

Flammschutz von Kunststofffasern

Intrinsisch flammgeschütztes Polyamid

Für den Einsatz als Textilien müssen Polyamidfasern ausreichend flammgeschützt sein. Halogenhaltige Flammenschutzmittel und die Beschichtung der Fasern sind weit verbreitet, weisen jedoch einige gravierende Nachteile auf. Eine interessante Alternative stellen inhärent flammgeschützte Polymere dar, die zusammen mit Polyamid zu Blends verarbeitet werden und anschließend zu Fasern gesponnen.

Fasern aus Polyamid (PA) bilden mit einem jährlichen Produktionsvolumen von rund 5,4 Mio. t und einem Marktanteil von 5 % am globalen Fasermarkt die zweitgrößte Gruppe synthetischer Fasern [1]. Die Anwendungsgebiete für PA-Fasern reichen dabei von Heimtextilien über Zahnbürsten bis hin zu Airbags. Ein wesentlicher Nachteil von PA ist allerdings seine geringe Feuerbeständigkeit, die den Einsatz ohne eine zusätzliche Ausrüstung mit Flammenschutzmitteln (FSM) in vielen Bereichen verhindert [2].

FSM schützen das additivierte Polymer mittels unterschiedlicher Wirkmechanismen. Beispielsweise können sie die Bildung von reaktiven Radikalen hemmen, die beim Verbrennungsprozess des Kunststoffs entstehen würden. Andere FSM bilden eine Schutzschicht an der Oberfläche des Polymers zur Abschirmung von Sauerstoff oder kühlen das Material durch die Verdunstung von freigesetztem Wasser [3].

In der Vergangenheit wurden vorrangig halogenhaltige FSM wie beispielsweise Decabromdiphenylether (DecaBDE) verwendet. Durch ihre potenziell umweltschädlichen und toxischen Eigenschaften ist der Einsatz von halogenierten FSM jedoch umstritten. Zudem liegt DecaBDE, wie auch viele halogenfreie FSM, als unlöslicher Füllstoff in der Polymermatrix vor. Das beeinflusst die mechanischen Eigenschaften der Fasern negativ und führt im Spinnprozess zu Filamentabbrissen und kurzen Düsenstandzeiten [2,4].

Vermieden werden kann dieses Problem durch die Beschichtung der Oberfläche der textilen Strukturen mit dem FSM [2]. Aus ökonomischer Sicht ist das jedoch von Nachteil, da dafür ein weiterer Produktionsschritt notwendig ist. Zudem sind diese Oberflächenbeschichtungen nur begrenzt beständig und werden beim Waschen der Textilien abgetragen. Neben der Minderung der flammhemmenden

Wirkung ist das vor allem bei halogenhaltigen FSM auch deshalb problematisch, da diese über das Abwasser in die Umwelt gelangen können [5].

In den vergangenen Jahren gab es zwar vermehrt Bestrebungen zur Entwicklung von FSM, die sowohl mit PA6 als auch mit PA66 gemeinsam aufgeschmolzen und somit in die Polymermatrix integriert werden können. Bisher existiert jedoch auf

dem Markt kein Produkt, das variabel für verschiedene PA, insbesondere reines PA6 oder PA66, geeignet ist. An diesem Punkt setzt eine gemeinsame Entwicklung des Fraunhofer Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF) in Darmstadt und des Instituts für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen an. Die beiden Institute haben zwei phosphor-basierte Polymere entworfen, die als FSM fun-

