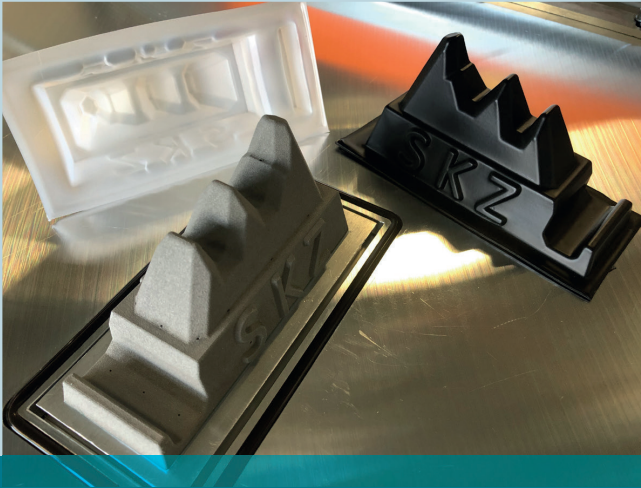


FORSCHUNGSBERICHT



TECMAT

Thermal & Electrical Conductive Fibre and Plastic Materials

Michael Bosse, Claudia Seidel, Simon Kemmerling, Christof Hübner,
Johannes Rudloff, Thomas Hochrein, Martin Bastian

SKZ – Forschung und Entwicklung

SKZ - Das Kunststoff-Zentrum (Hrsg.)

TECMAT

Thermisch und elektrisch leitfähige Thermoplastcompounds
für Faser- und Kunststoffanwendungen

Shaker Verlag
Düren 2023

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Die Autoren:

Dr.-Ing. Michael Bosse
M.Sc. Claudia Seidel*
M.Sc. Simon Kemmerling*
Dr.-Ing. Christof Hübner*
Dr.-Ing. Johannes Rudloff
Dr. Benjamin Baudrit
Dr. rer. nat. Thomas Hochrein
Prof. Dr.-Ing. Martin Bastian

(* Fraunhofer ICT Pfinztal)

Copyright Shaker Verlag 2023

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-9231-8

ISSN 2364-754X

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren
Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Danksagung

Das Vorhaben 275EN der Forschungsvereinigung FSKZ e.V. wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF-CORNET) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Forschungseinrichtung SKZ - KFE gGmbH dankt dem BMWK und der AiF für die Förderung sowie der Forschungsvereinigung und den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses für die Unterstützung bei der Durchführung des Forschungsvorhabens.

Kurzfassung

Durch Füllstoffe funktionalisierte Thermoplastcompounds können Vorteile der Materialien „Konstruktions-Metalle“ und „Engineering-Kunststoffe“ vereinen. Diese Compounds erreichen thermische und/oder elektrische Leitfähigkeiten, die bei passender Konstruktion erhebliche Vorteile bieten und in Anwendungen bereits etabliert sind (z.B. Wärmetauscher, Entsalzung oder Wärmerückgewinnung bei Galvanik-Bädern, Kühlkörper in Elektronikanwendungen oder stromführende Schichten in Batterien). Die Einsatzgebiete sind umfangreicher als bisher prozessicher, dauerhaft und stabil erreichbar. Einer der Hauptgründe ist die thermoplastische Verarbeitung und die Fließfähigkeit von hochgefüllten Compounds. Je nach Art des Füllstoffs erreicht die Fließfähigkeit eine Grenze: entweder eingeschränkte Fließwege, keine robuste Verarbeitung oder zu große Hürden beim KMU-Anwender (technisch, wirtschaftlich oder Know-how). Diese Faktoren behindern oft die Umsetzung von innovativen Produkten, bei denen die Machbarkeit erreicht scheint. Im Projekt TECMAT sollen durch die gezielte Fokussierung auf das Fließverhalten von leitfähigen Thermoplastcompounds diejenigen Verarbeitungswege ermöglicht werden, die bisher praktisch nicht machbar sind: Schmelz-Faserspinnen, Thermoformen und Dünnwandspitzgießen. Ermöglicht wird dies durch den sog. „Koaleszenz-Ansatz“, bei dem ein hochgefülltes Polymer-Compound mit einem zweiten, ungefüllten und „nicht-kompatiblen“ Polymer über die Schmelze angewendet wird. Während der Verarbeitung entsteht ein leitfähiges Compound-Netzwerk, das fließtechnisch „getragen“ wird von der ungefüllten Komponente. Die Machbarkeit dieses Ansatzes wurde im Labormaßstab bereits nachgewiesen. In TECMAT werden Polymere und Füllstoffe in ihrer Konstitution und Konfirmation betrachtet, wie auch die Prozesse der Compoundherstellung. Es zeigte sich, dass beim Spritzgießen weiterer Forschungsbedarf für den Koaleszenzansatz besteht, während beim Thermoformen spezifische Teilerfolge erzielt wurden. Die Ergebnisse zum Schmelzspinnen werden vom belgischen Projektpartner dargestellt.

