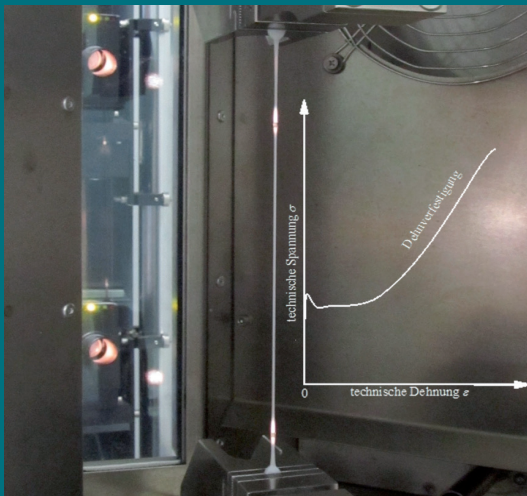


Charakterisierung der Spannungsrissbeständigkeit von Thermoplasten



Entwicklung eines schnellen Prüfverfahrens

Britta Gerets, Kurt Engelsing, Thomas Hochrein, Martin Bastian

SKZ – Das Kunststoff-Zentrum (Herausgeber)

Charakterisierung der Spannungsrißbeständig- keit von Thermoplasten

Entwicklung eines schnellen Prüfverfahrens

1.Auflage

SKZ – Forschung und Entwicklung

SKZ - Das Kunststoff-Zentrum (Hrsg.)

**Charakterisierung der Spannungsrissbeständigkeit
von Thermoplasten**

Entwicklung eines schnellen Prüfverfahrens

Shaker Verlag
Düren 2019

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.

Autoren:

Britta Gerets
Dr.-Ing. Kurt Engelsing
Dr. Thomas Hochrein
Prof. Dr.-Ing. Martin Bastian

Copyright Shaker Verlag 2019

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6754-5

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 IGF-Vorhaben 18649 N der Forschungsvereinigung FSKZ e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

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

Die Ergebnisse wurden im Wesentlichen von Frau Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Britta Gerets erarbeitet und sind zum Teil Inhalt ihres Promotionsvorhabens an der RWTH Aachen (Betreuer: Herr Prof. em. Dr.-Ing. Edmund Haberstroh). Allen weiteren beteiligten SKZ Wissenschaftlern, den Mitarbeitern der SKZ Labore und Technika sowie den studentischen Mitarbeitern, die zum Gelingen beigetragen haben, sei ebenfalls für ihr Engagement gedankt.

Kurzfassung

Werkstoffe mit guter Spannungsrissbeständigkeit sind besonders für langlebige Anwendungen interessant und können mit verfügbaren Prüfmethoden innerhalb vertretbarer Prüfzeiten nicht mehr quantitativ charakterisiert werden. Ziel des Forschungsvorhabens war daher die (Weiter)Entwicklung einer Prüfmethodik, welche auf Basis des Spannungs-Dehnungs-Verhaltens eine schnelle Charakterisierung der Spannungsrissbeständigkeit von thermoplastischen Werkstoffen ermöglicht.

Dazu wurde der von Polyethylen bekannte Ansatz, dass die Spannungsrissbeständigkeit im Wesentlichen durch Entschlaufungsvorgänge determiniert ist und durch eine Betrachtung des Dehnverfestigungsverhaltens in Zugversuchen charakterisiert werden kann, systematisch für weitere Thermoplaste untersucht. Für die langzeitanwendungsrelevanten Werkstoffe Polypropylen, Polybuten-1, Polyamid 12 und Polyvinylchlorid wurden Probekörper sowie deren Herstellung und Vorbehandlung eruiert. Die systematische Evaluierung der Einflüsse von Prüftemperatur und Prüfgeschwindigkeit ermöglichte die Festlegung werkstoffspezifischer Prüfparameter sowie die Definition eines universell anwendbaren Auswertalgorithmus. Auf Basis von Referenzdaten sowie molekularer und morphologischer Charakteristika erfolgte eine Validierung und Bewertung der Aussagefähigkeit der abgeleiteten Kenngrößen sowie Prüfung der Reproduzierbarkeit.