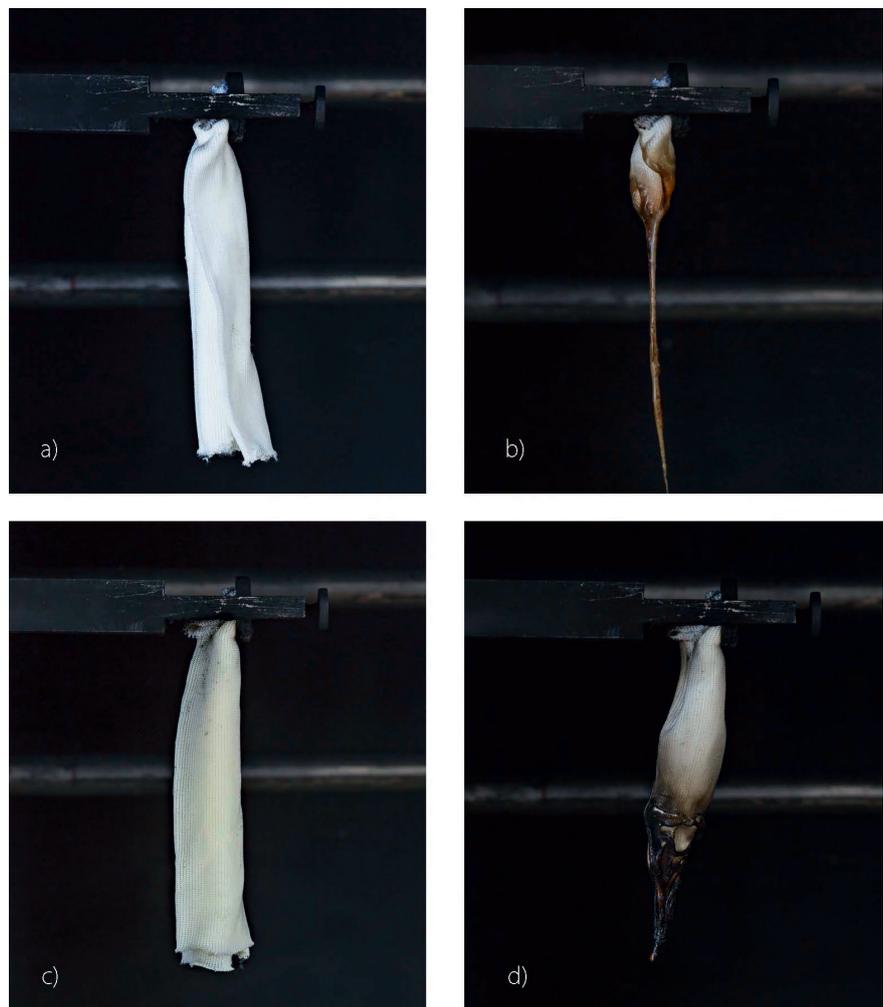


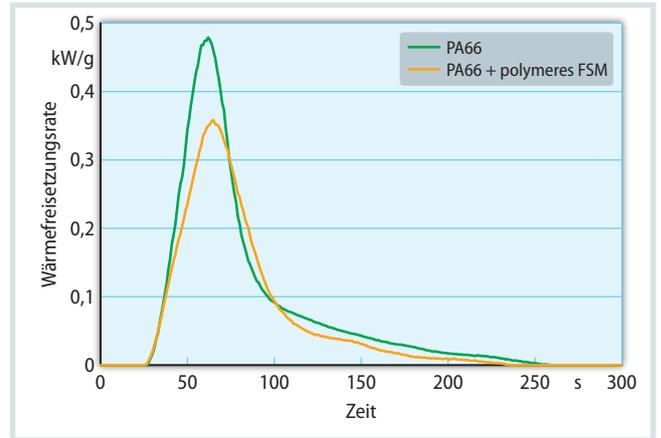
Bild 1. Gestrück aus unbehandeltem PA66 a) vor b) und nach der Brandprüfung, sowie Gestrück aus intrinsisch flammgeschütztem PA66 c) vor und d) nach der Brandprüfung: Die Wirkung des Flammenschutzmittels ist gut zu erkennen. © Fraunhofer LBF

gieren und sich in die Fasermatrix einbetten lassen. Dadurch können ohne einen zusätzlichen Beschichtungsschritt oder Minderung der mechanischen Eigenschaften inhärent flammgeschützte PA-Fasern und -Textilien produziert werden.

Die Polymere basieren auf phosphorhaltigen Derivaten, die als Substituent in thermoplastischen Polymeren vorliegen. Durch Variation von strukturellen Parametern, wie zum Beispiel der molaren Masse, können die Schmelzspinneneigenschaften der FSM gezielt an die Eigenschaften der verwendeten PA angepasst werden. Die am Fraunhofer LBF synthetisierten FSM wurden am ITA mit einem Doppelschneckenextruder mit PA66 compounding und auf diese Weise Polymerblends mit

Bild 2. Wärmefreisetzungskurven von fünflagigen Gestriicken aus PA66 und mit polymerem FSM geschütztem PA66:
Die verringerte Wärmefreisetzung ist ein guter Indikator für die FlammSchutzwirkung des FSM.

Quelle: Fraunhofer LBF;
Grafik: © Hanser



jeweils 10 Gew.-% polymerem, phosphorhaltigem FSM hergestellt. Diese wurden in einem Schmelzspinnprozess zu Multifilamentgarnen weiterverarbeitet. Anschließend wurden daraus in einem Rundstrickprozess Gestricke hergestellt.

