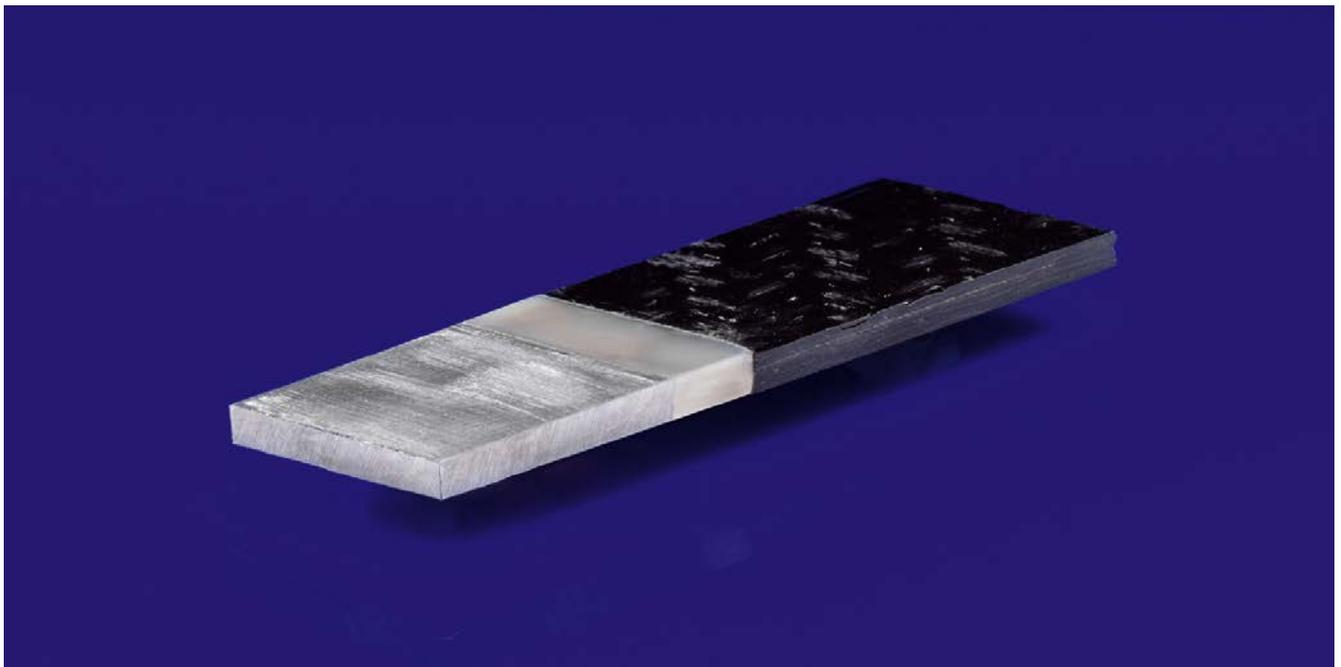


Neue Bauteile, neue Herausforderungen

Mit welchen Technologien sich Hybridgussteile prüfen lassen

Drei Fraunhofer-Institute arbeiten in einem Forschungsprojekt an einer Prozesskette zur Herstellung von Hybridgussteilen. Erste Labortests zeigen, dass eine Qualitätssicherung mit Röntgentechnik in Kombination mit Ultraschall, Thermografie oder Wirbelstrom machbar ist. Es werden Konzepte entwickelt, wie die unterschiedlichen Technologien bei einer produktionsintegrierten Prüfung eingesetzt werden könnten.



Leichtbau ist ein Thema, das aus vielfältigen Beweggründen für die Automobilindustrie und auch für die Luft- und Raumfahrt zunehmend an Bedeutung gewinnt. Um beispielsweise Fahrzeuge bei gleicher Festigkeit leichter konstruieren zu können, sind neue Materialien beziehungsweise Bauteile notwendig. Hierfür eignen sich insbesondere Hybridbauteile, die die Vorzüge bewährter und neuer Materialien kombinieren. So können mit modernen Herstellungsverfahren beispielsweise in

Leichtmetallgussbauteile Verstärkungen aus Organoblechen, Fasermaterialien oder metallischen Drähten eingebracht werden. Solche Bauteile ermöglichen die Konstruktion von Komponenten mit geringerem Bauraum sowie Gewicht gegenüber herkömmlichen Gusserzeugnissen bei gleichbleibender struktureller Bauteilstärke. Die Fraunhofer-Institute IFAM, IZFP und IIS/EZRT kooperieren im Rahmen des Forschungsprojekts HyQuality (Hybridguss-Fertigung mit standardisierter Quali-

tätssicherung) und arbeiten an einer Prozesskette zur Herstellung und Qualitätssicherung von Hybridgussbauteilen.

