

WELCHE VERFAHREN SICH ZUR PRÜFUNG VON VULKANFIBER EIGNEN

Anspruchsvolle Analyse

Wolfgang Tillmann, Norman Sievers, Reiner Zielke und Hans-Georg Rademacher, Dortmund; Stefan Becker, Porta Westfalica; Ralf Steinhausen und Mario Kiel, Halle/S.

Sicherheitsrelevante Bauteile aus Vulkanfiber verlangen nach fähigen Prüfkonzepten. Dafür bieten sich Verfahren mittels Terahertzstrahlung und Luftultraschall an. Untersuchungen belegen deren Funktionstüchtigkeit zur zerstörungsfreien Analyse des Konstruktionswerkstoffs.

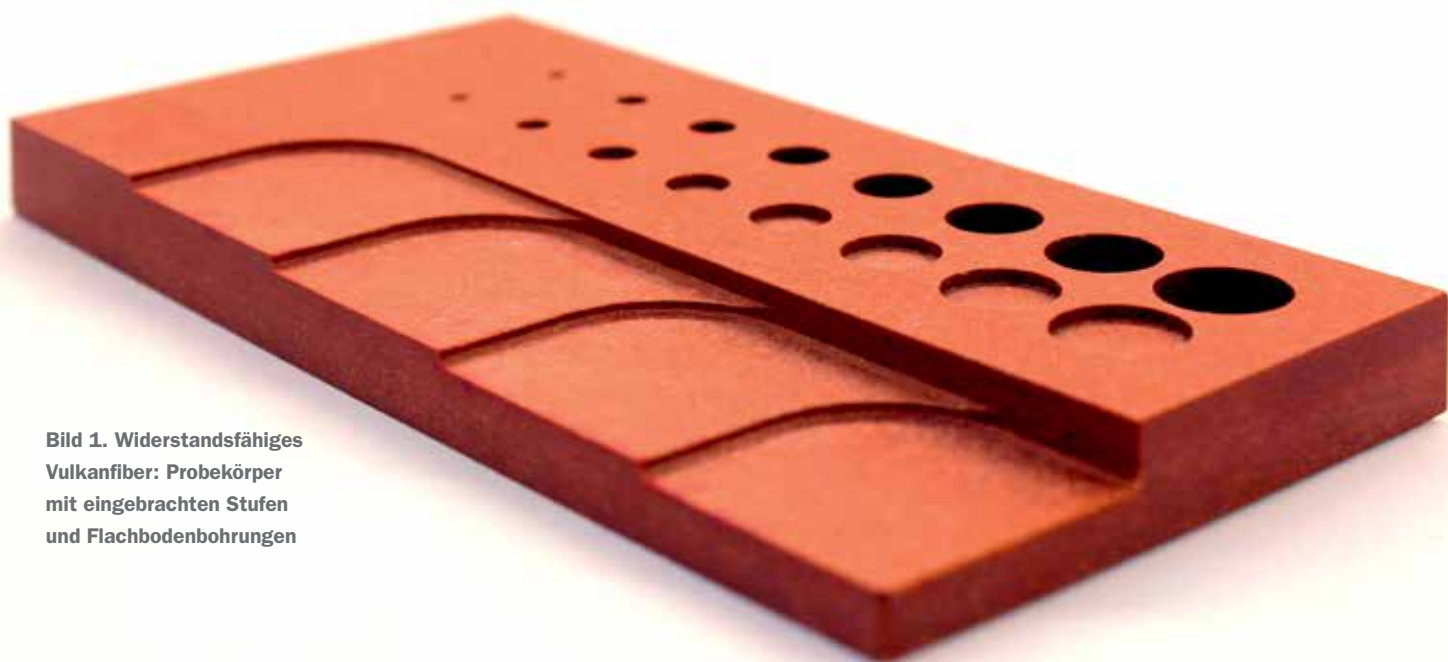


Bild 1. Widerstandsfähiges Vulkanfiber: Probekörper mit eingebrachten Stufen und Flachbodenbohrungen

Bei der Herstellung von großflächigen Platten aus Vulkanfiber können unstetige Prozessbedingungen zu Delaminationen führen. Eine Detektion dieser Fehlstellen ist bei einer anschließenden visuellen Sichtprüfung von außen nicht möglich, da sie sich innerhalb des Materials befinden und für gewöhnlich erst bei einer spanenden Weiterverarbeitung entdeckt werden. Da jedoch das Auftreten von solchen Delaminationen für die Hersteller erhebliche Qualitätseinbußen bedeutet, wurde zur Qualifizierung von zerstörungsfreien

Prüfverfahren ein Testkörper aus Vulkanfiber erstellt (Bild 1).

