30 % PAN

Modifikation der PP-Matrix nur unwesentlichen Einfluss auf die Eigenschaften des Compounds.

Die mechanischen Kennwerte stehen im direkten Zusammenhang mit der Länge der Verstärkungsfasern im fertigen Bauteil. Durch Verwendung ungeschnittener Ausgangsfasern lässt sich die mitt-

lere Faserlänge im Compound nochmals um 1 bis 2 mm steigern – und die Eigenschaften weiter verbessern (Bild 5).

Überraschenderweise lässt sich auch mit PAN-Fasern gröberer Feinheiten und ca. 30 % geringeren spezifischen Festigkeiten (Dolanit 12) eine hervorragende Verstärkung erzielen (Bild 6). Da derar-

tige Fasersortimente noch bessere Biegeigenschaften des Compounds als hochfeste Typen bewirken und nur in der Disziplin Zähigkeit etwas schlechter abschneiden, sind diese ebenfalls für einige Anwendungsfälle zu empfehlen.

Herkömmliche Haftvermittler, wie sie vorrangig für die Glasfaserverstärkung zum Einsatz kommen, zeigen im System Polypropylen und PAN nur geringfügige Effekte. Testergebnisse mit Produkten aus den Stoffklassen Maleinsäureanhydridgepfropftes Polypropylen und funktionalisierte Aminosilane sind im Bild 7 dargestellt. Während Zugeigenschaften und Schlagzähigkeit durchweg positiv beeinflusst werden, hat die Zugabe der Haftvermittler teilweise ungünstige Auswirkungen auf Biegesteifigkeit und Kerbschlagzähigkeit. Es ist in diesem Zusammenhang auch zu berücksichtigen, dass die PAN-Fasern herstellungsbedingt mit Präparationsmitteln ausgerüstet sind, deren Einfluss auf die Faser-Matrix-Haftung bisher nicht untersucht ist.