Am Fraunhofer IFAM wurde über die letzten Jahre eine neuartige Fügetechnologie für verschiedene hybride Verbindungsarten im Druckguss entwickelt. Allerdings stellen die Beschaffenheit von Hybridgussbauteilen und die Vielzahl von potenziell auftretenden Fertigungsdefekten hohe Herausforderungen an die Qualitätssicherung.

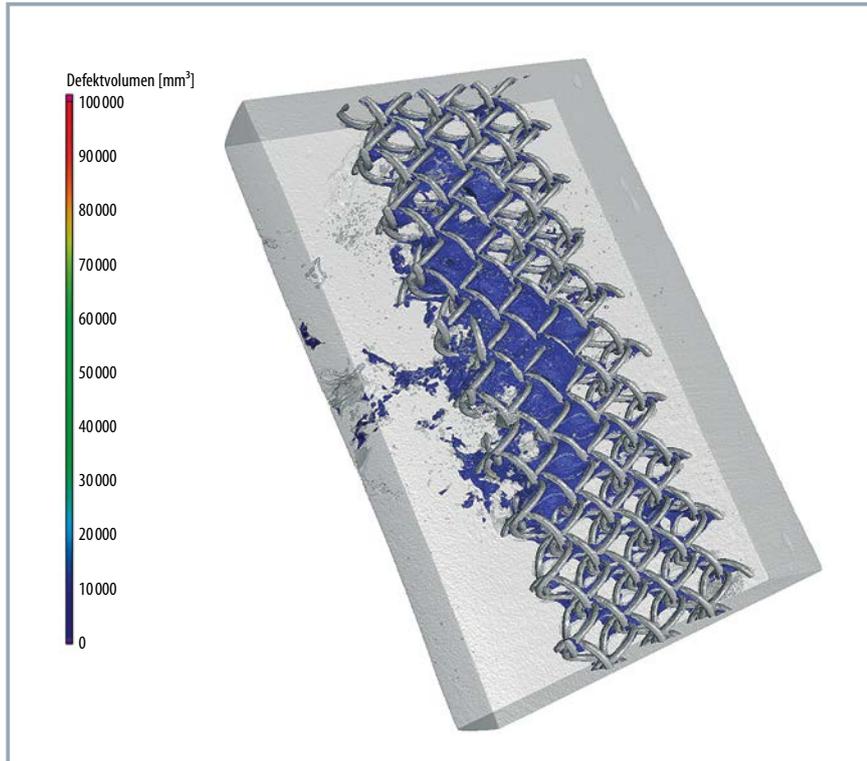


Bild 1. Semitransparente 3D-Ansicht der unvollständigen Infiltration eines Drahtgeflechts mit der Aluminiumgussmatrix. Die Aufnahme wurde mit einer Spannung von 225 kV und einer Auflösung von 50 µm erstellt. Die verschiedenen Materialien im Bauteil sind ausgezeichnet zu erkennen: Drahtgeflecht (dunkelgrau), Aluminiumgussmatrix (hellgrau transparent), Luft bzw. nicht infiltrierte Bereiche (blau). (© Fraunhofer IIS/EZRT)

Gemeinsam bringen die Fraunhofer-Institute IFAM, IZFP und IIS/EZRT ihre jeweiligen Fachkompetenzen in das Projekt ein, um neuartige Qualitätssicherungsprozesse zu entwickeln. Das Ziel dabei ist, Konzepte für eine produktionsintegrierte und zerstörungsfreie Inline-Prüfung zu erarbeiten, die sämtliche Fehlerklassen in hybriden Bauteilen sichtbar und somit überprüfbar macht.