Unterschiedlich große Flachbodenbohrungen wie auch Stufen in verschiedenen Ebenen sollen hierbei verschiedene Ungängen im Werkstoff repräsentieren. Der Testkörper hat äußere Abmessungen von 100 mm × 50 mm × 8 mm. Der Durchmesser der Sacklochbohrungen variiert in 1-mm-Schritten von 1 bis 9 mm. Die Tiefe der Bohrungen beträgt in der linken Reihe 5 mm und in der Mitte 1 mm. Die Abstufungen auf der rechten Seite fangen an der Oberfläche an und haben

jeweils eine Tiefe von 1 mm, sodass die Restwandstärke an der letzten Stufe noch 4 mm beträgt. Die sauberen Schnittkanten belegen die gute Möglichkeit zur spanenden Bearbeitung und offenbaren das hohe Potenzial dieses zu Unrecht in Vergessenheit geratenen Werkstoffs.

So hoch das Potenzial des Werkstoffs auch ist, so anspruchsvoll gestaltet sich eine zerstörungsfreie Prüfung an der vorliegenden Materialprobe. Im Rahmen der am Lehrstuhl für Werkstofftechnologie durchgeführten Grundlagenuntersuchungen konnten am Vulkanfiber mithilfe der

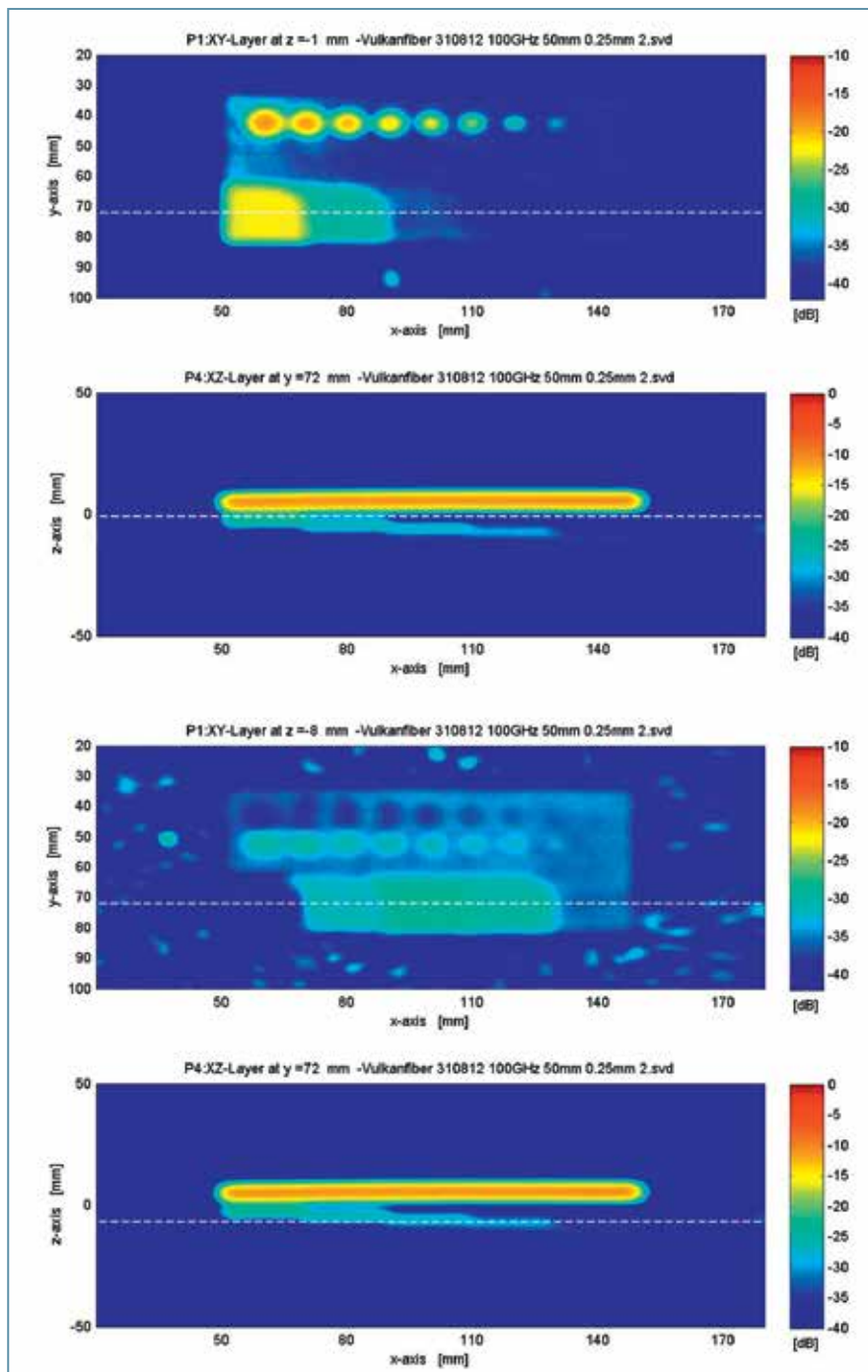


Bild 2. Terahertzstrahlung: Am Probekörper aus Vulkanfiber können alle Bohrungen von 3 bis 9 mm Durchmesser eindeutig identifiziert werden.

Thermografie oder auch der hochfrequenten Ultraschallprüfung keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt werden, da der Werkstoff eine sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit besitzt.

Somit kommen nur besonders dünnwandige Werkstoffproben für die Thermografie infrage, die aufgrund des inhomogenen Aufbaus einen sehr hohen Schallabsorptionsgrad aufweisen. Aus diesem Grunde wurden mit der Terahertz- und der niederfrequenten Luft-

raschallprüfung zwei alternative zerstörungsfreie Prüfverfahren an dem Werkstoff erprobt.

Terahertzprüfung