Abstract

Thermoplastic compounds functionalized by fillers can combine advantages of the materials "engineering metals" and "engineering plastics". These compounds achieve thermal and/or electrical conductivities which, with suitable design, offer considerable advantages and are already established in applications (e.g. heat exchangers, desalination or heat recovery in electroplating baths, heat sinks in electronics applications or current-carrying layers in batteries). The areas of application are more extensive than before and can be achieved in a process-safe, durable and stable manner. One of the main reasons is the thermoplastic processing and flowability of highly filled compounds. Depending on the type of filler, flowability reaches a limit: either restricted flow paths, no robust processing, or too many hurdles for the SME user (technical, economic or know-how). These factors often hinder the implementation of innovative products where feasibility seems to have been reached. In the TECMAT project, by focusing specifically on the flow behavior of conductive thermoplastic compounds, the aim is to enable those processing routes that have not been practically feasible to date: Melt-fiber spinning, thermoforming and thin-wall injection molding. This is made possible by the so-called "coalescence approach," in which a highly filled polymer compound is applied over the melt with a second, unfilled and "non-compatible" polymer. During processing, a conductive compound network is formed that is flow "supported" by the unfilled component. The feasibility of this approach has already been demonstrated on a laboratory scale. In TECMAT, polymers and fillers are considered in terms of their constitution and confirmation, as are the compounding processes. It was found that in injection molding there is a need for further research into the coalescence approach, while specific partial successes have been achieved in thermoforming. The results on melt spinning are presented by the Belgian project partner.

1	Projektsteckbrief	1
2	Einleitung.....	3
2.1	Anlass für das Forschungsvorhaben	3
2.2	Problemstellung	3
2.3	Zielsetzung.....	5
3	Stand der Technik	7
3.1	Elektrisch leitfähige Kunststoff-Compounds.....	7
3.2	Füllstoffe.....	10
3.3	Filamente und Garne.....	12
3.4	Mischungen von Polymeren	13
4	Zielsetzung, Arbeitshypothese, Lösungswege und angestrebte Ergebnisse	16
4.1	Zusammengefasste Zielsetzung	16
4.2	Arbeitshypothese und Lösungsweg	16
4.3	Geplante, spezifische Ergebnisse.....	18
5	Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse.....	20
5.1	AP1: Auswahl von Kunststoffen und funktionalen Füllstoffen.....	20
5.2	AP2: Compoundierung leitfähiger Multiphasensysteme.....	23
5.2.1	Compoundierung im 18 mm Doppelschneckenextruder	23
5.2.2	Mischungen vorproduzierter Systeme im Einschneckenextruder	26
5.2.3	Compoundierung im 26 mm Doppelschneckenextruder.....	27
5.2.4	Charakterisierung und Evaluation der Compounds.....	29
5.3	AP3: Schmelzspinnen elektrisch leitfähiger Filamente	43
5.4	AP4: Herstellung und Analyse von Versuchsbauteilen.....	44
5.4.1	Spritzgießen dünnwandiger Strukturen	44
5.4.2	Spritzgießen der Compounds	46
5.4.3	Folienextrusion und Thermoformen.....	53
5.4.4	Charakterisierung und Evaluation der Thermoform-Bauteile.....	59
5.4.5	Erweiterte Screeningversuche	62
5.4.6	Herstellung von Demonstratoren.....	65
5.5	Benchmarking und Betrachtung der Ökonomie	66
5.6	Dissemination und Management des geistigen Eigentums.....	69
6	Fazit und Ergebnisbewertung	70
7	Zusammenfassung	72
8	Literaturverzeichnis	74
9	Anhang.....	77
10	Stichwortverzeichnis.....	83