

Ungängen in additiv gefertigten Bauteilen - Einfluss auf die dynamischen Festigkeiten

Christoph WEIDIG¹, Christian STRAUBE¹

¹ ifw Jena GmbH, Jena

Kontakt E-Mail: cweidig@ifw-jena.de

Kurzfassung

Das pulverbettbasierte Schmelzen von Metall mittels Laserstrahl (PBF-LB/M) ist eine additive Fertigungsmethode zur Herstellung metallischer Bauteile. Es bietet Vorteile, hinsichtlich individueller, kundenspezifischer Produktlösungen, die eine hohe Flexibilität hinsichtlich Geometrie, Varianten und Stückzahl erfordern. Die zahlreiche Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet der letzten Jahre hat die Technologie mittlerweile über die Schwelle von der reinen Nischenanwendung hin zur Serienfertigung gebracht. Durch diese neuartige Herstellungsmethode stellt sich allerdings auch die Frage nach der Werkstoffprüfung von additiv gefertigten Bauteilen. Wo es bei nahezu allen etablierten Verfahren Normungen und Richtlinien gibt, wie Ungängen zu bewerten sind, fehlen diese öffentlich zugänglichen Vorschriften im Bereich der additiven Fertigung jedoch gänzlich.

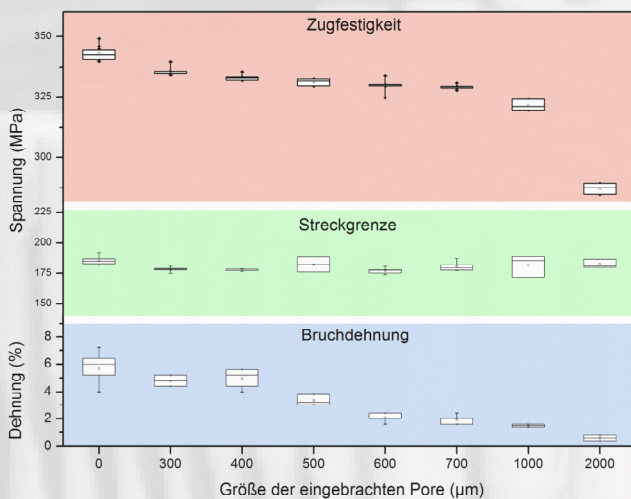
In der vorliegenden Studie wurde untersucht, wie sich Fehlstellen in additiv gefertigten Bauteilen auf die dynamischen Eigenschaften auswirken. Dazu wurden Ungängen in Probekörper definiert eingebracht und diese mit Hilfe der digitalen Durchstrahlungsprüfung untersucht, um die resultierenden Fehlergrößen und Ausprägungen zu detektieren. Anschließende Festigkeitsuntersuchungen zeigten die Einflüsse der eingebrachten Fehlstellen auf die ermittelten dynamischen Eigenschaften wie Schwingfestigkeit oder auch Ermüdungsfestigkeit. Experimentell ermittelte Wöhlerlinien geben erste Hinweise darauf, wie groß der tatsächliche Einfluss von Ungängen in Proben ist. Dies ermöglicht Aussagen zur Festigkeit nicht nur unter statischer Belastung, sondern auch unter dynamischen Laständerungen.

Ungängen in additiv gefertigten Bauteilen – Einfluss auf die dynamischen Festigkeiten

C. Weidig, C. Straube

Ausgangssituation

Ausgehend von den Ergebnissen zum Einfluss von Ungängen in additiv gefertigten Bauteilen auf die mechanischen Festigkeiten unter statischer Belastung, wurde in der vorliegenden Studie untersucht, wie sich bewusst eingebrachte Poren auf die dynamischen Festigkeiten auswirken. Dazu erfolgten nach der digitalen Durchstrahlungsprüfung Schwingversuche einer AlSi10Mg-Legierung im Zeitfestigkeitsbereich.

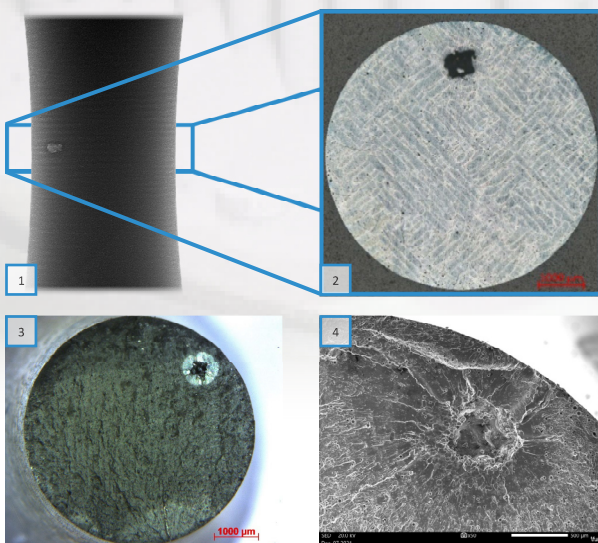


Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung in Abhängigkeit der eingebrachten Poren als Ergebnis des statischen Zugversuchs

Probencharakterisierung

Mit Hilfe der digitalen Durchstrahlungsprüfung konnten die bewusst eingebrachten Unregelmäßigkeiten detektiert und mittels Schlibbildern bestätigt werden. In den Bruchbildern konnten die Rissinitiierungsstellen und die Rissverläufe nachverfolgt werden.

