

NEUE STRATEGIEN ZUR REDUZIERUNG DES FÜLLSTOFFGEHALTS WÄRMELEITENDER KUNSTSTOFFCOMPOUNDS

Laufzeit: 01.01.2018 – 31.03.2021
Vorhaben: BMWi IGF 19502N (HEATCOP)

Forschungsvereinigung:

Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.v.
Haardtring 100
64295 Darmstadt

Forschungseinrichtung:

Fraunhofer Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
Bereich Kunststoffe
Schlossgartenstraße 6
64289 Darmstadt

AUSGANGSSITUATION

Die Werkstoffklasse der Kunststoffe besitzt eine außergewöhnliche Breite attraktiver und einzigartiger Eigenschaften. Allerdings begrenzt die geringe thermische Leitfähigkeit der Polymere ihren Einsatz in Anwendungen, bei denen Wärme übertragen werden muss. Beispiele für derartige Anwendungen finden sich im Wärmemanagement von Energiespeichern und Energiewandlern, bei elektronischen Bauteilen oder in der Beleuchtungstechnik. Gerade in solchen Anwendungen wird häufig zusätzlich gefordert, dass die Wärmeleitfähigkeit mit elektrischer Isolation einhergeht. Die hierzu eingesetzten Kunststoffe erreichen ihre Wärmeleitfähigkeit nur durch Zugabe großer Mengen (bis zu 80 Gew.%) wärmeleitfähiger Füllstoffe. Dies führt dazu, dass in Abhängigkeit des verwendeten funktionalen Füllstoffes andere kunststofftypischen Eigenschaften beeinflusst werden. So werden beispielsweise die mechanischen Eigenschaften (z.B. Schlagzähigkeit) durch die Füllstoffe verringert oder die Fließfähigkeit der Schmelze deutlich erniedrigt. Dadurch sind dünne Wandstärken oder lange Fließwege oft nicht oder nur in Kombination mit schlechter Bauteilqualität und mechanisch unzureichenden Eigenschaften zu realisieren.

PROJEKTZIEL

Aus diesem Zusammenhang heraus wird klar, dass für eine signifikante Steigerung der Marktanteile dieser Materialklasse ein weiterer Entwicklungsbedarf besteht. Der Fokus muss hier auf elektrisch isolierenden, wärmeleitfähigen, weniger spröden, besser fließfähigen und vergleichsweise kostengünstigen Compounds liegen. Für viele Anwendungen wärmeleitfähiger Kunststoffe sind die aktuell erzielbaren Wärmeleitfähigkeiten von Compounds prinzipiell ausreichend. Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens »HEATCOP« liegt damit auf der Reduzierung des Füllstoffgehalts bzw. Verbesserung kunststofftypischer Eigenschaften (wie Schlagzähigkeit, Fließfähigkeit, etc.) und nicht auf einer weiteren Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit.

LÖSUNGSWEG

Das Vorhaben »HEATCOP« untersucht daher Strategien zur Reduktion des Füllstoffgehaltes bzw. zur Verbesserung der kunststofftypischen Eigenschaften an ausgewählten Modellsystemen am Beispiel von Polymerblends. Randbedingung dabei ist, dass Herstellung und Verarbeitung an einem kontinuierlich arbeitenden Doppelschnecken-Extruder durchgeführt werden sollen. Durch selektive Lokalisation des Füllstoffes auf eine polymere Blendkomponente oder Zwischenphase wird angestrebt, sodass während der Verarbeitung der Füllstoff in einer Polymerphase angelagert wird und die andere Phase möglichst wenig Füllstoff enthält. Die Wärmeleitfähigkeit der gefüllten Phase soll dadurch maximiert und die vergleichsweise geringere Wärmeleitfähigkeit der ungefüllten Phase ausgeglichen werden. Ein Verlust an mechanischen und anderen polymertypischen Eigenschaften im Blend soll durch eine entsprechende Wahl der Blendkomponenten ausgeglichen werden. Konkret wird ein Modellsystem auf Basis von Polyamid (PA6), High-Density-Polyethylen (HDPE) und ausgewählten anorganischen Füllstoffen (z.B. Zinkoxid (ZnO), Alumosilikate, Bornitrid) umfassend untersucht. Daraus werden Struktur-Eigenschafts-Beziehungen abgeleitet und Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung und Optimierung wärmeleitender Blends ausgesprochen.

