

Verborgene Schichten sichtbar machen

Terahertz-Prüftechnik wird für Inline-Einsatz interessant

Besonders in der Automotive- und Flugzeugindustrie sind fehlerfreie Klebungen zwischen unterschiedlichen Materialschichten unabdingbar. Um diese Klebeschichten überprüfen zu können, werden zerstörungsfreie Prüfmethode wie die Terahertz-Technologie eingesetzt. Mittels Bildanalyse können in den dreidimensionalen Bildern Fehlstellen detektiert werden.

Robert Holzer und Regina Elmecker

Für die Untersuchung mittels Terahertz (THz)-Wellen kommen vorwiegend nichtleitende und nichtpolare Materialien/Stoffe (z. B. Kunststoffe, Verbundstoffe, Papier, Karton, Chemikalien, Pharmazeutika) infrage. Sie eignen sich für die Überprüfung und Analyse von tiefer liegenden 3D-Innenstrukturen. Mit den erzeugten dreidimensionalen Bildern können mittels Bildanalyse Fehlstellen detektiert werden.

Damit ermöglicht die THz-Technologie den Blick in das Innere von Verbundmaterialien und Klebeverbunden. Es ist beispielsweise auch möglich, die Klebeverbindung

zwischen einem Metall- und einem Kunststoffteil zu prüfen.

Durch die aktuellen technologischen Weiterentwicklungen können inzwischen komplett faserbasierte Terahertz-Systeme mit industrietauglichen Komponenten aufgebaut werden. Die Systeme bieten Messraten im Bereich von Tausenden Messpunkten pro Sekunde und Auflösungen bis 10 Mikrometer. Dadurch kommt die Terahertz-Prüftechnik in einen Bereich, der den Inline-Einsatz zur 100-Prozent-Qualitätsprüfung realistisch macht. Auch die Systemkosten brauchen keinen Vergleich mit konventioneller High-End-Prüftechnik

mehr zu scheuen. Zu den Vorteilen zählt, dass die Prüfung automatisierbar ist und keine Strahlenschutzmaßnahmen erforderlich sind. Ein zusätzlicher Vorteil der Terahertz-Technologie ist ihre Vielseitigkeit. Neben der bildgebenden Homogenitätsprüfung verborgener Schichten können auch mehrschichtige Strukturen vermessen und überwacht werden. Die spektroskopische oder phasensensitive Auswertung der Messdaten eröffnet neue Möglichkeiten zur Charakterisierung chemischer und physikalischer Materialeigenschaften im Inneren von Werkstoffen.

Ein relativ bekanntes Einsatzgebiet der Terahertz-Technologie ist die Schichtdickenmessung. Um Anforderungen wie Formbarkeit, Härte, Bruch- und Temperaturfestigkeit erfüllen zu können, bestehen Materialien heutzutage oftmals aus mehreren Schichten. Dabei spielt die Dicke und Homogenität der einzelnen Schichten eine wesentliche Rolle.

Da Terahertz-Wellen eine Eindringtiefe von bis zu mehreren Zentimetern und eine Auflösung im Submillimeterbereich in vielen Kunststoffen und nichtleitenden Materialien aufweisen, eignen sie sich auch für die Überprüfung und Analyse von dicken und massiven Objekten, beispielsweise von co-extrudierten Rohren (Bild 1). Auch die

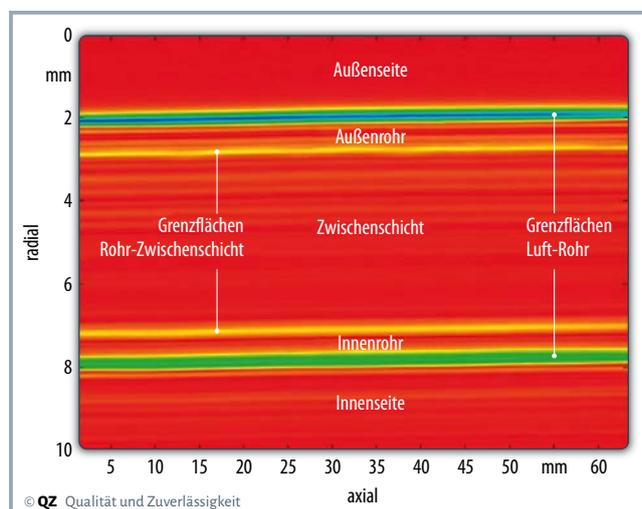


Bild 1. Eine Inline-Terahertz-Wanddickenmessung im Co-Extrusionsprozess zeigt verschiedene Schichten im Rohraufbau.