Partikuläre FSM stören die Orientierung der Polymerketten während der Verstreckung der Fasern. Die vom Fraunhofer LBF synthetisierten FSM liegen hingegen in den PA-Fasern als polymere Blendkomponente vor. Beim Verstrecken der Fasern werden somit sowohl die Polymerketten des PA als auch die des FSM in Verstreckungsrichtung orientiert, was für hohe Festigkeiten ausschlaggebend ist [2,6]. Die mechanischen Eigenschaften der mit FSM additivierten Fasern sind vergleichbar mit jenen von reinen PA66-Fasern, die unter den gleichen Bedingungen produziert wurden. Die hohe Bruchdehnung der im Pilotmaßstab entwickelten Garne zeigt, dass mit einer deutlichen Festigkeitssteigerung durch eine mehrstufige Nachverstreckung im industriellen Maßstab zu rechnen ist. Der Einsatz der Garne in technischen Anwendungen ist somit mit hoher Wahrscheinlichkeit möglich.

Vermindertes Tropfverhalten

Die FlammSchutzwirkung wurde anhand von spritzgegossenen Prüfstäben aus reinem PA66 und aus dem flammgeschützten PA66 in Anlehnung an UL94-V untersucht. Erwartungsgemäß zeigte das reine PA66 eine starke Neigung zum brennenden Abtropfen. Die Flammen lösen sich dadurch vom Prüfkörper und breiten sich somit nicht über den gesamten Prüfkörper aus. Das flammgeschützte PA66 zeigte ein erheblich vermindertes Tropf-

verhalten in Verbindung mit der Ausbildung einer Kohleschicht, die den Prüfstab vor einer weiteren Entzündung schützt.

FlammSchutz erfolgreich demonstriert

Aus Prüfungen an spritzgegossenen Probekörpern lassen sich keine genauen Rückschlüsse auf das Brandverhalten der Textilien ziehen, da deren Oberfläche im Vergleich sehr viel größer ist. Aus diesem Grund wurden auch Gestricke aus reinem PA66 und dem flammgeschützten PA66 betrachtet. Beide Gestricke wurden in Anlehnung an UL94-V untersucht. Das Gestrück aus reinem PA66 zeigt ebenfalls eine starke Neigung zum brennenden Abtropfen. Im Gegensatz zum Prüfstab entzündet sich jedoch das gesamte Gestrück und brennt vollständig ab. Das Gestrück aus flammgeschütztem PA66 zeigt ein deutlich verringertes Tropfverhalten als das reine PA66-Gestrück. Darüber hinaus bildet sich auf dem flammgeschützten Gestrück eine Kohleschicht, die das Textil vor weiterer Entzündung schützt (Bild 1).

Zusätzlich zeigen Untersuchungen mittels Cone Calorimeter, dass das flammgeschützte Gestrück eine Absenkung der pHRR (peak heat release rate) gegenüber dem reinen Gestrück aufweist (Bild 2). Die Tests verdeutlichten die FlammSchutzwirkung des polymeren FSM im Textil. Die FlammSchutzwirkung wurde unter Wahrung der Textileigenschaften erreicht.

Im nächsten Schritt soll das Upscaling der FSM-Synthese und die Prozessoptimierung im Hinblick auf hochfeste, technische Garne untersucht werden. Gemeinsam mit einer Analyse des Marktpotenzials soll die industrielle Umsetzung der intrinsisch flammgeschützten PA ermöglicht werden. Der Projektstart ist für 2023 geplant. ■

Info

Text

Felix Krooß befasst sich seit Februar 2020 mit der Entwicklung von additivierten Polymerfasern am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA); felix.krooss@ita.rwth-aachen.de

Martin Pelzer ist seit knapp fünf Jahren im Schmelzspinnbereich des ITA tätig.

Kabelan Thavayogarahaj beschäftigt sich seit 2019 mit der Entwicklung von polymeren FlammSchutzmitteln für die Additivierung von Polyamidfasern am Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF).

Lais Weber arbeitete zwischen 2017 und 2021 an der Entwicklung von FlammSchutzmitteln auf Basis von Phosphor-Stickstoff-Verbindungen im Bereich der Polymersynthese am Fraunhofer LBF.

Roland Klein leitet seit 2012 die Gruppe „Grenzflächen und Polymerarchitekturen“ am Fraunhofer LBF;

roland.klein@lbf.fraunhofer.de

Prof. Thomas Gries leitet seit 2001 das ITA.

Dank

Das IGF-Vorhaben 20575 N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert. Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung.

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

www.kunststoffe.de/onlinearchiv