Bauteil hochauflösend dargestellt

Um die Kontaktfläche zwischen Faser-, Draht- oder Blechverstärkung und Gussmatrix genau zu erkennen und deren Qualität bewerten zu können, ist eine bildgebende Technologie, die das Bauteil möglichst hochauflösend darstellt, erforderlich. Auf Röntgentechnik basierend existieren Verfahren, mit denen Bauteile entweder zweidimensional (Radioskopie) oder dreidimensional (Computertomografie) erfasst und dargestellt werden können. Alternative Verfahren sind Ultraschallprüfung, Thermografie oder Wirbelstromprüfung. Im Forschungsprojekt werden eine Vielzahl

von Fehlerklassen, die die Bauteilfestigkeit beeinträchtigen, hinsichtlich ihrer Nachweisbarkeit mit zerstörungsfreien Prüfmethoden untersucht:

- mangelhafte Infiltration von metallischen Einlegern oder Fasern, welche nicht vollständig von der Gussmatrix umschlossen werden,
- Lageabweichungen von Einlegern und Fasern,
- Beschädigungen und Deformation von Einlegern oder Fasern,
- Ablösen von Beschichtungen, die im Zuge des Gießprozesses ausgasen,
- mangelhafter Kraftschluss zwischen Einlegern und Gussmatrix,
- Porosität der Gussmatrix sowie Zersetzungen von Polymerschichten bei Organoblechen.

Darüber hinaus ist es das Ziel, alle Verfahren im Hinblick auf eine fertigungsintegrierte Inline-Prüfung für den Hybridguss zu bewerten. Um die Eignung jeder der zerstörungsfreien Prüfmethoden zu bestimmen und einen wissenschaftlichen Vergleich zu ziehen, werden die im Projekt >>>

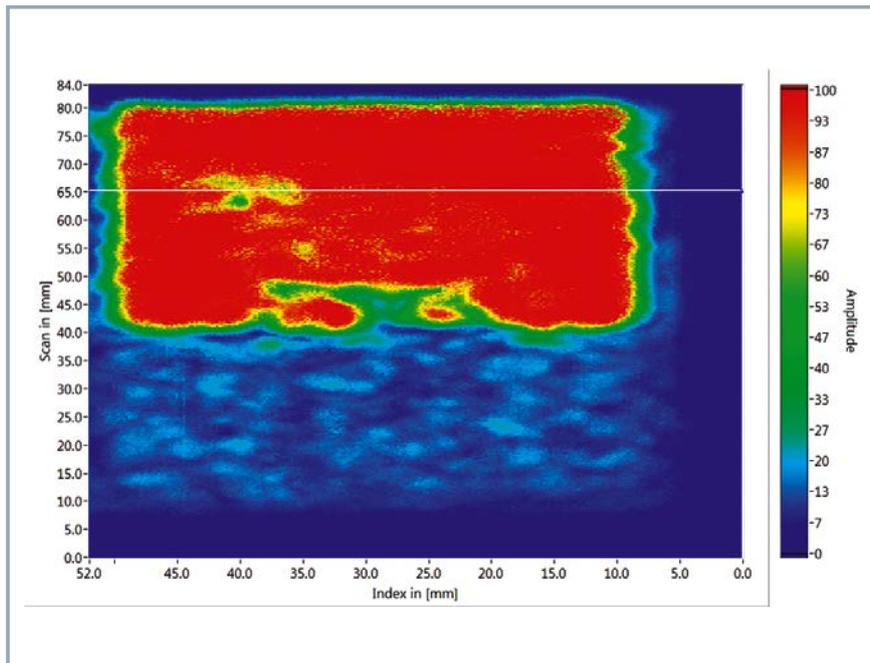


Bild 2. Ultraschallprüfung an einer Probe mit fehlendem Kraftschluss. Der Scan wurde mit einer räumlichen Abtastung von $0,1 \text{ mm} \times 0,2 \text{ mm}$ und einer Nennfrequenz von 5 MHz aufgenommen. Die rote Fläche stellt eine starke Reflexion in dieser Ebene dar, die durch fehlende Verbindung zwischen Gussmatrix und Einleger hervorgerufen wird. (© Fraunhofer IZFP)

hergestellten Proben und Bauteile im Nachgang zerstört. Die Resultate der zerstörenden Prüfung dienen dabei als Referenzergebnisse und werden zum Vergleich mit den Ergebnissen der zerstörungsfreien Prüfung herangezogen.

