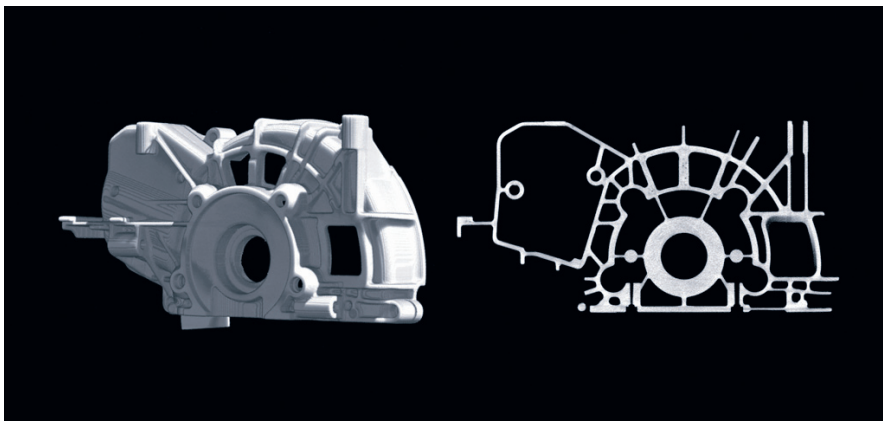


COMPUTERTOMOGRAPHIE – KÜNFTIGER STANDARD IN DER QUALITÄTSPRÜFUNG?

Die dritte Dimension



Noch vor wenigen Jahren galt die Computertomographie in der Industrie als exotisches Prüfverfahren. Zunehmend etabliert sich diese Technik jedoch auf allen Prozessstufen der Produktion und spielt ihre Vorteile gegenüber anderen zerstörungsfreien Materialprüfungen aus.

Um den Kundenanforderungen nach gleichbleibend hoher und definierter Produktqualität gerecht zu werden, ist es auch in der Produktion unerlässlich, sich der Computertomographie (CT) zu bedienen. Dabei geht es nicht nur um den Schutz vor der Auslieferung von schadhafte, sicherheitsrelevanten Komponenten, vielmehr sorgt ein produktionsnahes, schnelles und präzises Prozessfeedback für eine Erhöhung der Produktivität. Die Forderung nach einer genauen Fehlerbeschreibung, um Rückschlüsse auf die Auswirkungen einzelner Prozessparameter zu ziehen, trägt wesentlich zur kontinuierlichen Verbesserung des Produktionsverfahrens bei.

Die CT-Technologie wird heute für Untersuchungen im Prototypenbau eingesetzt, um beispielsweise das Einrichten der Produktionsmittel auf neue Fertigungsstücke zu überprüfen. Entsprechend kommt das Verfah-

ren auch bei Produktionsanläufen zum tragen, wo auf diesem Weg die Anlaufmakulatur signifikant verringert werden kann.

Zum anderen findet die CT Anwendung in der durchgängigen Qualitätskontrolle von komplexen hochwertigen Produkten, die in kleinen Serien geprüft werden sollen. Das betrifft ebenfalls die Prüfung von sicherheitsrelevanten Teilen, wo eine 100%ige Prüfsicherheit erforderlich ist. Des Weiteren kann die CT-Technologie heute in der Stichprobenprüfung von Serienproduktionen eingesetzt werden. Damit hat die derzeitige Generation von Computertomographen aufgrund ihrer Leistungsfähig-



Bild 1. 3D-Volumendarstellung einer Turbinenschaufel

keit den Sprung als produktionsnahes Prüfverfahren geschafft.

Yxlon International X-Ray, Hamburg, begleitet als führender Anbieter von zerstörungsfreien Röntgenprüfsystemen diese Entwicklung von Anfang an. Die CT-Systeme von Yxlon zeichnen sich laut Hersteller durch eine hohe Detailerkennbarkeit, kurze Messzeiten sowie ein direktes Prozess-Feedback zur Produktion aus. Sie werden beispielsweise zur 100%-Materialprüfung, zur Formerfassung von Bauteilen oder zum Vermessen von Strukturen und Geometrien eingesetzt.

Material zu 100 Prozent prüfen

Bei Turbinenschaufeln ist es beispielsweise unabdingbar, eine 100%-Prüfung der Teile vorzunehmen (Bild 1).

