

Bildgebende Röntgen- und Ultraschallverfahren für industriell relevante strukturelle Materialien

Thomas REDENBACH*, Martin SPIES*, Hans RIEDER*, Frank SCHULER**

* Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, Fraunhofer-Platz 1,
67663 Kaiserslautern, Tel. 0631-31600-4537, Email
thomas.redenbach@itwm.fraunhofer.de

** Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion,
Paul-Ehrlich-Straße, Gebäude 14, 67663 Kaiserslautern

Kurzfassung. Verfahren zur Abbildung und Bestimmung von Strukturmerkmalen spielen insbesondere bei neuen Werkstoffen wie Metallschäumen oder Verbundmaterialien eine große Rolle. Bei polykristallinen Werkstoffen, insbesondere solchen für Hochleistungsanwendungen beispielsweise im Bereich der Luftfahrt, werden hohe Anforderungen an die ZfP-Verfahren zur Fehlerdetektion gestellt. Die verschiedenen für diese Anwendungen in Frage kommenden Verfahren unterscheiden sich im Hinblick auf ihre Komplexität und ihr Auflösungsvermögen. Mit Ultraschallverfahren können in feinkörnigem Material wie Titan- oder Nickel-Legierungen Fehler mit einem Durchmesser von 0.2 mm und darunter detektiert und abgebildet werden. Die Auflösung ist in faserverstärkten Materialien geringer, kann aber in solchen stark schallschwächenden Medien durch den Einsatz der Synthetischen Apertur Fokus Technik (SAFT) oder mittels Phased Array Technik verbessert werden. Andererseits liefern Radiographie und Röntgen-Computer-Tomographie (CT) hochauflösende Abbildungen selbst für dickwandige Kompositwerkstoffe. Dieser Beitrag zeigt eine Reihe von Ergebnissen zur Struktur- und Fehlerabbildung in verschiedenen Materialien, so beispielsweise Kohlefaser- und Titanverbundwerkstoffen sowie faserverstärkten Betonen. Die Abbildungseigenschaften der eingesetzten Ultraschall- und Röntgenverfahren und die am Fraunhofer ITWM verfügbaren Bildverarbeitungsalgorithmen werden illustriert.

Bildgebende Röntgen- und Ultraschallverfahren für industriell relevante strukturelle Materialien

Th. Redenbach, M. Spies, H. Rieder, Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, Abteilung Bildverarbeitung, 67663 Kaiserslautern
 F. Schuler, Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion, 67663 Kaiserslautern

Motivation und bildgebende Verfahren

- Hohe Anforderungen an die Abbildung von Strukturen und Fehlern bei Hochleistungskomponenten und anderen Bauteilen Verbund-Werkstoffen
- Hochauflösende Bildgebung durch Röntgen-Computer-Tomographie (CT)
- Effiziente Fehlerdetektion (> 0.2 mm) durch Standard-Ultraschallverfahren und tomographische Algorithmen (SAFT)

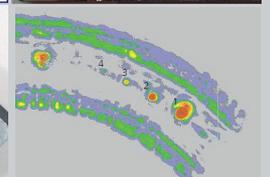
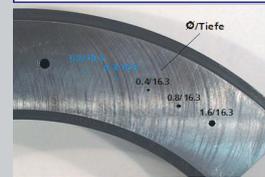
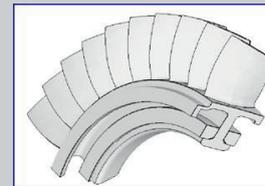
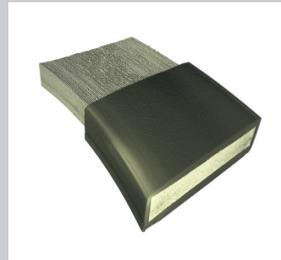
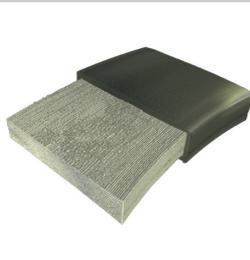
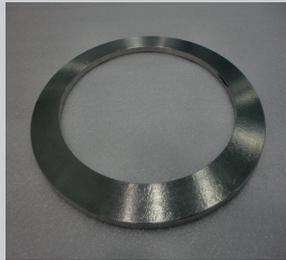
ITWM CT-Equipment

- Mikrofokusröhre („Feinfocus“), 225 kV, 30 W max.
- Perkin-Elmer Hochenergiedetektor 2048 x 2048 Pixel
- Auflösung von 100 μm bis 1 μm , Probengröße von 10 cm bis 1 mm
- Volex v6.2 Rekonstruktionssoftware („Fraunhofer EZRT“)

Faserverstärkte Verbundmaterialien

Titan-Matrix Komposite

SiC-Fasern mit 140 μm Durchmesser in Ti-6-2-4-2-Matrix

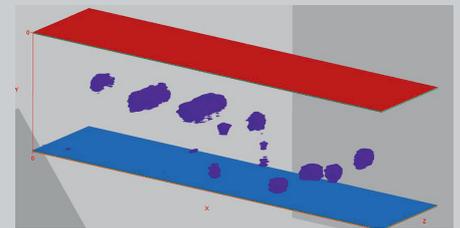
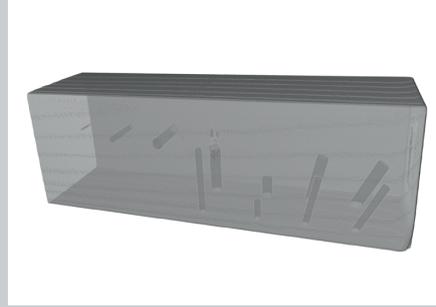


Prototypischer Testkörper* (Durchmesser 200 mm) und nachbearbeitete CT-Bilder

Prototypischer Testkörper* und US-Bilder der Testfehler

Kohlefaserverstärkte Komposite

Kohlefasern mit 140 μm Durchmesser in Epoxidharzmatrix



CFK-Probe (Länge 170 mm) mit Modellfehlern

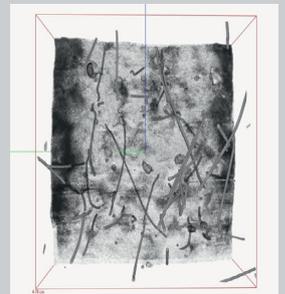
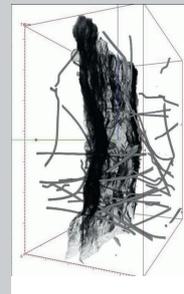
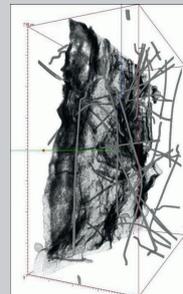
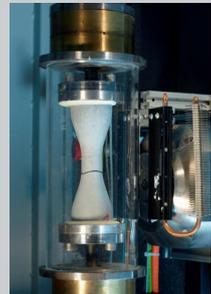
Nachbearbeitetes CT-Bild

US-Abbildung der Fehler mittels Synthetischer Apertur Fokus Technik SAFT

CT und Bildverarbeitungsalgorithmen

Faserverstärkte Betone

Stahl-Fasern („hooked ends“), Länge 60 mm, Dicke 1 mm



Zugversuch mit Pull-out in der CT-Anlage

Fasercharakterisierung durch Bildverarbeitung

*Proben zur Verfügung gestellt von MTU Aero Engines, München. Besonderer Dank an Dr. J. Bamberg, MTU und Prof. J. Schnell, TU Kaiserslautern.