

Laufzeit 1.12.2009 - 31.5.2012

Titel **Neue leitfähige polymere Hybridmaterialien mit kohlenstoffbasierten Füllstoffen: Materialentwicklung und optimierter Spritzguss**

IGF-Vorhaben-Nr.: 336 ZBG

Im Forschungsvorhabens wurden gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V. (IPF) leitfähige polymere Hybridmaterialien, bestehend aus einem thermoplastischen Matrixkunststoff und zwei oder mehreren Füllstoffen, von denen mindestens einer aus einem kohlenstoffbasierten leitfähigen Material besteht, untersucht. Die verwendeten Matrixpolymere waren Polycarbonat, Polyamid 6 und ein PC/ABS-Blend. Als leitfähige Füllstoffe wurden Ruß, Kohlenstoffnanoröhren und Graphennanoplättchen verwendet und die nichtleitfähigen Füllstoffe waren Kurzglasfasern, Glaskugeln und Wollastonit.

Alle im Projekt entwickelten hybriden Kompositmaterialien sind mit den klassischen Methoden der Schmelzverarbeitung (Extrusion und Spritzguss) verarbeitbar. Entsprechende Aggregate werden im großen Umfang bei kleinen und mittleren Firmen verwendet. Bei der Materialentwicklung wurde die gesamte Prozesskette vom Compoundieren bis hin zum Spritzgießteil abgebildet, wobei die Prozessbedingungen sowohl für das Schmelzemischen zum Dispergieren der Füllstoffe (IPF) als auch für den Spritzguss (LBF, IPF) optimiert wurden. Zur Ermittlung des Prozessfensters beim Spritzguß wurden Inline Leitfähigkeitsmessungen angewandt (LBF).

Durch die Kombination mehrerer Füllstoffe („gemischte Füllstoffsysteme“ oder „Hybridmaterialien“) konnten wichtige Nachteile einzelner kohlenstoffbasierter Füllstoffe überwunden werden und die Vorteile unterschiedlicher Füllstoffe miteinander in so genannten „co-supporting filler networks“ kombiniert werden. Konkret wurden antistatisch ausgerüstete und leitfähige Hybridmaterialien, unter weitgehendem Erhalt bzw. Verbesserung der mechanischen Eigenschaften bei geringfügiger Verringerung der Prozessviskosität im Vergleich zu Kompositen, die nur einen Füllstoff enthalten, entwickelt.

Als Kombination zweier elektrisch leitfähiger Füllstoffe wurden Kohlenstoffnanoröhren (Carbon Nanotubes: CNT) und Leitruß (Carbon Black: CB) untersucht. Abbildung 1 zeigt exemplarisch die elektronenmikroskopische Aufnahme eines kombinierten Füllstoffnetzwerkes aus CNT und Ruß. Hierbei wurde ein Ladungs-kontrastverfahren (engl.: charge contrast imaging, CCI) verwendet.

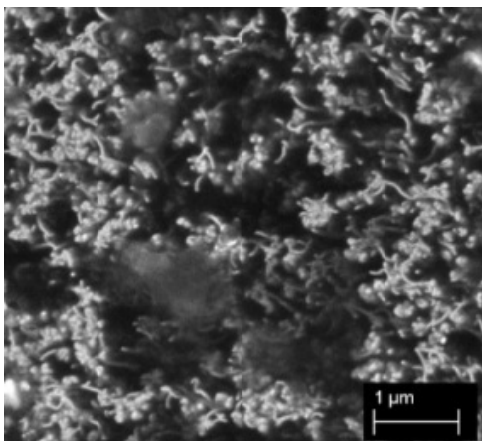


Abbildung 1: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (Charge-Contrast-Imaging Verfahren) eines kombinierten Füllstoffnetzwerkes von CNT und Ruß (CNT/CB-Verhältnis: 25:75 mit 3 Ma.% Gesamtfüllstoffgehalt in Polycarbonat, Aufnahme: IPF).

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Bereich Kunststoffe
Schlossgartenstr. 6
64289 Darmstadt, Germany

Phone: +49 6151 705-0
Fax: +49 6151 705-214
www.lbf.fraunhofer.de
info@lbf.fraunhofer.de

Die ungekürzte oder auszugsweise Wiedergabe dieses Berichts sowie seine Verwendung zu Werbezwecken bedarf der schriftlichen Genehmigung der Institutsleitung. © 2012 Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Reprints of this report or parts of it or its use for promotion purposes require the prior written permission of the director of the Fraunhofer Institute.

Der antistatische Zielbereich der elektrischen Leitfähigkeit (10^{-6} S/cm bis 10^{-2} S/cm) wurde erreicht, wobei die Füllgrade nur geringfügig über denen von CNT-Kompositen vergleichbarer Leitfähigkeiten liegen. Für gemischte Füllstoffsysteme aus CNT und Ruß (CNT/CB-Hybride) liegt die sogenannte „Perkolationskonzentration“, bei der die elektrische Leitfähigkeit dramatisch mit dem Füllstoffanteil ansteigt, unterhalb der Vorhersage einer linearen Mischungsregel für zwei leitfähige Füllstoffe. Dieser Effekt wird unter anderem auf eine Verbesserung der Dispergierung der Füllstoffe in den gemischten Füllstoffsystemen zurückgeführt. Dies ermöglicht eine teilweise Substitution der CNT durch preisgünstigere Ruße bei weitgehendem Erhalt der Leitfähigkeit.