Die Fertigung von Turbinenschaufeln für Flugzeugtriebwerke erfolgt in mehreren Teilschritten. Das im Feinguss hergestellte Rohteil enthält mit den Kühlkanälen bereits eine komplexe innere Struktur. Nach Anarbeitung des Schaufelfußes werden von außen feine Laser-Bohrungen bis in die Kühlkanäle eingebracht. Dabei muss die Wand vollständig durchbohrt sein, die Rückwand darf jedoch nicht angebohrt werden.

Abweichungen von der Konstruktion, wie die Veränderung der Geometrie oder zu geringe Wandstärken zwischen Kühlkanal und Außenwand, müssen erkannt werden und führen zur Aussonderung des Teils. Zum Auffinden von fehlerhaften Wandstärken wird eine konventionelle oder Echtzeit-Durchstrahlungsprüfung unter exakt festgelegten Prüfpositionen durchgeführt.

Die Interpretation der Durchstrahlungsbilder ist wegen der diffizilen Struktur der Prüflinge äußerst schwierig. So sind beispielsweise Anbohrungen der Rückwand nicht immer im Röntgen-Durchstrahlungsbild hundertprozentig nachweisbar. Daher gibt die Prüfvorschrift vor, dass schon geringe Zweifel an der Fehlerfreiheit des Prüflings zum Aussondern führen müssen. ▶

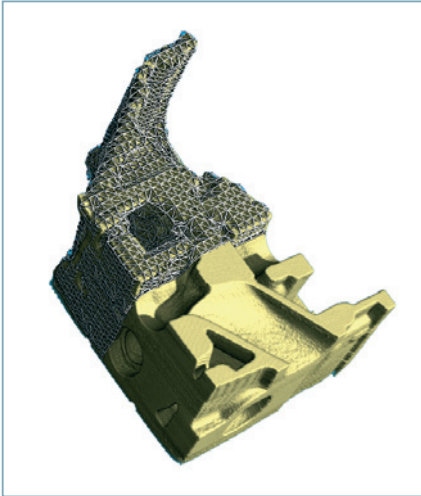


Bild 2. Flächenrückführung eines tomographierten Bauteils zurück in ein CAD-Modell

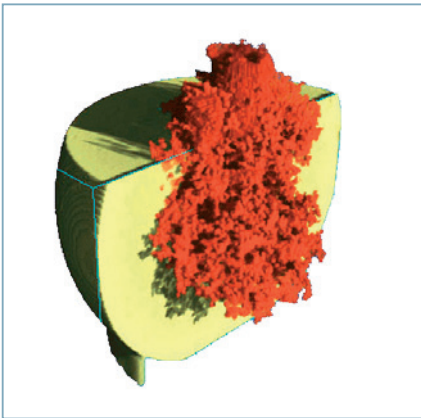


Bild 3. Porenstruktur in einer Keramikugel

Das Rohteil besteht meist aus einer hochwertigen Nickelbasislegierung. Das Material kann, um die Gleichmäßigkeit der Legierungschichten nicht zu gefährden, nicht eingeschmolzen und gleichwertig wiederverwendet werden. Jeder Fertigungsschritt ist daher mit einer hohen Wertschöpfung verbunden. Die daraus resultierenden, sehr hohen Fehlerkosten können reduziert werden, wenn unter Einhaltung der auf höchste Sicherheit ausgelegten Vorschriften auch bei zweifelhaften Teilen noch eine exakte Gut/Schlecht-Prüfaussage möglich ist. Zerstörende Untersuchungen an ausgesonderten Teilen haben ergeben, dass mehr als die Hälfte dieser zweifelhaften Teile als gut hätten eingestuft werden können.

Die Computertomographie ist in Ergänzung zur Durchstrahlungsprüfung hervorragend geeignet, um aus der Menge der als zweifelhaft eingestuften Prüflinge eine sichere nachgelagerte Gut/Schlecht-Entscheidung zu treffen.

Diese ergänzende Prüfung trägt sich wirtschaftlich, da der Wert der eingesparten Gut-Teile die Kosten der CT-Prüfung deutlich übersteigt.

Formerfassung von Bauteilen

In heutigen Fertigungsprozessen stellt die CAx-Prozesskette vom virtuellen Modell zum fertigen Bauteil bereits den Stand der Technik dar. Der umgekehrte Weg vom physikalischen Objekt zurück zum Datenmodell – auch Reverse Engineering genannt – findet erst jetzt langsam Verwendung in den industriellen Fertigungsprozessen (Bild 2).

Ziel des Reverse Engineering ist es, ein virtuelles Modell in Form eines CAD-Datensatzes eines bestehenden Bauteils zu erzeugen, welches als Basis für die Neukonstruktion, Umkonstruktion oder einen Nachbau dienen kann.

Die Computertomographie ist das einzige zerstörungsfreie Verfahren zur exakten Abbildung dieser komplexen volumenhaften Strukturen. Damit liefert die industrielle CT mit der Volumenerfassung den ersten entscheidenden Schritt für das Reverse Engineering.

Die mit der CT gewonnene 3D-Matrix wird zunächst in ein STL-Oberflächenmodell umgewandelt, die so genannte Triangulation. Aus diesem STL-Datensatz werden dann die Stützpunkte eines Polygonmodells extrahiert.

Die CT-Messung erfolgt unabhängig von der Objekt-Grundform mit einem gleichförmig engen Raster. Die erzeugten Datenmengen können im Anschluss auf Basis von Ähnlichkeitskriterien um 60 bis 95 Prozent reduziert werden, ohne Einfluss auf die Genauigkeit zu nehmen. Aus dem Polygonmodell wird mittels einer Software für Flächenrückführung letztendlich eine CAD-Fläche generiert. Diese Daten sind in den Standardformaten der CAD-Systeme, z. B. VDA-FS oder IGES, exportierfähig. Die beiden Flächenmodelle STL und CAD können anschließend für die Bestimmung von Abweichungen in einem Soll-Ist-Vergleich eingesetzt werden.

Bei der Erstbemusterung neuer Produkte lassen sich die gewonnenen Daten für einen Vergleich zwischen einem Prototypen und dem zugrunde liegenden CAD-Modell nutzen. Eine weitere Einsatzmöglichkeit für die Nutzung der ermittelten Daten liegt beispielsweise in der NC-Programmierung.

Genau und schnelle Informationen

Die Computertomographie hat gegenüber anderen NDT-Prüfverfahren folgenden Nutzen:

- Mehr Information: Mit der CT-Technologie sieht man im Prüfobjekt Materialbereiche (Fehler) ein, die aufgrund ihrer Fehlerart oder Lage mit anderen NDT-Prüfverfahren nicht erkennbar sind (Bild 3).
- Genauere Information: CT-Untersuchungen bieten eine dreidimensionale Information, die Aufschluss über Lage und Ausdehnung von Prüfbereichen gibt.
- Schnelle Information: Die Messzeiten, beispielsweise für die Geometrieerfassung von Prüfobjekten, liegen ein Vielfaches unter denen alternativer Methoden.
- Flexible Information: Ein Prüfobjekt liegt nach dem Scan im CT immer als Datensatz vor, die Daten können jederzeit von verschiedenen Mitarbeitern ausgewertet werden.

Vermessung als Prüfaufgabe

Die tomographische Untersuchung von Bauteilen, wie beispielsweise Gussteilen, bietet neben der Detektion üblicher Fehler auch die Möglichkeit, exakte geometrische Vermessungen innerer und äußerer Strukturen des Bauteils zerstörungsfrei durchzuführen.

Herkömmliche Techniken wie die taktile Koordinatenmessung oder die berührungslose Erfassung per Laser können ausschließlich äußere Konturen abbilden. Innere Konturen bleiben für diese Art der Vermessung unzugänglich und müssen daher zerstörend vermessen werden.

Die zerstörungsfreie Vermessung mittels CT erfolgt entweder unmittelbar im klassischen zweidimensionalen tomographischen Schnittbild oder, bei Messaufgaben über alle Raumrichtungen, in einem dreidimensionalen Volumendatensatz. □

► **YXLON International X-Ray GmbH**
 Dipl. Wi.-Ing. Thorsten Schillinger
 T 0 40/5 27 29-0
thorsten.schillinger@hbg.yxlon.com
www.yxlon.com
Halle 4, Stand 4005