Gefüge-Visualisierung mittels Ultraschall

Martin BARTH*, Bernd KÖHLER*, Frank SCHUBERT*
* Fraunhofer IZFP Dresden, Maria-Reiche-Str. 2, 01109 Dresden

Kurzfassung

Das Gefüge an Metalloberflächen wird von Metallographen klassisch durch Polieren und Ätzen sichtbar gemacht. Dabei werden die Oberfläche und damit auch das Bauteil als Ganzes verändert. In manchen Fällen ist das aber unerwünscht oder unzulässig. Auch lassen sich beispielsweise manche Edelstähle nur schwer anätzen. Das hier vorgestellte Verfahren eröffnet die Möglichkeit der Kornstrukturanalyse ohne chemische Bearbeitung der Oberfläche. Dazu werden Ultraschallwellen zum Beispiel mittels Senkrecht- oder Winkelprüfkopf in das Bauteil so eingekoppelt, dass Longitudinalwellen die zu untersuchende Oberfläche streifen. Diese Oberfläche wird mit einem Laser-Doppler-Vibrometer in direkter Reflexion kontaktlos in einem Messpunktraster abgetastet. Die Zeitsignale werden digitalisiert und im Rechner gespeichert. Aus der dabei entstehenden Filmsequenz der Wellenausbreitung an der Bauteiloberfläche lassen sich kontrastreiche Bilder der Gefügestrukturen extrahieren.

Dabei wird die erreichbare Abbildungsschärfe nicht von der Ultraschall-Wellenlänge bestimmt, sondern von der Dichte des Messpunktrasters und der Größe des Laserstrahl-Fokus. Dadurch liegt die erreichbare maximale Detailauflösung im Bereich weniger Mikrometer.

Der physikalische Hintergrund des Verfahrens ist, dass die einzelnen Körner (Kristallite) des Gefüges akustisch anisotrop sind. Da die Kristallgitter der Körner räumlich verschieden orientiert sind, reagieren sie unterschiedlich auf die durchlaufende Longitudinalwelle. Das hat zur Folge, dass die gemessene Amplitude und die Geschwindigkeit der Longitudinalwelle lokal schwanken.

Ein speziell dafür entwickelter Datenverarbeitungsalgorithmus erfasst in jedem Zeitsignal die Longitudinalwelle und bestimmt Stärke und Richtung der lokalen Schwankungen der Durchgangszeitpunkte und Amplituden gegenüber denen benachbarter Messpunkte. Die Schwankungen werden grauwert- oder farbcodiert dargestellt.

Das Verfahren hat den Namen „Grazing Incidence Ultrasound Metallography“ (GIUM) bekommen. Auf dem Poster sind eine chemische Metallografie und das GIUM-Bild derselben Schweißnahtprobe abgebildet. Aufgrund der Verschiedenheit der Verfahren sind die Kontraste verschieden. Dennoch lassen sich Strukturen anhand von Korngröße und Kornorientierung wiederfinden. Die Weiterentwicklung der Datenverarbeitung ermöglicht noch bessere Abbildungen, wie das rechte Bild zeigt..

Bisher erlaubt das Verfahren eine rein qualitative Bewertung der Kornstruktur. Zukünftig soll untersucht werden, welche quantitativen Informationen sich auf diese Art gewinnen lassen. Möglicherweise lassen sich durch die Aufnahme von Ultraschallwellen aus verschiedenen Einfallsrichtungen die Gitterorientierungen der Körner oder deren elastische Eigenschaften bestimmen. Auch soll das Verfahren an anderen Werkstoffen getestet werden.

Lizenz: http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/de

Fraunhofer
IZFP

M. Barth
B. Köhler
F. Schubert

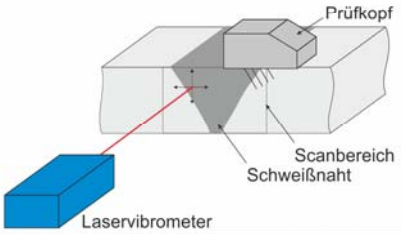
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren
Maria-Reiche-Str. 2, 01109 Dresden
martin.barth@izfp-d.fraunhofer.de

Gefüge-Visualisierung mittels Ultraschall

DACH Jahrestagung der DGZfP 2012, Graz

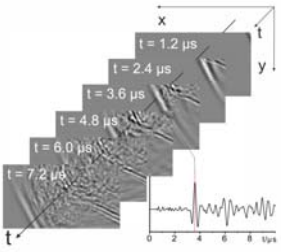
Beschreibung des Messverfahrens

- Einkoppeln gepulster Ultraschallwellen in die Probe
- Abtasten der Ultraschallwellen entlang der Oberfläche mittels Laservibrometer
- Verwendung eines neuen Mittelungsverfahrens wegen schwacher Signale, siehe Poster 48
- Datensatz enthält Filmsequenz der abgetasteten Ultraschallwellen
- Extraktion der Gefügestruktur mit eigens entwickeltem Computerprogramm
  ➔ „Grazing Incidence Ultrasound Metallography" - GIUM

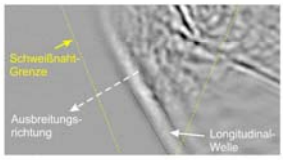


Details der Messdaten

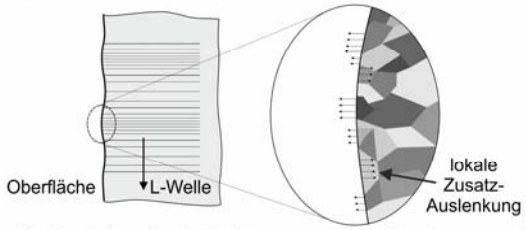
- Zeitsignale aller Messpunkte ergeben Filmsequenz der Wellenausbreitung in der Schweißnahtprobe



- Longitudinalwelle, gefolgt von Streuwellen aus dem Gefüge enthält Information über Gefügestruktur



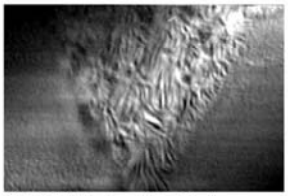
Physikalischer Hintergrund

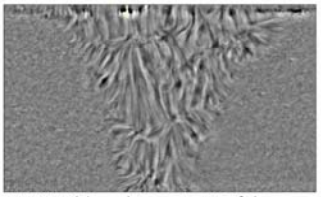


- Streifende Longitudinalwellen verursachen Schwingungen der Oberfläche
- Körner mit unterschiedlichen Orientierungen verformen sich verschieden aufgrund Ihrer Anisotropie (siehe Detail)
- Dadurch lokal abweichende Amplitude und Phase der streifenden Longitudinalwelle
- Spezielle Algorithmen ermöglichen Extraktion der Gefügestruktur

Ergebnisse

Fotografie chem. Metallografie


GIUM-Bild derselben Probe


GIUM-Bild, verbessertes Verfahren (andere Probe)

Ausblick

- Anwendung an anderen Werkstoffen
- Bestimmung der elastischen Eigenschaften
- Quantitative Bestimmung der Kornorientierung möglich?

Abbildung 1: Poster 56