Die Terahertzstrahlung ermöglicht eine berührungslose Volumenprüfung von Bauteilen. Dabei hat sie ähnlich der Ultraschallprüfung den Vorteil, anhand einer Laufzeitauswertung direkt die Tiefenlage von Reflektoren zu bestimmen. Im Vergleich zur Röntgendurchstrahlung ist »

Literatur

- 1 **Becker, S.:** Aufbruch in eine neue Welt. 3D-Terahertz-Bildgebung zur Volumenprüfung von Bauteilen. QZ 7/2012 www.qz-online.de/386111
- 2 **Sievers, N.; Tillmann, W.; Becker, S.; Rademacher, H.-G.; Zielke, R.:** 3D-Terahertz – Eine Möglichkeit zur zerstörungsfreien Prüfung von Vulkanfiber. DGZfP-Jahrestagung in Dresden 2013, Berichtsband – 141 CD
- 3 **Hillger, W.; Ilse, D.; Bühling, L.:** Practical Applications of Air-Coupled Ultrasonic Technique. 4th International Symposium on NDT in Aerospace 2012 – Poster 11

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Wolfgang Tillmann, geb. 1961, ist Inhaber des Lehrstuhls für Werkstofftechnologie an der TU Dortmund.

Dipl.-Ing. Norman Sievers, geb. 1983, ist dort wissenschaftlicher Mitarbeiter.

Dr.-Ing. Reiner Zielke, geb. 1965, ist dort Gruppenleiter für zerstörungsfreie Prüfverfahren.

Dipl.-Ing. Hans-Georg Rademacher, geb. 1972, ist dort wissenschaftlicher Mitarbeiter.

Dr. rer. nat. Stefan Becker, geb. 1965, ist Geschäftsführer der Becker Photonik GmbH, Porta Westfalica.

Dr. Ralf Steinhausen, geb. 1970, ist Geschäftsführer der Forschungszentrum Ultraschall gGmbH, Halle (Saale).

Dr. Mario Kiel, geb. 1980, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Ultraschall.

Kontakt

Wolfgang Tillmann

T 0231 7552581

wolfgang.tillmann@tu-dortmund.de

QZ-Archiv

Diesen Beitrag finden Sie online:

www.qz-online.de/815970

die Strahlung der Terahertzprüfung allerdings nicht ionisierend, sodass keine aufwendigen Schutzmaßnahmen getroffen werden müssen.

