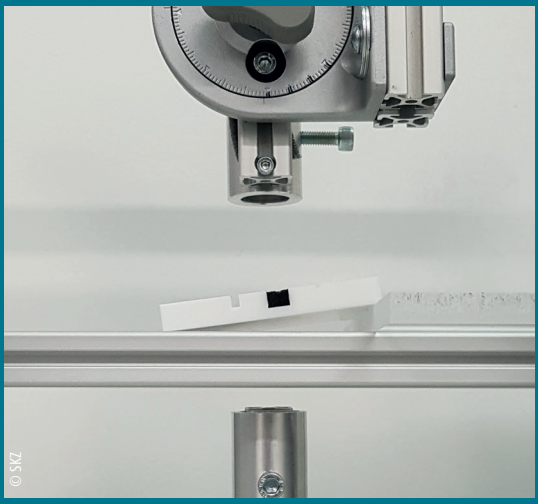
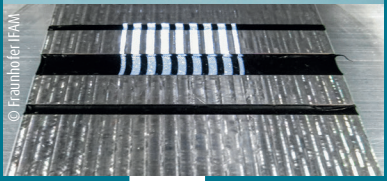
Das Kunststoff-Zentrum
Prüfung · Bildung · Forschung · Zertifizierung · Vernetzung

Zerstörungsfreie Qualitätssicherung an applizierten Dichtmassen


© SKZ

© SKZ


© Fraunhofer IFAM

Aushärte- und Schrumpfüberwachung mittels zerstörungsfreier Prüfmethoden

Daniel Hoffmann, Julian Heine, Marc Amkreutz, Mareike Schlag, Thomas Hochrein, Martin Bastian, Giovanni Schober

Bildung & Forschung

www.skz.de

SKZ – Das Kunststoff-Zentrum (Herausgeber)

Zerstörungsfreie Qualitätssicherung an applizierten Dichtmassen

Aushärte- und Schrumpfüberwachung mittels zerstörungsfreier Prüfmethoden

1. Auflage

SKZ – Forschung und Entwicklung

SKZ – Das Kunststoff-Zentrum (Hrsg.)

Zerstörungsfreie Qualitätssicherung an applizierten Dichtmassen

Aushärte- und Schrumpfüberwachung
mittels zerstörungsfreier Prüfmethoden

Shaker Verlag
Düren 2021

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:

Daniel Hoffmann
Julian Heine
Marc Amkreutz
Mareike Schlag
Thomas Hochrein
Martin Bastian
Giovanni Schober

Copyright Shaker Verlag 2021
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8372-9
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 20427 N der Forschungsvereinigung Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum e.V. (FSKZ) wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wir bedanken uns beim Fördermittelgeber für die finanzielle Unterstützung. Außerdem bedanken wir uns bei den Teilnehmern des projektbegleitenden Ausschusses für die hilfreichen Anregungen und wertvollen Diskussionen bei den Ausschusssitzungen. Darüber hinaus gilt unser Dank allen Unternehmen, die das Forschungsvorhaben durch Dienstleistungen, Materialspenden und Leihgaben unterstützt haben.

Kurzfassung

Dichtmassen werden heutzutage mit unterschiedlichen Funktionen in verschiedensten Industriezweigen eingesetzt. Die Auswahl und deren Nutzen sind dabei stark von der jeweiligen Anwendung abhängig. Die Ziele liegen häufig in der Abdichtung von Fugen oder Spalten, der Verbindung von Bauteilen oder der Isolation. Der Aushärtefortschritt bestimmt maßgeblich die mechanischen Eigenschaften sowie den Schrumpf, der sich z. B. auf den Strömungswiderstand des Spaltes auswirkt. Um eine ausreichende Aushärtung und damit die geforderte Funktionsfähigkeit des Bauteils zu gewährleisten, werden häufig Ressourcen wie Arbeitszeit und Produktionsflächen vorsichtshalber unnötig lange gebunden oder es findet eine zerstörende Prüfung an Prozessbegleitproben statt.