(Quelle: Recendt GmbH)

© QZ Qualität und Zuverlässigkeit

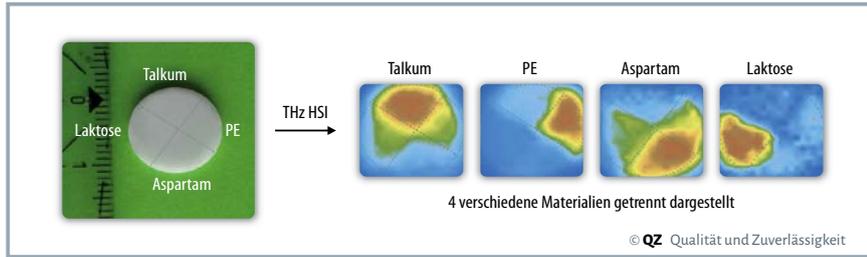


Bild 2. Vier verschiedene Stoffe in einer künstlich hergestellten Tablette werden durch THz-Spektroskopie identifiziert und in vier Terahertz-Hyperspectral-Imaging-Bildern separat dargestellt.

(Quelle: Recendt GmbH)

Lage und Tiefe von Einschlüssen und Defekten kann ermittelt werden. Mittels gepulster THz-Strahlung und phasensensitiver Detektion ist eine tiefenaufgelöste Untersuchung von inneren Grenzflächen möglich. Die Terahertz-Technologie ist besonders für die Überprüfung von Materialien im Inneren von nicht transparenten Verpackungen (zum Beispiel von Kartonagen) geeignet. Dadurch können auch verpackte Güter überprüft werden, was vor allem für die Endkontrolle auslieferfertiger Produkte interessant ist.

Neben den bildgebenden Anwendungen kann auch die Bandbreite des THz-Pulses für spektroskopische Analysen verwendet werden. Die geringe Anregungsenergie der THz-Strahlung liegt im Bereich sehr schwacher Bindungen und Schwingungsmoden von Polymerketten. Durch die Auswertung der dielektrischen Parameter im THz-Bereich können nicht nur bestimmte Substanzen detektiert und nachgewiesen (zum Beispiel Additive), sondern auch Kristallisationsgrad und Dichte von Polymeren bestimmt werden.

Rastert man eine Probe Punkt für Punkt ab, werden in jedem Punkt spektrale Informationen gesammelt. Dieses Verfahren wird Hyperspectral Imaging (HSI) genannt. Dazu werden die in jedem Punkt gemessenen Spektren analysiert. Aus den Daten können somit Bilder erstellt werden, die die chemische Zusammensetzung widerspiegeln. Man erhält also nicht nur ein Intensitätsbild wie etwa bei Röntgenaufnahmen, sondern kann auch einzelne Stoffe detektieren.

Für einen Versuch wurde eine Tablette hergestellt, die aus vier unterschiedlich absorbierenden Stoffen (Talk, Polyethylen (PE), Aspartam und Laktose) besteht. Jedes dieser Materialien hat ein eindeutig identifizierbares Spektrum und kann so bei der

Datenauswertung hervorgehoben werden. Das Modellsystem der künstlichen Tablette soll das Prinzip visualisieren (Bild 2). Bei technischen Proben muss man davon ausgehen, dass eine so klare grundlegende Unterscheidung der Materialien oft nicht möglich ist.

Das ist zum Beispiel bei Mischungen von Stoffen oder bei Verbundwerkstoffen der Fall. In diesen Fällen muss man die Rohdaten aus der THz-Spektroskopie zusätzlich mit statistischen Methoden der multivariaten Datenanalyse (Chemometrie) auswerten. Damit können auch aus komplexen spektralen Daten, beispielsweise aus Multimaterialverbunden und -composites, relevante Informationen extrahiert werden.

Die THz-Anwendungsbereiche mit technischer Relevanz sind äußerst vielfältig. Topologische Bilder oder Darstellungen der Dichteverteilung von Materialien sind mit Zeitbereichsspektroskopie (also gepulster THz-Strahlung) möglich. Bei Messungen in Reflexionsgeometrie können Schichten tiefenaufgelöst dargestellt werden. Mit polarisationssensitiven Messungen kann man die Verteilung der Doppelbrechung in faserverstärkten Kunststoff- oder Glasfaserbauteilen feststellen. ■

INFORMATION & SERVICE

KONTAKT

Recendt – Research Center for
Non-Destructive Testing GmbH
T 0043 732 2468-4602
robert.holzer@recendt.a
www.recendt.at

QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:
www.qz-online.de/1282649