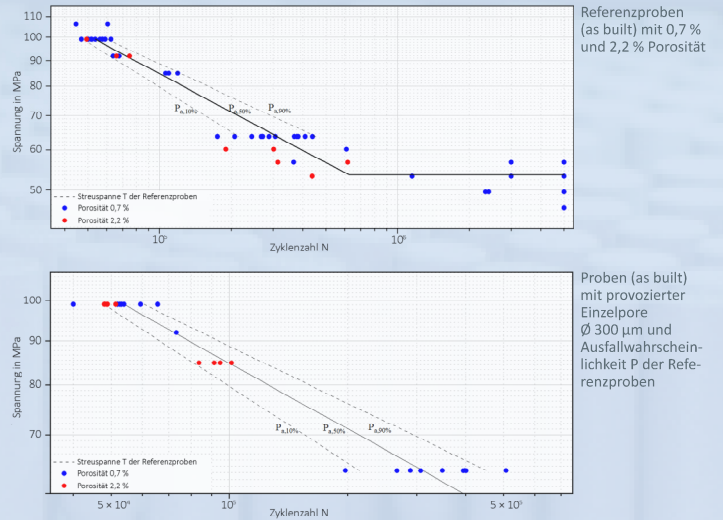
Bei den unbearbeiteten Proben mit as-built-Oberfläche zeigte sich allerdings, dass der Einfluss der Oberfläche größer ist, als der Einfluss der bewusst eingebrachten Unregelmäßigkeiten.



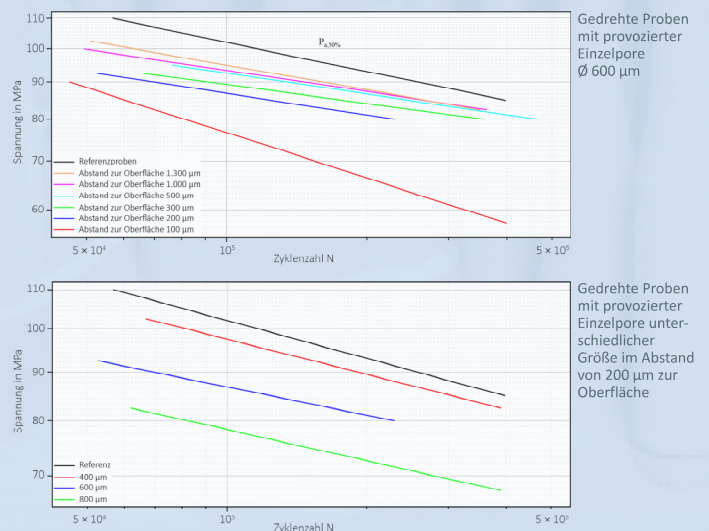
1: 600 µm große Einzelpore in zweidimensionaler Durchstrahlung, 2: angeätzter Schliff der gleichen Probe, 3: Bruchbild im Stereomikroskop, 4: REM-Bild der Pore

Dynamische Festigkeit

Im Wechsellastbereich $R_f = -1$ wurde mit Hilfe von Wöhlerversuchen die dynamische Festigkeit ermittelt. Die Auswahl der Spannungshorizonte erfolgte dabei so, dass das Versagen der Proben innerhalb des Zeitfestigkeitsbereiches geschah, sodass Zeitfestigkeitsgeraden erstellt werden konnten. Es lagen zwei verschiedene Porositäten und verschiedene Variationen der eingebrachten Unregelmäßigkeiten vor.



Es zeigt sich, dass eine unebene Oberfläche einen größeren Einfluss auf die Zeitfestigkeit hat, als kleinere innenliegende Unregelmäßigkeiten. So liegen sowohl die Proben mit höherer Porosität, als auch Proben mit 300 µm großen bewusst eingebrachten Poren innerhalb der Ausfallwahrscheinlichkeit der Referenzproben.



Die Position der Unregelmäßigkeit innerhalb der Probe ist von entscheidender Bedeutung. So ist die Zeitfestigkeit bei einer Pore knapp unterhalb der Oberfläche deutlich geringer, als wenn ein größerer Abstand zur Oberfläche vorliegt. Ebenso deutlich ist der Einfluss der Größe der Unregelmäßigkeit. Wie zu erwarten war, sinkt die Zeitfestigkeit bei großen Unregelmäßigkeiten deutlich. Bei Unregelmäßigkeiten $\leq 400 \mu\text{m}$ ist der Einfluss allerdings noch gering. Beim Einsatz zerstörungsfreier Prüfverfahren sollte ein besonderes Augenmerk auf oberflächennahe Unregelmäßigkeiten mit einer Größe ab 300 µm gelegt werden, da diese als besonders kritisch eingestuft werden können.

Förderkennzeichen:
49MF200023

Projektlaufzeit:
01.06.2020 bis 30.09.2022

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



ifw Jena

Günter-Köhler-Institut für Füge-technik und Werkstoffprüfung GmbH
Ernst-Ruska-Ring 3, 07745 Jena
Tel: +49 3641 204-100 | Fax: +49 3641 204-210
info@ifw-jena.de | www.ifw-jena.de | in ifw-jena | f ifwJena

Kontakt:
Dipl.-Ing. Christoph Weidig
Tel: +49 3641 204-230 | Mail: cweidig@ifw-jena.de