War die Erzeugung von Terahertzstrahlung zunächst nur mithilfe von kostspieligen Kurzpuls-Lasern möglich, können mittlerweile durch moderne vollelektronische Messköpfe auch kostengünstigere Messsysteme bereitgestellt werden. Eines der populärsten Anwendungsbeispiele sind hierbei die Ganzkörperscanner, die aus Sicherheitsgründen weltweit an verschiedenen Flughäfen bereits eingesetzt werden. Auch in der Bauteilprüfung setzen sich zunehmend Messsysteme der Terahertztechnik durch. Metallische Flächen wirken für die Strahlung als Spiegel, während Wasser die Strahlung absorbiert und reflektiert. Dielektrische Kunststoffe und Keramiken sind hingegen hervorragend für eine Prüfung mit Terahertz geeignet.

Für die zerstörungsfreie Prüfung des Vulkanfibers wurde das mobile Messsystem SynViewCompact der Firma Becker Photonik, Porta Westfalica, verwendet [1]. Der zur Verfügung stehende Messbereich beträgt $30 \times 20 \text{ cm}^2$. Zur Prüfung können zwei unterschiedliche Frequenzbereiche von 0,07 bis 0,11 THz und von 0,23 bis 0,32 THz verwendet werden. In Bezug auf Vulkanfiber hat sich eine maximale Eindringtiefe von etwa 12 mm ergeben [2].

Im Prüfergebnis der Terahertzprüfung können alle Bohrungen von 3 bis 9 mm Durchmesser im Vulkanfiber eindeutig identifiziert werden (Bild 2). Kleinere Bohrungsdurchmesser sind nicht mehr zu erkennen. Von den Treppenstufen konnten alle erfolgreich detektiert werden.

Die Software des Prüfsystems erlaubt es, die Schnittebene (weiß gestrichelte Linie) in verschiedenen Tiefenlagen zu platzieren, um im C-Scan die Befunde zu analysieren. Je nach Tiefenlage besitzen die von den Reflektoren verursachten Signale eine unterschiedlich starke Amplitude, die in der Absorption der Strahlung durch das Material begründet ist.

Luftultraschallprüfung

Im Gegensatz zur konventionellen Ultraschallprüfung wird bei der niederfrequenten Luftultraschallprüfung kein zusätzliches Koppelmedium wie Öl, Gel oder Wasser benötigt. Dadurch eröffnet sich ein Prüfpotenzial für beispielsweise wasserempfindliche Proben wie Holz, Verbundwerkstoffe oder eben auch Vulkanfi-

ber. Üblicherweise wird dabei in Transmission gemessen, wobei ein Ultraschallpuls auf die Frontseite der Probe gerichtet und das transmittierte Signal auf der Rückseite detektiert wird.

Beim Probendurchgang führen Defekte zu unterschiedlich starken Schallschwächungen, hervorgerufen durch Absorption, Beugung oder Streuung. Am Forschungszentrum Ultraschall steht hierzu ein kommerzielles System der Firma Dr. Hillger, Braunschweig, zur Verfügung. Es können Proben bis zu einer Fläche von $100 \times 150 \text{ cm}^2$ in einem Frequenzbereich von 50 bis 400 kHz untersucht werden [3].

Im vorliegenden Messbefund für die Vulkanfiberprobe wurde die Probe mit 300 kHz vermessen. Der Ultraschallempfänger befindet sich dabei auf der Proben-