Die Forschungsergebnisse können sowohl bei der Material-/Produktentwicklung und -optimierung bzgl. der Spannungsrissbeständigkeit genutzt werden, als auch im Bereich der Qualitätsüberwachung und -prüfung zu wesentlichen Verbesserungen führen.

Abstract

Materials offering a good stress crack resistance are of special interest in long term applications, but cannot be characterized quantitatively using available test methods within reasonable test times. Therefore, the development of a test method basing on the stress-strain-behavior was the aim of the research project, allowing a fast characterization of thermoplastics.

The idea of disentanglement processes determining the polymers resistance against stress cracking and the consideration thereof by the materials behavior in tensile tests, known from Polyethylene, were systematically evaluated for other thermoplastics. For Polypropylene, Polybutene-1, Polyamide and Polyvinylchloride materials often used in long term applications specimen geometry and sample preparation were examined. Due to a systematic analysis of test temperature and test speed influences, material specific test parameters as well as a universal evaluation algorithm could be defined. On the basis of reference data as well as molecular and morphological characteristics results were validated and reproducibility checked.

The results of the research project can be used for material/product development and optimizations regarding the materials stress crack resistance. They can also lead to additional benefits in quality monitoring and testing.

1	Einleitung.....	1
1.1	Anlass für das Forschungsvorhaben	1
1.2	Problemstellung	2
1.3	Zielsetzung.....	2
2	Stand der Technik.....	3
2.1	Begriff der Spannungsrissbeständigkeit	3
2.2	Experimentelle Bestimmung der Spannungsrissbeständigkeit	5
2.3	Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Thermoplasten	7
2.4	Ansätze zur Nutzung des Spannungs-Dehnungs-Verhaltens bei der Bewertung der Spannungsrissbeständigkeit	9
2.5	Spannungsrissbeständigkeit und Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Thermoplasten für langlebige Anwendungen	11
3	Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels	12
4	Durchgeführte Arbeiten	13
4.1	Materialauswahl.....	13
4.1.1	Polyolefine.....	13
4.1.2	Weitere teilkristalline Thermoplaste	14
4.1.3	Amorphe Thermoplaste	14
4.2	Materialgrundcharakterisierung.....	15
4.2.1	Dynamische Differenzkalorimetrie	15
4.2.2	Dynamisch-mechanisch-thermische Analyse.....	16
4.3	Probekörperherstellung.....	17
4.4	Prüfmethodikentwicklung.....	19
4.4.1	Untersuchung prüfseitiger Einflussfaktoren.....	19
4.4.2	Entwicklung des Auswertalgorithmus zur Ableitung charakteristischer Kenngrößen	21
4.4.3	Untersuchung der Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse.....	21
4.5	Ermittlung der Spannungsrissbeständigkeit mittels konventioneller Prüfmethoden	22
4.6	Vergleich, Bewertung und Validierung der entwickelten Prüfmethodik	23
5	Darstellung und Diskussion der Ergebnisse.....	24
5.1	Materialgrundcharakterisierung.....	24
5.1.1	Kristallinität und Morphologie	24
5.1.2	Übergangstemperaturen.....	28

5.2	Prüfmethodikentwicklung	31
5.2.1	Entwicklung eines geeigneten Auswertealgorithmus sowie Ableitung sinnvoller Kenngrößen.....	31
5.2.2	Einfluss der Prüftemperatur und -geschwindigkeit.....	33
5.2.3	Einfluss des Tempers	54
5.2.4	Einfluss der Probekörperdicke.....	59
5.2.5	Einfluss der Probekörpergeometrie.....	61
5.2.6	Reproduzierbarkeit der Ergebnisse	63
5.3	Spannungsrißbeständigkeit in beschleunigten Full-Notch Creep Tests.....	66
5.4	Bewertung der Aussagefähigkeit der Resultate der entwickelten Prüfmethodik	75
5.4.1	Korrelation mit Resultaten des beschleunigten Full-Notch Creep Tests	75
5.4.2	Korrelation mit molekularen und morphologischen Einflussgrößen	77
5.5	Ansätze zur Übertragbarkeit der entwickelten Prüfmethodik auf weitere Werkstoffe	83
6	Zusammenfassung und Ausblick	84
7	Literaturverzeichnis.....	85