

Fabian Ritz

**Ermüdungs- und Schädigungsverhalten  
von X10CrNiMoV12-2-2 im VHCF-Bereich  
unter dem Einfluss von Mittelspannungen  
und Kerben**

Werkstoffkundliche Berichte  
Band 45/2019  
Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. T. Be

## Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen und Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Grundlagen und Kenntnisstand</b> .....	<b>3</b>
2.1 Grundlagen der Materialermüdung.....	3
2.2 Rissausbreitung und bruchmechanische Konzepte.....	7
2.3 Ermüdungsverhalten metallischer Werkstoffe im VHCF-Bereich.....	13
2.4 Rissinitiierung und –wachstum im VHCF-Bereich.....	17
2.4.1 Rissinitiierung an der Probenoberfläche.....	18
2.4.2 Rissinitiierung aus dem Probeninneren.....	19
2.4.3 Bildungsmechanismen der Feinkornzone.....	21
2.5 Einflussparameter auf das VHCF-Ermüdungsverhalten.....	28
2.5.1 Kerben.....	28
2.5.2 Mittelspannungen.....	30
2.5.3 Volumeneffekte.....	32
2.5.4 Beanspruchungsfrequenz.....	32
2.6 Ermüdungsverhalten von Dampfturbinenstählen.....	34
<b>3. Motivation und Zielsetzung</b> .....	<b>39</b>
<b>4. Versuchswerkstoff und Probengeometrie</b> .....	<b>41</b>
4.1 X10CrNiMoV12-2.....	41
4.2 Mikrostrukturelle Charakterisierung.....	42
4.3 Probenauslegung und Geometrie.....	44
<b>5. Versuchstechnik</b> .....	<b>47</b>
5.1 Ultraschallermüdungsanlage.....	47
5.2 Versuchsdurchführung und Kennwertermittlung.....	50
5.3 3D-Laservibrometrie.....	53
5.4 Mikroskopische Analyseverfahren.....	54

---

<b>6. Versuchsergebnisse und Diskussion</b> .....	<b>57</b>
6.1 Charakterisierung der Ultraschallschwingung.....	57
6.1.1 Kerbformzahl $\alpha_k = 1,09 / R = -1$ .....	57
6.1.2 Kerbformzahl $\alpha_k = 2,42 / R = -1$ .....	59
6.1.3 Kerbformzahl $\alpha_k = 1,09 / \sigma_m \approx 350 \text{ MPa}$ .....	61
6.1.4 Einfluss unterschiedlicher Boostergeometrien auf das Schwingungsverhalten sowie die Spannungsverteilung innerhalb der VHCF-Proben .....	63
6.2 Ermüdungsverhalten im VHCF-Bereich.....	65
6.2.1 Kerbformzahl $\alpha_k = 1,09$ .....	66
6.2.1.1 Ermüdungsversuche HCF- und VHCF-Bereich .....	66
6.2.1.2 Fraktografische Auswertungen.....	75
6.2.2 Kerbformzahl $\alpha_k = 1,31$ .....	85
6.2.2.1 Ermüdungsversuche HCF- und VHCF-Bereich .....	85
6.2.2.2 Fraktografische Auswertungen.....	90
6.2.3 Kerbformzahl $\alpha_k = 2,42$ .....	94
6.2.3.1 Ermüdungsversuche HCF- und VHCF-Bereich .....	94
6.2.3.2 Fraktografische Auswertungen.....	97
6.2.4 Zusammenfassende Bewertung der Ermüdungsversuche.....	100
6.3 FGA-Bildung und bruchmechanische Analyse.....	104
<b>7. Zusammenfassung</b> .....	<b>115</b>
<b>8. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>118</b>
<b>9. Ausgewählte Publikationen und Vorträge</b> .....	<b>135</b>
9.1 Publikationen .....	135
9.2 Vorträge .....	135
9.3 Betreute studentische Arbeiten .....	136
<b>10. Lebenslauf</b> .....	<b>138</b>