ERZIELTE ERGEBNISSE

Im ausgewählten Modellsystem aus PA6 und HDPE mit unterschiedlichen Funktionsfüllstoffen wurden material- und prozessseitige Einflüsse und Wechselwirkungen hinsichtlich der Abhängigkeit von der Zusammensetzung und Prozessführung in Bezug auf die Blendmorphologie, Füllstoffverteilung und die resultierenden Eigenschaften (Wärmeleitfähigkeit, mechanische und rheologische Eigenschaften) ermittelt. Es wurden systematisch stoffliche Größen untersucht, darunter unterschiedlich viskose HDPE- bzw. PA6-Typen in ZnO-haltigen Compounds. Auch wurden unterschiedliche Compoundierverfahren untersucht: Zum einen wurden in einem kontinuierlichen einstufigen Prozess, zum anderen mit einem Masterbatch-Verfahren gearbeitet. Bei Letzterem wurde einer sehr hoch gefüllten ZnO-PA6-Masterbatch-Schmelze downstream HDPE, zusammen mit Prozessadditiven und unterschiedlichen Kompatibilisatoren, zugegeben. Intention hierbei war es, die Verweilzeit des PE möglichst gering zu halten, um eine kinetische Kontrolle der selektiven Lokalisation zu erreichen. Weiter wurde der Einfluss der Oberflächenmodifikation der Füllstoffe, die Art und der Gehalt der Füllstoffe sowie des Kompatibilisators in Hinblick auf die Morphologie und Wärmeleitfähigkeit der Compounds untersucht. Während sich Unterschiede in der Polymerphasenmorphologie abzeichneten, lag die Wärmeleitfähigkeit aller untersuchten Compounds, in Abhängigkeit des Füllstoffgehalts und der genauen Blendzusammensetzung, im Bereich von ca. 0.6 – 1.1 W/mK. Um die Verteilung der Füllstoffe in Bezug auf die beiden Polymerphasen simultan bewerten zu können, wurde eine Methode entwickelt, um mittels RAMAN-Mikroskopie ein Mapping der einzelnen Phasen (PA6, HDPE, ZnO) durchführen zu können. Mit dieser Methode wurden an spritzgegossenen Prüfkörpern sowohl Wiederholungsmessungen an

unterschiedlichen Probenorten ausgeführt als auch unterschiedliche Zusammensetzungen vergleichend analysiert. Dabei zeigten sich zwei wesentliche Punkte: In der erfassbaren Größenordnung des Mappings konnte für keine der untersuchten Formulierungen oder Prozessbedingungen eine selektive Lokalisation auf eine der beiden Polymerphasen nachgewiesen werden. Vielmehr zeigte sich im Mittel mehrerer untersuchten Proben pro Prüfkörper eine gewisse Schwankungsbreite, die darauf schließen lässt, dass es lokale Unterschiede in der Füllstoff-/Polymerphasenverteilung gibt. Diese sind jedoch im Wesentlichen statistisch verteilt, so dass unter den untersuchten Bedingungen und im betrachteten System nicht von einer Anreicherung des Füllstoffs auf eine Polymerphase gesprochen werden kann. Dies wiederum erklärt die beobachteten, geringen Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit für Proben der gleichen Formulierung ($< 0.1 \text{ W/mK}$). Insgesamt ist davon auszugehen, dass unterschiedliche Domänengrößen der beiden Polymere und lokale Anreicherungen teils auch bevorzugt in einer der betrachteten Polymerphasen existieren. Bezogen auf das betrachtete ZnO-gefüllte Modellsystem aus den beiden teilkristallinen Blendkomponenten PA6 und HDPE mitteln sich die Effekte aus und eine Auswirkung auf die makroskopische Wärmeleitfähigkeit konnte nicht gefunden werden.

Auch wenn eine selektive Lokalisation und eine daraus erhöhte Wärmeleitfähigkeit unter den Prozessbedingungen in den untersuchten Modellsystemen nicht gefunden wurde, konnte das zentrale Ziel des Vorhabens erreicht werden: Durch den Blend-Ansatz konnte nämlich gezeigt werden, dass bei vergleichbarer Wärmeleitfähigkeit beispielsweise mechanische oder Verarbeitungseigenschaften deutlich verbessert werden können. Die Schlagzähigkeit (Charpy) wurde gegenüber einem marktüblichen Compound auf Basis von PA6 deutlich verbessert (58 kJ/m^2 gegenüber 30 kJ/m^2). Im Spiraltest konnte außerdem gezeigt werden, dass die Fließlänge des im Projekt entwickelten Compounds gegenüber dem Vergleichscompound aus PA6 etwa verdoppelt werden konnte (45 cm gegenüber 23 cm). Gerade die Fließfähigkeit und die mechanischen Eigenschaften sind in vielen Anwendungsfällen solcher wärmeleitender Compounds entscheidend für die praktische Anwendung. Damit stehen Werkstoffentwicklern und Compoundeuren Möglichkeiten zur Verfügung, durch den Einsatz wärmeleitender Polymerblends ihr Produktspektrum nach den jeweilig gewünschten Anforderungen maßzuschneidern. Im Speziellen betrifft dies Blends auf Basis zweier teilkristalliner Blendkomponenten (z.B. PA6/HDPE). Mit dem Konzept der wärmeleitfähigen Blends, auch unter Einbezug alternativer (z.B. PBT, PPS, PPO) oder amorpher (z.B. PC) Blendpartner stellt ein attraktives und ausbaufähiges Themenfeld dar. Mit der hier entwickelten RAMAN-mikroskopischen Methode ist außerdem die Basis für die weitere wissenschaftliche Aufklärung solcher Blends geschaffen.

ANSPRECHPARTNER:

Dr. Frank Schönberger

Tel. +49 6151 705 8705

frank.schoenberger@lbf.fraunhofer.de

Shilpa Khare

Tel. +49 6151 705 8739

shilpa.khare@lbf.fraunhofer.de

DANKSAGUNG

Das IGF-Vorhaben 19502N zum Thema „Neue Strategien zur Reduzierung des Füllstoffgehalts wärmeleitender Kunststoffcompounds“ der Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V. (FGK) wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.



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

Für diese Förderung sei gedankt.

Ebenso gilt der Dank der Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V.



Weiterhin danken wir den im projektbegleitenden Ausschuss vertretenen Unternehmen für ihre fachliche Unterstützung.