In diesem Forschungsprojekt wurden zerstörungsfreie Messtechniken für die Überwachung der Aushärte- und Schrumpfprozesse an applizierten Dichtmassen weiterentwickelt und systematisch untersucht, deren Einsatz perspektivisch eine Bestimmung des Aushärtefortschritt direkt im Prozess ermöglichen soll. Die berührungslosen und inlinefähigen Messtechniken Luftultraschall und Terahertz haben sich für die Überwachung der Aushärtung als geeignet erwiesen, während das ebenfalls prozessintegrierbare Streifenprojektionsverfahren zur Bestimmung des Schrumpfes erfolgreich eingesetzt werden konnte. Im Zuge der Untersuchungen standen insbesondere industrierelevante Einflussfaktoren wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie Handhabungseinflüsse der Messtechnik im Fokus.

Abstract

Nowadays sealing agents with various functionalities are used in almost all industrial branches. Sealant selection and its functions vary significantly from one use case to another. Common fields of application for sealants are for example the joining of component parts, gap sealing, and isolation of components as well as optimization of flow resistance. The polymer structure and its mechanical properties as well as the shrinkage depend on the curing state of the sealant. The shrinkage in turn strongly influences e.g. the flow resistance behaviour. Up to now, there is no non-destructive testing method available which allows a reliable in-line measurement of the curing state of the sealant. Therefore, unnecessary long curing times are chosen resulting in long blocking of resources (e. g. working time of employees, machines). Additionally, measurements on process accompanying samples take place in order to evaluate the curing state.

Within this research project the inline methods of air-coupled ultrasound and terahertz were developed to monitor the curing progress as well as the method of a structured light 3D-scanner to measure the shrinkage of sealants. All methods are contactless and non-destructive and were found to be suitable for the task as an inline control to monitor the curing process and shrinkage of sealants. During the investigations, industrially relevant influencing factors such as temperature and humidity as well as handling influences of the measurement technology were examined more closely.

Inhaltsverzeichnis

Projektsteckbrief ..... **III**

1 Einleitung **1**

2 Stand der Technik **3**

3 Methodenbeschreibung **5**

3.1 Streifenlichtprojektionsverfahren 5

3.2 Shore A-Härteprüfung 7

3.2.1 Shore A- und Micro-Shore A-Härteprüfung 9

3.3 Luftgekoppelter Ultraschall 10

3.4 Terahertz-Spektroskopie 11

4 Verwendete Materialien **12**

4.1 Dichtmassenauswahl 12

4.2 Definition der zu untersuchenden Probengeometrien und Materialien 14

5 Ergebnisse und Diskussion **15**

5.1 Schrumpfbestimmung mit Streifenlichtprojektionsverfahren 15

5.1.1 Erste Messungen – Anpassung der Messtechnik an Schrumpfbestimmung 15

5.1.2 Ergebnisse der Messungen 21

5.2 Schrumpfbestimmung mittels Pyknometer 26

5.3 Bestimmung der Shore A- & Micro Shore A-Härte 28

5.3.1 Bestimmung der Shore A-Härte 28

5.3.2 Bestimmung der Shore A-Härte mittels Micro Shore A-Messkopf 29

5.4 Überwachung der Aushärtung 33

5.4.1 Realisierung der Messaufbauten für Luftultraschall und Terahertz 33

5.4.2 Auswertung der Messsignale 36

5.4.3 Parameteranalyse bei Luftultraschall 38

5.4.4 Messungen in Transmissionsanordnung 43

5.4.5 Messungen bei einseitigem Bauteilzugang 66

5.5 Referenzmessungen mittels NMR 69

6 Korrelation von Schrumpf und Aushärtung 72

7 Zusammenfassung 77

8 Literaturverzeichnis 80

Projektsteckbrief

AiF/IGF-Projekt 20427 N:

„Effizienzsteigerung bei der Fugenabdichtung mittels Dichtmassen durch zerstörungsfreie Inline-Qualitätssicherung während der Aushärtung “

Dauer: 01.02.2019 – 31.01.2021

Unterstützt durch den projektbegleitenden Ausschuss:

- DELO Industrie Klebstoffe GmbH & Co KGaA
- BASF SE
- Airbus Operations GmbH
- as adhesive solutions e. K.
- EFTEC AG
- Bruker Bio Spin GmbH
- Chemetall GmbH
- Forschungszentrum Ultraschall gGmbH
- TriLitec GmbH

Forschungsnetzwerk Mittelstand

Fraunhofer IFAM

SKZ Mitglied der ZUSE-GEMEINSCHAFT

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages