Autoren: Andrey Bulavinov, Roman Pinchuk und Jörg Schenkel, TÜV SÜD, Fotos: Fraunhofer IZFP

# Moderne Ultraschallprüfung von Gussteilen

Sampling Phased Array-Verfahren auch für kompakte Gussteile geeignet







Bild 1: Ultraschallprüfsysteme für manuelle und mechanisierte Prüfungen mit 2-D- und 3-D-Visualisierung der Ultraschallprüfergebnisse: a) Handgerät A1550 IntroVisor, b) mobiles Prüfgerät für mechanisierte Prüfungen, c) Prüfmanipulator an einem Gussteil

Die Ultraschallprüfung von Gusskomponenten ist traditionell kein "einfaches" Thema. Zur Schwierigkeit der Prüfaufgabe tragen vor allem die komplexe Geometrie der Prüfobjekte, die schlechte Schallbarkeit des Werkstoffs sowie die unebenen und rauen Oberflächen bei. Wegen der drei genannten Faktoren können nur in Ausnahmefällen klassische Methoden zur Empfindlichkeitsjustierung der Ultraschallprüfgeräte verwendet werden. Darüber hinaus sind die typischen Gussfehler, wie z.B. Lunker, keine auten Reflektoren, sodass die regelwerkskonforme Bewertung der Ultraschallanzeigen nach Ersatzreflektorgröße keinerlei Bezug zu den realen Fehlerabmessungen hat. Das Sampling Phased Array-Verfahren stellt hier eine neue vielversprechende Entwicklung dar.

Das am Fraunhofer IZFP, Saarbrücken, entwickelte Sampling Phased Array-Verfahren realisiert Prinzipien der Ultraschalltomographie und ermöglicht in vielen Fällen die schnelle Erfassung des gesamten Bauteilvolumens von massiven Gussteilen und bei mechanisierter Abtastung des Bauteils eine dreidimensionale Visualisierung der Materialfehler in ihrer realen Größe.

Durch spezielle Signalverarbeitungstechniken, wie das eRDM-(Energy Rejective Diviative Method)Verfahren, kann eine empfindliche Ultraschallprüfung selbst bei sehr inhomogenem Gefüge und großen Bauteilabmessungen bzw. langen Schallwegen realisiert werden.

Die I-Deal Technologies GmbH, Saarbrücken, ein Spin-Off-Unternehmen des Fraunhofer IZFP, bietet mechanisierte und manuelle Ultraschallprüfsysteme, basierend auf dem Sampling Phased Array-Prinzip, sowie Prüfdienstleistungen im Labor und vor Ort

Im vorliegenden Beitrag werden die allgemeinen Prinzipien der Sampling Phased Array-Technik erläutert und einige Anwendungen demonstriert.

### Qualitätsprüfung von Gussteilen mit Ultraschall

Die vorteilhaften Eigenschaften des Gießens als Urformverfahren für die wirtschaftliche Massenproduktion von Bauteilen mit komplizierter Geometrie machen die Qualitätskontrolle dieser Komponenten technisch zum Teil schwierig oder gar unmöglich. Insbesondere gilt dieses Statement für ver-

gleichsweise kleine Bauteile mit komplizierter Gestalt der Außenkontur. Die typische Art der Prüfung mit Ultraschall besteht im direkten Ankoppeln der Ultraschallwellen in das Prüfstück durch mechanischen Kontakt des Prüfkopfes und der Oberfläche des Bauteils. Dabei ist die Verwendung eines flüssigen Koppelmediums, wie Gel, Öl, Wasser u. a., unabdingbar, welches die nötige akustische Ankopplung ermög-

Weist das Bauteil starke Krümmungen und/oder eine sehr unebene raue Oberfläche auf, kann die Ultraschallprüfung so unter Umständen nicht realisierbar sein. Eine weitere Besonderheit

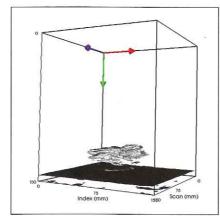


Bild 2: 3-D-Abbildung eines Gussfehlers.

## **Das Sampling Phased Array-Verfahren**

Mit dem Prinzip des "Sampling Phased Array" wird das Ultraschallprüfverfahren um eine tomographische zwei- und dreidimensionale Bildgebung auch bei hoher Prüfgeschwindigkeit erweitert. Durch die verbesserte Nachweisgarantie von Fehlstellen und die Möglichkeit der quantitativen Auswertung der Prüfergebnisse eröffnen sich für die Ultraschallprüfung neue Möglichkeiten, wie beispielsweise für die Prüfung neuer Leichtbauwerkstoffe. Ein weiterer Vorteil ist die sehr einfache und kostengünstige Elektronik, bei der die integrierten Rechnerstrukturen der Signalverarbeitung die Bildgebung bewirken.

Das Mehrkanalkonzept wird als getakteter Gruppenstrahler (Sampling Phased Array) bezeichnet, weil ein oder mehrere Gruppenstrahlerelemente nacheinander angeregt (durchgetaktet) werden, wobei ein oder mehrere Gruppenstrahlerelemente die Ultraschallechosignale aufnehmen. Aus diesen Informationen können die Ultraschallsignale für beliebige Einschallwinkel und Fokustiefen bzw. vollständige Sektorbilder mittels spezieller Rekonstruktionsalgorithmen berechnet werden. Mit diesem neuen getakteten Prinzip ist eine tomographische zwei- und dreidimensionalen Bildgebung auch bei hoher Prüfgeschwindigkeit möglich. Es bietet eine wesentlich höhere Nachweisgarantie von Fehlstellen und eine quantitative Auswertung der Ultraschallprüfergebnisse.