Ausblick

Die Compoundierung von Polypropylen mit PAN-Fasern liefert eine interessante ►

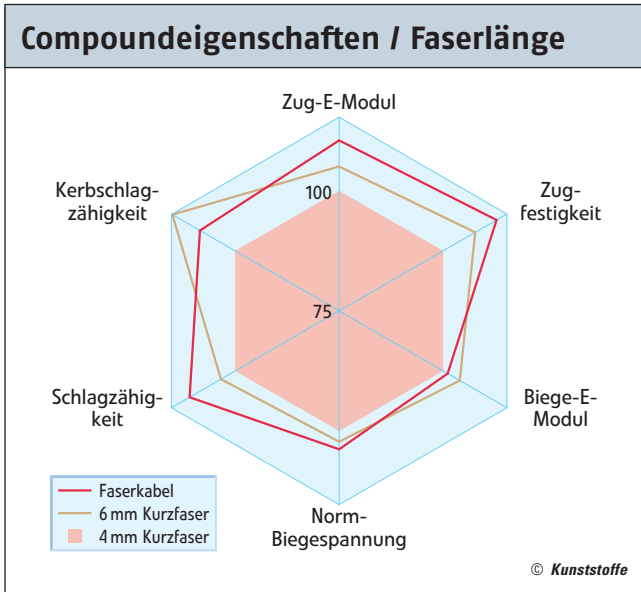


Bild 5. Relative Compoundeigenschaften in Abhängigkeit der Faserlänge

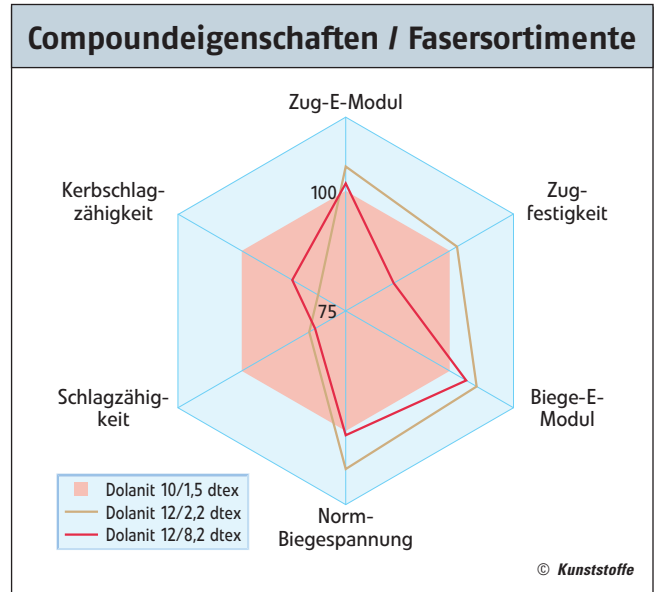
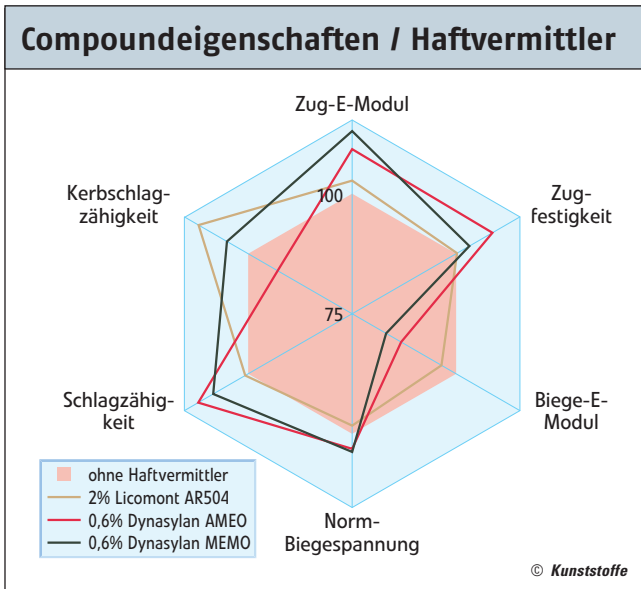


Bild 6. Relative Compoundeigenschaften in Abhängigkeit der Fasersortimente



H. J.: Polymerfaserverstärkte Thermoplaste. Kunststoffe 88 (1998) 7, S. 1000–1004

2 Olschak, S.; Reinemann, S.: PET-faserverstärktes Polypropylen. Kunststoffe 92 (2002) 4, S. 97–98

Bild 7. Relative Compoundeigenschaften in Abhängigkeit von Haftvermittlern

DIE AUTOREN

DIPL.-ING. HOLGER GUNKEL, geb. 1963, ist als Projektleiter im Thüringischen Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V. (TITK), Abteilung Kunststoff-Forschung, Rudolstadt, tätig; gunkel@titk.de

DR. RER. NAT. STEFAN REINEMANN, geb. 1970, leitet die Abteilung Kunststoff-Forschung im TITK e.V., Rudolstadt; reinemann@titk.de

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

Exploiting Opportunities in Lightweight Construction

PP/PAN FIBER COMPOUNDS. Inexpensive and light with excellent mechanical properties: Due to their low specific gravity and balanced property profile a broad spectrum of applications, particularly in lightweight construction and as cost effective alternatives to technical polymers, is opening up for fiber-reinforced thermoplastic compounds based on polypropylene and polyacrylonitrile fibers.

NOTE: You can read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and on our website by entering the document number **PE104310** at www.kunststoffe-international.com

Kombination von Materialeigenschaften, die das Anwendungsspektrum von verstärktem Polypropylen erheblich erweitern kann – nicht nur im Automobilbereich.

Als eine kostengünstige Alternative für technische Kunststoffe bieten die neuen Compounds folgende Vorteile:

- das Material erfüllt hohe Anforderungen bei Schlagbeanspruchung auch bei Kälte,
- hohe Wärmeformbeständigkeit und Erweichungstemperatur,
- durch weniger Materialeinsatz und geringere Dichte ist Leichtbau möglich,
- hohe Wirtschaftlichkeit durch günstige Material- und Herstellungskosten.

Im Leichtbau eröffnen sie durch einen Ersatz der Glasfaserverstärkung neue Potenziale, dank folgender Vorteile:

- geringe Materialdichte von $< 1\text{g/cm}^3$ bis 30 % Fasergehalt,
- außergewöhnlich hohe Schlag- und Kerbschlagzähigkeit, verbunden mit erhöhter Festigkeit und Steifigkeit,
- einfache und verschleißarme Herstellung und Verarbeitung,
- rückstandsfreie thermische Verwertung möglich.

Aber auch als Additive sind sie geeignet. Vor allem im Zusammenspiel mit verspröden wirkenden Zusätzen, wie Naturfasern und Brandschutzmitteln, wirken sie als hervorragender Schlagzähigkeitsmodifikator schon bei geringen Fasergehalten. ■

LITERATUR

- 1 Bonatz, E.; Remde, H.; Rafler, G.; Wang P. A.; Fell,