

EINFLUSS HERSTELLUNGSBEDINGTER UNGÄNZEN AUF DAS WERKSTOFFVERHALTEN VON STAHLGUSS

Stichworte

Stahlguss, Ungängen, 3D-Ultraschall, Hochenergie-Röntgen-Computertomographie, Zugversuch

Cast Steel, Imperfections, 3D Ultrasound, High-Energy X-Ray Computed Tomography, Tensile Test

Ausgangssituation

Das Auftreten von Lunkern, Gasblasen, Einschlüssen oder Warmrissen in Stahlussteilen kann trotz ausgereifter Herstellungsprozesse nicht vollständig ausgeschlossen werden. Inwiefern diese herstellungsbedingten Ungängen in einem Bauteil als relevante Fehler zu bewerten sind, ergibt sich für jeden Gussteilbereich aus dem lokalen Ausnutzungsgrad (Quotient aus bauteilspezifischer lokaler Belastung im Einsatz und den dazugehörigen lokalen, gegebenenfalls durch Ungängen geminderten Werkstoffeigenschaften bzw. der Belastbarkeit). Da diese lokalen Ausnutzungsgrade jedoch nur unzureichend bekannt sind, werden bislang konservative, kosten- und ressourcenintensive Vereinbarungen zwischen Kunde und Gießerei getroffen und damit viele Ungängen rein formal und letztlich unnötig als Fehler deklariert. Eine realitätsnahe Trennung zwischen Ungängen ohne Fehlercharakter und Ungängen mit Fehlercharakter ist dementsprechend nur bei Vorliegen entsprechend genauer zerstörungsfreier Prüfergebnisse in Kombination mit geeigneten Werkstoffmodellen möglich.

Aufgabenstellung und Durchführung

An dieser Stelle setzt ein laufendes Forschungsprojekt an: Ziel ist zum einen die Ermittlung von wissenschaftlich gesicherten Korrelationen zwischen der zwei- bzw. dreidimensionalen Verteilung schwindungs-

bedingter Ungängen in Stahlguss der Legierungen G22NiMoCr5-6 und G20Mn5 und der lokalen bruchmechanischen Festigkeit bzw. der Belastbarkeit unter statischer Beanspruchung. Des Weiteren soll ein numerisches Konzept zur Festigkeitsbewertung von Stahlgussbauteilen mit realen oder postulierten Gießfehlern ermittelt werden.

Ergebnisse

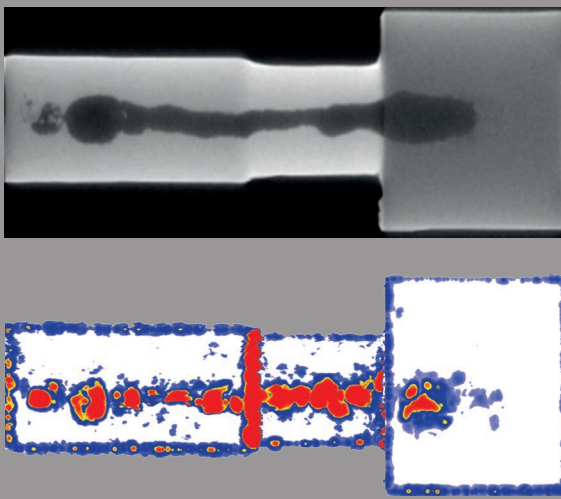
Um diese Ziele zu erreichen, stellt die Qualifizierung zweier geeigneter ZfP-Verfahren zunächst ein Teilziel dar. Hierfür wurden am Fraunhofer IZFP mechanisierte Ultraschall-Prüfungen (Anregung sowohl durch Einzelschwinger als auch durch Array-Sensoren) an Stahlgussstäben in Immersionstechnik durchgeführt. Als Ergebnis dieser Messungen stehen A-Scans sowie zweidimensionale B-, C-, und D-Scans zur Verfügung. Basierend auf den Ultraschall-Messdaten liefert ein am Fraunhofer IZFP entwickeltes Rekonstruktionsverfahren eine dreidimensionale Darstellung der lokalisierten Innendefekte.

Als zweites Prüfverfahren wurden CT-Messungen mit Hochenergie-Röntgenstrahlen durchgeführt. Auch diese Messungen lieferten hochaufgelöste 3D-Darstellungen der Probekörper inklusive der detektierten Ungängen.

Basierend auf den Ergebnissen der beiden Verfahren lassen sich Lage, Position, Größe sowie Verteilung der detektierten Ungängen präzise bestimmen. Diese Daten wurden sowohl untereinander als auch mit Ergebnissen zertifizierter konventioneller ZfP (Durchstrahlungsprüfungen und Ultraschall-Handprüfungen in Kontakttechnik) verglichen und durch zerstörende Prüfungen (metallographische Schliffbilder) validiert (siehe Abbildung).

Eine Abweichung zwischen den rekonstruierten 3D-Daten und den Validierungsdaten wurde genutzt, um das angewendete Rekonstruktionsverfahren zu verbessern. Die ermittelte Ungängenverteilung pro Stahlgussstab wurde anschließend an das Fraunhofer IWM übergeben, wo Finite-Elemente-Simulationen durchgeführt wurden,





Validierung der Ergebnisse aus Hochenergie-Röntgen-CT (links oben) und Ultraschall-Messungen (links unten) anhand von Schlibbildern (rechts)

um vorherzusagen, wie sich die gefundenen Ungängen unter statischen Belastungen auf das Werkstoffverhalten auswirken. Zeitgleich wurden statische Zugversuche durchgeführt, um das simulierte mit dem realen Bruchverhalten abzugleichen. Die bislang erzielten Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Einfluss von Ungängen auf das Werkstoffverhalten von Stahlguss unter statischen Belastungen je nach Lage und Ausbildung der Ungänge deutlich geringer ist als bislang angenommen. Die Forschungsarbeiten sind jedoch noch nicht abgeschlossen. Weitere Versuche und Auswertungen, darunter auch solche an realen Bauteilen, stehen noch aus.

Ihr Vorteil

Durch den Einsatz bildgebender ZfP können Größe, Lage und Position innenliegender Ungängen in Gussbauteilen genau bestimmt werden. Verwendet man diese Information ferner als Eingang für eine Simulation des Bauteilverhaltens unter statischer Belastung, kann eine auf die Verwendung angepasste und dadurch optimierte Auslegung erfolgen.

Projektträger

Das IGF-Vorhaben »Ungängen Stahlguss« der Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V. (FVG) (Förderkennzeichen: 469 ZN) wird über die AiF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert und gemeinschaftlich mit dem Fraunhofer IWM bearbeitet.

Summary

Casting materials are utilized whenever the manufacturing process places high demands on the mechanical properties of components with extremely complex designs. Since casting is a relatively expensive process, producers strive to exploit the full potential of the material. Discontinuities, blowholes, dross formation and other surface defects can still occur however.

These manufacturing-related defects result in local deterioration of the material properties. Accurate localization and characterization of the defects is advantageous since it allows for either efficient post-processing or an analysis of the fracture mechanics, which can make post-processing unnecessary. In both cases, nondestructive testing (NDT) leads to significant savings in both costs and material. NDT can also be used to characterize the raw source material or for post-processing quality control.

For these environments, Fraunhofer IZFP develops innovative non-destructive inspection systems based on ultrasonic, x-ray, magnetic flux leakage and electromagnetic methods, which can be used on components with different dimensions, as well as for different types of materials, such as iron, steel and aluminum.

Ansprechpartner

Dr. rer. nat. Ines Veile
 +49 681 9302 3846
 ines.veile@izfp.fraunhofer.de