Möglichkeiten und Grenzen von Röntgenverfahren

Die Röntgenbildgebung basiert auf variierender Abschwächung der Röntgenstrahlen im Untersuchungsobjekt, die lediglich von Dichte und elementarer Zusammensetzung abhängt. Die daraus resultierende Ortsverteilung der auf den Detektor auftreffenden Strahlintensität erzeugt das Projektionsbild.

Röntgenverfahren sind demnach insbesondere dann sehr leistungsfähig, wenn

Bauteilfehler anhand der geometrischen Verteilung verschiedener Materialien identifiziert werden können. Dies betrifft Fälle, bei denen Lufteinschlüsse im Material vorhanden sind (mangelhafte Infiltration, Porositäten), bei geometrischen Abweichungen der Einleger vom Sollzustand oder Beschichtungen.

Einige Fehlerklassen, bei denen mit der Durchstrahlung die Normabweichungen mit hohen Kontrasten dargestellt werden, sind mit der schnellen zweidimensionalen Röntgenprüfung (Radioskopie) bereits erfassbar. Für eine vollständige und sichere Erfassung aller Fehler erweist sich jedoch die 3D-Computertomografie als mächtiges Werkzeug.

Die Grenzen der Röntgentechnik werden erreicht, wenn die Fehlergröße unterhalb der Auflösungsgrenze liegt oder Fehler nicht anhand ihrer geometrischen Ausprägung identifizierbar sind. Letzteres ist der Fall, wenn sich zwei Komponenten berühren, aber kein Kraftschluss vorliegt.

Alternative Technologien als Ergänzung

An dieser Stelle können hochfrequente Analysen mittels Ultraschall ergänzend eingesetzt werden. Hierfür wird das Bauteil in einem mit Wasser befüllten Becken ein-

gelegt und mit einer Frequenz zwischen 5 und 15 MHz abgetastet. Reflexionen des Schalls an Materialübergängen und Grenzschichten erlauben dabei die Detektion von Fehlern in verschiedenen Tiefenlagen, z. B. verursacht durch einen nicht vorhandenen Kraftschluss, Poren oder Defekte und Deformationen an Einlegern.

Bei Stahleinlegern können des Weiteren auch Wirbelstromprüfsysteme und Induktionsthermografie zur Erkennung von Defekten und Deformationen des Einlegers Verwendung finden. Diese Technologien nutzen die unterschiedlichen magnetischen und thermischen Eigenschaften des Stahls gegenüber der Aluminiummatrix aus, um die genannten Fehlertypen zu visualisieren. Die Methoden sind hinsichtlich der Auflösung der Röntgenbildgebung und der Ultraschallprüfung nicht ebenbürtig, benötigen aber auch keine speziellen Schutzvorrichtungen oder Koppelmittel.

Kombination mehrerer Prüftechniken

Die Labortests zeigen deutlich, dass ein umfassendes Qualitätssicherungskonzept von Hybridgussbauteilen mit der Röntgentechnik in Kombination mit Ultraschall, Thermografie oder Wirbelstrom realisierbar ist. Im Projekt werden darüber hinaus Konzepte entwickelt, wie die unterschiedlichen Technologien bei einer produktionsintegrierten Prüfung im Idealfall kombiniert werden könnten.

Eine besondere Möglichkeit, die sich aus der Kombination mehrerer Prüftechniken ergibt, ist die Prozessrückkopplung. Die verschiedenen Prüftechniken sind in der Lage, weiterführende Informationen über das Bauteil zu ermitteln, die weit über eine „Gut-Schlecht-Entscheidung“ hinausgehen. Beispielsweise können für das Endprodukt belanglose Mängel oder Fertigungsschwankungen innerhalb der Toleranzen erfasst und mit Produktionsparametern in Verbindung gebracht werden.

Ein großes Potenzial ergibt sich aus der frühzeitigen Erkennung von systematischen Veränderungen der Bauteilbeschaffenheit. Durch intelligente Analyse der Daten ist es somit möglich, rechtzeitig in Produktionsprozesse einzugreifen, bevor Ausschuss entsteht. Dies stellt einen wichtigen Grundstein zur Realisierung der Vision einer ausschussfreien Produktion dar. ■

INFORMATION & SERVICE

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
Vanessa Jelito
vanessa.jelito@iis.fraunhofer.de

QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:
www.qz-online.de/4791179