

**Charakterisierung variiertes Randzonenzustände an Gusseisenbauteilen und
Bewertung des Einflusses auf die Ermüdungsfestigkeit**

Forschungseinrichtungen:

1. Fachgebiet Systemzuverlässigkeit, Adaptronik und Maschinenakustik SAM, TU Darmstadt
2. Fraunhofer Institut für Betriebsfestigkeit LBF, Darmstadt
3. Gießerei-Institut der RWTH Aachen

Laufzeit: 01.01.2016 bis 30.06.2019

Zusammenfassung:

Die Beurteilung der Schwingfestigkeit von Gussteilen mit verbleibender Gushaut stellt nach wie vor eine Herausforderung dar. Bisher wird das zyklische Werkstoffverhalten für bestehende Auslegungskonzepte mit Kennwerten von allseitig bearbeiteten Proben beschrieben und die Gushaut dabei fast ausschließlich als Oberflächenrauheit in Form von Abschlagsfaktoren, wie dem Rauheitsfaktor $K_{R,\sigma}$ der FKM-Richtlinie, berücksichtigt [1]. Dieser Rauheitsfaktor vernachlässigt jedoch den Einfluss von Ungängen, wie inhomogene Mikrostrukturen, Defekte, Poren etc. in der Randschicht des Gussbauteils. In diesem Forschungsvorhaben beschreibt die Gushaut den Randbereich des Gussteils, der aus Oberflächenrauheit und einer vom Grundwerkstoff abweichenden Mikrostruktur besteht.

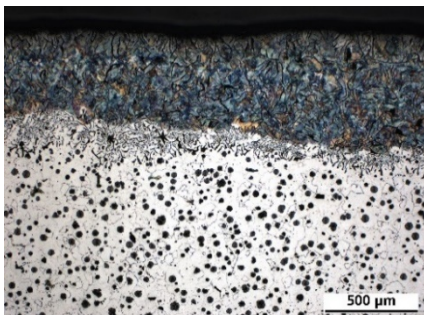


Bild 1: Lichtmikroskopische Aufnahme entlang des Prüfquerschnitts einer Biegeprobe aus EN-GJS-400-15 mit perlitischer Randzone mit Lamellengraphit

Ergebnisse

Um den Einfluss der Gushaut auf die

Schwingfestigkeit zu beurteilen, wurden spannungs- und dehnungsgeregelte Schwingfestigkeitsversuche an Proben aus EN-GJS-400-15, EN-GJS-700-2 und EN-GJS-500-14 mit unterschiedlichen Gushautzuständen durchgeführt. Das zyklische Werkstoffverhalten der Randzone wurde durch zyklische dehnungsgeregelte Versuche unter Wechselbelastung, $R_\epsilon = -1$, an Flachproben bestimmt, die aus der Randzone entnommen wurden. Um den Einfluss der Oberflächenrauheit sowie von Spannungsgradienten auf die Schwingfestigkeit zu untersuchen, wurden zyklische Biegeversuche unter wechselnder, $R_\sigma = -1$, und zugschwellender, $R_\sigma = 0$, Belastung durchgeführt. Die Versuchsergebnisse werden verwendet, um ein Bemessungskonzept zu entwickeln, das den Einfluss der Randzone auf die Lebensdauer von Gusseisenbauteilen berücksichtigt. Zur Bewertung der zyklischen Eigenschaften der Gushaut in ihrer Gesamtheit aus Randzone und Oberflächenrauheit wurden Biegeproben mit drei unterschiedlichen Randschichttypen untersucht: Zunächst wurden Biegeproben aus dem Grundwerkstoff mit allseitig bearbeiteten Oberflächen entnommen, Bild 2, blaue Wöhlerlinie. Der Einfluss der Oberflächenrauheit wurde mit Hilfe von Biegeproben ohne Randzone, aber mit Oberflächenrauheit untersucht, Bild 2, violette Wöhlerlinie. Auf diese Weise war es möglich den zusätzlichen schädigenden Einfluss der Randzone zu bewerten, Bild 2, schwarze Wöhlerlinie.