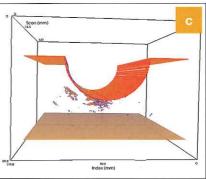
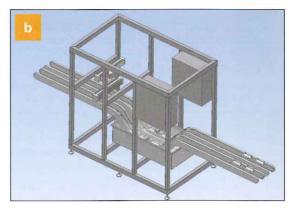
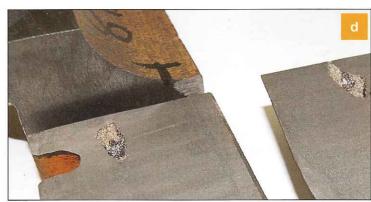


Bild 3: Ein Beispiel für eine automatisierte Prüflösung für kleine Bauteile mit komplexer Geometrie a) Gussteil, b) automatisierte Ultraschall-Prüfeinrichtung, c) 3-D-Abbildung des Gussteils mit Fehlern, d) Ergebnisse der zerstörenden Prüfung.





Materialstruktur. Die Korngröße des zu prüfenden Werkstoffes ist die entdas realisierbare Fehlernachweisvermögen. Je gröber die Korngröße desto stärkerer Streuung unterliegt die Ultraschallenergie und eine umso schlechtere Empfindlichkeit weist die Ultraschallprüfung auf.

Für kleine Gussteile mit komplexer Form wird als typisches Prüfverfah-

der Gusswerkstoffe ist ihre gröbere ren für Volumenfehler deshalb die Röntgenprüfung eingesetzt, die berührungslos, d.h. ohne mechanische scheidende Voraussetzung für seine Abtastung der Prüflingsoberfläche, Prüfbarkeit mit Ultraschall und für durchgeführt wird. Allerdings hat das Röntgenverfahren seine physikalischen und wirtschaftlichen Grenzen. Bei massiven Bauteilen muss mit steigenden Materialstärken einerseits immer "härtere" Röntgenstrahlung eingesetzt werden und andererseits mit immer längeren Belichtungszeiten gerechnet werden. Dadurch kommt für die Prüfung von großen und kom-

pakten Gussteilen nur die Ultraschallprüfung in Frage, die meistens keine Einschränkungen in Bezug auf die zu prüfende Materialdicke aufweist.

#### Sampling Phased Array-Verfahren - eine neue Technik zur schnellen Fehlerdetektion

Das am Fraunhofer IZFP entwickelte Sampling Phased Array-Verfahren ist eine neue Ultraschallprüftechnik, die einen verbesserten Fehlernachweis und eine vergleichsweise schnelle Prüfung von Gusskomponenten ermöglicht. Besonders vorteilhaft ist die Möglichkeit ihrer Anwendung bei massiven Gussteilen.

Die Technik weist folgende Hauptmerkmale auf:

- Erfassung von vielen Raumrichtungen aus einer Prüfposition des Ultraschallprüfkopfes,
- zweidimensionale Darstellung des Bauteilvolumens (2-D-Schnittbild) bei manueller Abtastung von Prüfkomponenten,
- dreidimensionale Darstellung des Bauteilvolumens (3-D-Bild) bei mechanisierter Abtastung von Prüfkomponenten mittels eines Prüfmanipulators,
- quantitative 3-D-Fehlervisualisierung und -auswertung,
- verbesserter Fehlernachweis bei grobkörnigen Materialien durch statistische Unterdrückung des Gefügerauschens (eRDM-Verfahren).

## Prüfgeräte und Anwendungsbeispiele

Die I-Deal Technologies GmbH, Saarbrücken, entwickelt in Kooperation mit dem Fraunhofer IZFP spezielle Prüflösungen auf der Basis der Sampling Phased Array-Technik und bietet Prüfgeräte und -systeme für industrielle Kunden. In enger Zusammenarbeit mit dem TÜV SÜD können die maßgeschneiderten Lösungen für konkrete Prüfanwendungen qualifiziert werden. Bei besonders komplexen Aufgabenstellungen werden Ultraschallprüfungen mit Sampling Phased Array-Systemen als Dienstleistungen angeboten.

Als Prüfgeräte stehen sowohl leichte Handprüfgeräte wie das A1550 IntroVisor für manuelle Prüfungen als auch teilmechanisierte und mechanisierte Prüfsysteme für mobile und stationäre Prüfungen (Bild 1) mit zweiund dreidimensionaler Visualisierung

(Bild 2) und Auswertung des Bauteilvolumens zur Verfügung.

Das Beispiel in **Bild 3** zeigt eine Anwendung zur automatisierten Ultraschallprüfung an kompakten Gussteilen mit komplexer Geometrie, wobei die Ankopplung der Ultraschallwellen an der konkaven Oberfläche beim kompletten Eintauchen des Bauteils in das Koppelmedium (Öl) erfolgt. Die dreidimensionale Erfassung des Prüfvolumens ermöglicht eine schnelle und zuverlässige Auswertung der Prüfergebnisse.

Dr.-Ing. Andrey Bulavinov, I-Deal Technologies GmbH, Saarbrücken, Dr.-Ing. Roman Pinchuk, Fraunhofer IZFP, Saarbrücken, und Jörg Schenkel, TÜV SÜD, Mannheim

Weitere Informationen: www.izfp.fraunhofer.de http://i-deal-technologies.com