Vergessener Verbundwerkstoff

Durch das Tränken von Baumwoll- oder Zellulosefasern in Zinkchlorid und dem anschließenden Pressen der angelösten Fasern entsteht ein robuster und widerstandsfähiger Verbundwerkstoff. Aufgrund der Ähnlichkeit in der Herstellung und der äußeren Erscheinung wurde das Material in Anlehnung an den Vulkanisationsprozess von Kautschuk zu Hartgummi „Vulkanfiber“ getauft. Die Herstellung gelang Mitte des 19. Jahrhunderts einem englischen Industriellen namens Thomas Taylor, der die Herstellung 1859 zum Patent anmeldete. So fand zur damaligen Zeit Vulkanfiber Anwendung in zahlreichen Gebrauchsgegenständen der Massenproduktion wie Koffern oder Behältern. Aber auch der hohe elektrische Widerstand machte das Material als einen ausgezeichneten Isolator in der Industrie populär. Die seit 1959 aktuelle DIN 7737 von Schichtpressstoffe-Erzeugnissen aus Vulkanfiber definiert unterschiedliche Typen von Vulkanfiber die sich nach Art, Farbe und Eigenschaften unterscheiden. Die Dichte kann von 1,1 bis $1,5 \text{ g/cm}^3$ variieren, während die Zugfestigkeit Werte zwischen 34 bis 69 N/mm^2 annimmt. Als Nachteil erwies sich die geringe Wasserbeständigkeit in dessen Folge die mechanische Festigkeit nachlässt und der Werkstoff unter Bakterienbefall faulen kann. So verdrängten im vergangenen Jahrhundert synthetische Kunststoffe das Vulkanfiber aus dem Bewusstsein.

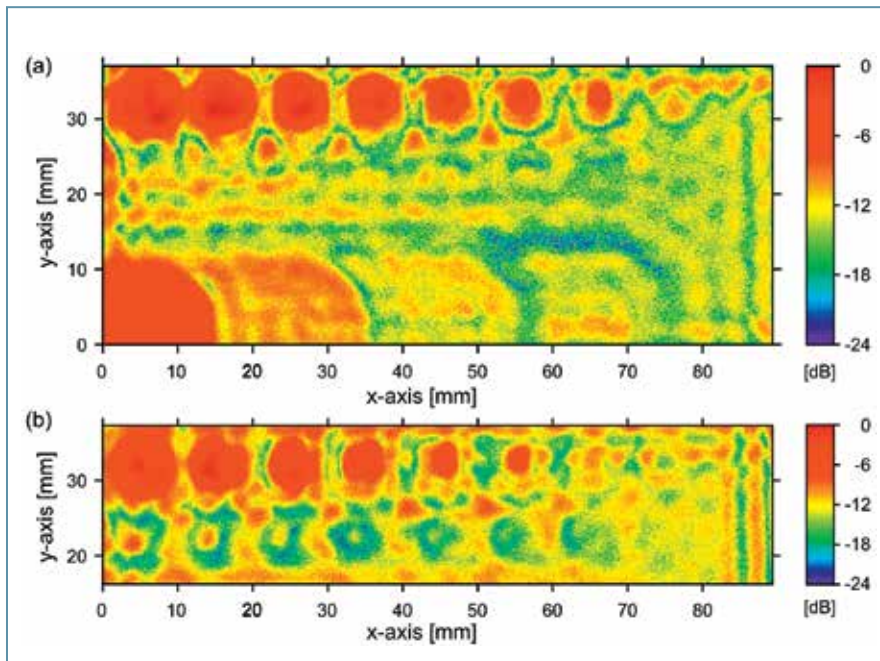


Bild 3. Niederfrequenter Luftultraschall:

(a) Ultraschallempfänger auf Probenseiten mit eingebrachten Oberflächendefekten, am unteren Bildrand sind alle Dickenabstufungen erkennbar;

(b) Ultraschallsender auf der strukturierten Seite, 1 mm tiefe Bohrungen sind erkennbar.

Bereichen entspricht. Die Bohrungen können bis zu einem Durchmesser von 2 mm signifikant nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu führen die 1 mm tiefen Bohrungen zu keiner charakteristischen Intensitätsveränderung.

Da methodenbedingt stets Interferenz- und Beugungserscheinungen auftreten, wurde die Probe gedreht, wobei sich nun der Ultraschallsender auf der strukturierten Seite befindet (Bild 3b). Unter diesen Bedingungen sind auch die 1 mm tiefen Bohrungen erkennbar, die sich durch einen ringförmigen Intensitätsabfall auszeichnen. □

seite mit den eingebrachten Oberflächendefekten (Bild 3a). Die Intensitätsunterschiede lassen sich auf die dickenbedingte Dämpfung des Ultraschalls im Material

zurückführen. Die 5 mm tiefen Bohrungen im oberen Teil zeichnen sich durch kreisförmige Intensitätserhöhungen ab, was in der Farbkodierung den roten