In rheoelektrischen Untersuchungen in der Schmelze (Abbildung 2) wurde gezeigt, dass durch Ersetzen von CNT durch CB die hohe Schmelzeviskosität von reinen CNT-Kompositen verringert werden kann, ohne dabei die Leitfähigkeit wesentlich herabzusetzen. Somit können mit CNT/CB-Hybrid-Kompositen bessere Verarbeitungseigenschaften unter Erhalt einer - im Vergleich zu CNT-Kompositen mit gleichem Füllstoffgehalt - hohen Leitfähigkeit erreicht werden.

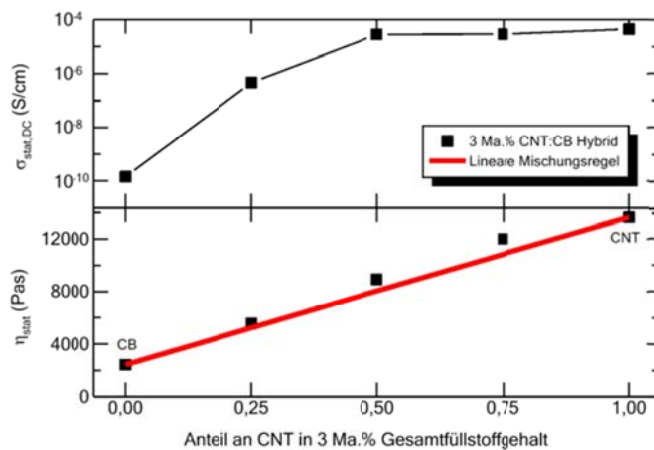


Abbildung 2: Vergleich der Gleichstromleitfähigkeit (DC) und der transienten Viskosität von Hybridsystemen mit unterschiedlichen Verhältnissen von CNT und Ruß (CB) bei einer konstanten Gesamtfüllstoffkonzentration von 3 Ma.% in Polycarbonat. Die Werte repräsentieren einen stationären Zustand bei einer Scherrate von 1 rad/s bei 230°C. Die rote Gerade in der unteren Abbildung entspricht der Vorhersage mit der linearen Mischungsregel.

Die Zugabe eines mineralischen Füllstoffs (Glasfasern, Glaskugeln, Wollastonit) zu einem elektrisch leitfähigen Füllstoff führt zu einer Steigerung der elektrischen Leitfähigkeit und des E-Moduls bei gleichem CB- bzw. CNT-Füllstoffgehalt. Die mineralischen Füllstoffe verbessern dabei die Dispergierung der primären CNT- bzw. CB-Agglomerate und führen dadurch zu einer Erhöhung der Leitfähigkeit.

In-line-Messungen der Leitfähigkeit während des Spritzgussvorgangs und Leitfähigkeitsmessungen am Bauteil zeigen für alle leitfähigen Komposite, dass die höchsten elektrischen Leitfähigkeiten bei hohen Schmelzetemperaturen und geringen Einspritzgeschwindigkeiten erzielt werden. Höhere Füllgrade führen dabei zu einer geringeren Abhängigkeit der Leitfähigkeit von den Verarbeitungsbedingungen.

Wie erwartet zeigen die CNT-Komposite stets die höchsten Leitfähigkeiten, wobei eine Substitution von 50% der CNT nur zu einer geringen Absenkung der Leitfähigkeit bei verbesserten Verarbeitungseigenschaften führt. Dies ist im Einklang mit den Modelluntersuchungen. Alle gemischten Füllstoffsysteme mit mineralischen Füllstoffen zeigen eine Modulerhöhung bei verringerter Bruchdehnung. Bei zwei leitfähigen Füllstoffen bleibt der Elastizitätsmodul in der Größenordnung des Matrixmaterials, wobei die Bruchdehnung der CNT/CB-Hybride höher als die reiner CNT- Komposite ist.

Kontakt: Priv.-Doz. Dr. Ingo Alig, Tel.: +49 6151 8659; ingo.alig@lbf.fraunhofer.de
Dr. Dirk Lellinger, Tel.: +49 6151 705-8667; dirk.lellinger@lbf.fraunhofer.de
Dr. Petra Pötschke, Tel.: +49 351 4658 395; poe@ipfdd.de

Danksagung und Bestellhinweis

Das IGF-Vorhaben 336 ZBG der Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V. (FGK, Schlossgartenstraße 6, 64289 Darmstadt) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung.

Die gesamten Forschungsergebnisse können einem umfangreichen Forschungsbericht entnommen werden, der zum Selbstkostenpreis beim Fraunhofer LBF bestellt werden kann. Die Rechnung wird mit dem Bericht zugeschickt.