Das IGF-Vorhaben Nr. 18976 N der Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V., Hansaallee 203, 40549 Düsseldorf, wurde über die AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung IGF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Der Vergleich der Wöhlerlinien in Bild 2 zeigt, dass eine Oberflächenrauheit von $R_z = 67 \mu\text{m}$, $R_a = 14 \mu\text{m}$, bezogen auf die bearbeiteten Grundwerkstoffproben ($\sigma_{a,n,k,50\%} = 201 \text{ MPa}$), zu einer Reduktion der Schwingfestigkeit von 18 % führt ($\sigma_{a,n,k,50\%} = 165 \text{ MPa}$). Eine Randzone mit Oberflächenrauheit, Lamellengraphit und perlitischer bzw. ferritischer Matrix führt zu einer weiteren Reduktion der Schwingfestigkeit von 34 % ($\sigma_{a,n,k,50\%} = 109 \text{ MPa}$). Die mit Hilfe der FKM-Richtlinie berechnete Wöhlerlinie, Bild 2, rot, führt zu nicht-konservativen Ergebnissen für die Schwingfestigkeitsbewertung einer Gusskomponente mit Gushaut.

Um den Einfluss der Randschicht zu beschreiben, wurde zu jeder Biegeprobe nach dem Schwingfestigkeitsversuch die Randschicht vermessen und eine mittlere Randschichtdicke ermittelt. In Bild 3a ist der Randschichtfaktor n_{RS} über der mittleren Randschichtdicke t_{RS} aufgetragen. Der Randschichtfaktor bildet die Schwingfestigkeitsreduktion der Biegeprobe mit Randschicht gegenüber der Biegeprobe ohne Randschicht, jeweils mit Oberflächenrauheit,

ab.

Fazit:

Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens zeigen, dass für eine zuverlässige Betriebsfestigkeitsbewertung von unbearbeiteten Gussbauteilen die Gushaut als Gesamtsystem aus Oberflächenrauheit und Graphitdegenerationen in variierenden Matrixgefügen berücksichtigt werden sollte. Die Schwingfestigkeitsbewertung der Biegeprobe nach FKM-Richtlinie führt zu nicht-konservativen Ergebnissen in der Schwingfestigkeitsbewertung einer gegossenen Komponente mit Gushaut. Der entwickelte Ansatz „Randzonenfaktor“ führt zu einer guten Anpassung an die Versuchsergebnisse.

[1] R. Rennert, E. Kullig, M. Vormwald, A. Esderts und D. Siegele, FKM-Richtlinie - Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile aus Stahl, Eisenguss- und Aluminiumwerkstoffen, 6. Auflage, Hrsg. VDMA Verlag GmbH, Frankfurt/M., 2012.

Das Forschungsziel wurde erreicht.

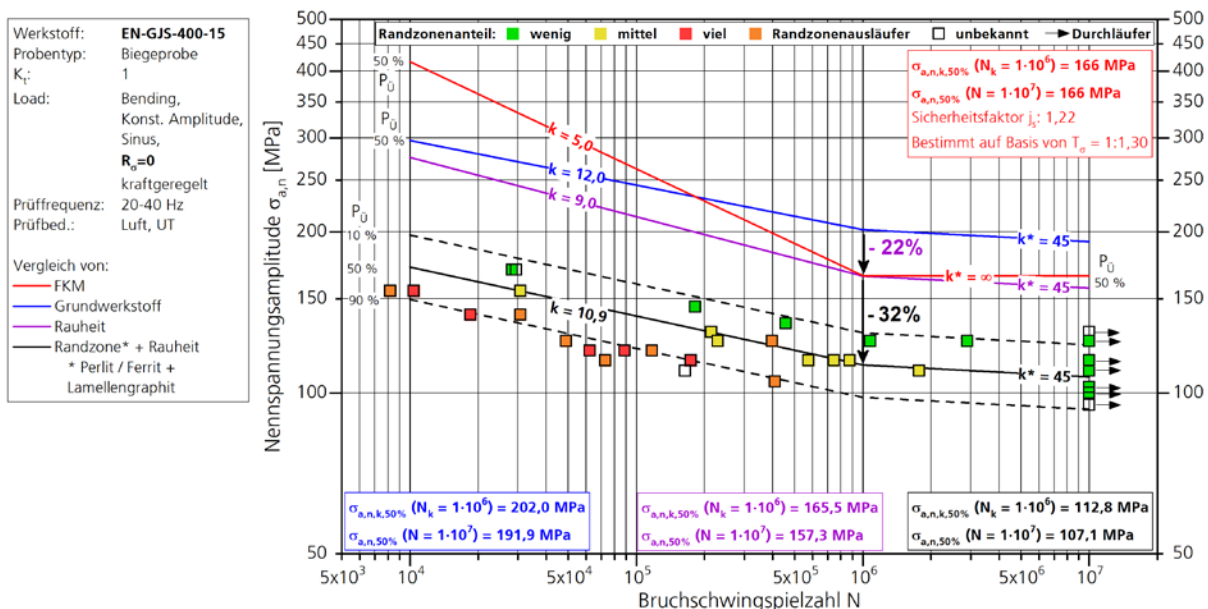


Bild 2 Wöhlerlinien von Biegeproben aus EN-GJS-400-15: blau Grundwerkstoff, violett: mit Rauheit und mit Randschicht, schwarz: Rauheit im Vergleich zu einer mittels FKM Richtlinie berechneten Wöhlerlinie (rot). Auftragung der Einzelergebnisse der randzonenbehafteten Biegeproben in Abhängigkeit ihres Randzonenanteils kategorisiert

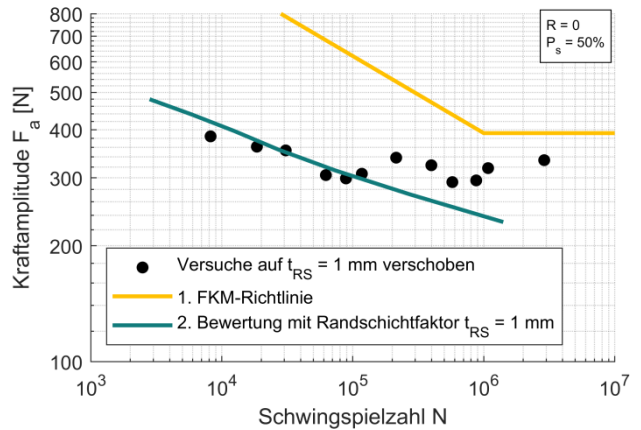
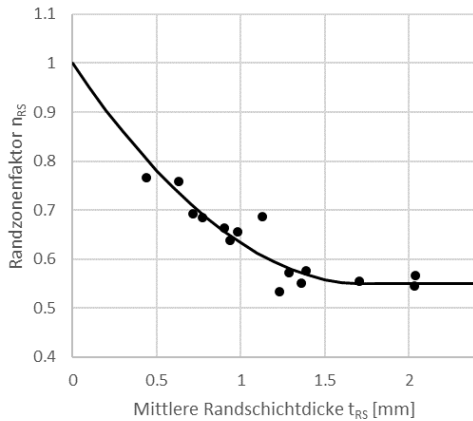


Bild 3 a) Einfluss der mittleren Randschichtdicke t_{RS} auf die Schwingfestigkeit

Bild 3 b) Rechnerische Auslegung der Biegeprobe

Der vollständige Schlussbericht liegt vor und kann schriftlich angefordert werden bei der
 Forschungsvereinigung Gießereitechnik e.V.
 Hansaallee 203 - 40549 Düsseldorf
 Fax: 0211 / 6871 40 245 - Email: fvg@bdguss.de