

Rissinitiierung und -wachstum in polykristallinen Ni-Basis Gusslegierungen bei Ermüdungs- und Kriech-Ermüdungsbelastung

T. Beck (V)¹, O. Jordan¹, T. D. Nguyen², P. Lion³, H. Gottschalk⁴, L. Maede², D. Kulawinski²

¹ RPTU Kaiserslautern-Landau, WKK, Gottlieb-Daimler-Str. 44, 67663 Kaiserslautern

² Siemens Energy Global GmbH & Co. KG, Berlin

³ Hydac International GmbH, Sulzbach

⁴ TU Berlin, Institut für Mathematik

Konventionell erstarrte (CC) Ni-Basis-Gusslegierungen weisen -bedingt durch ihre grobkristalline Erstarrung, verbunden mit einer ausgeprägten elastischen Anisotropie- eine ausgeprägte Streuung der Ermüdungslebensdauer auf. Da diese Werkstoffklasse überwiegend in den hinteren Stufen von Gasturbinen eingesetzt wird, sind durch Start-Stopp- und Laständerungsvorgängen sowie fluidmechanische Effekte verursachten zyklischen Lasten ausgeprägte Kriechbeanspruchungen infolge von Fliehkräften überlagert.

Der erste Teil des Beitrags analysiert experimentell und simulativ den Einfluss der Kornanisotropie auf die Spannungs- und Dehnungsverteilung in der Ni-Basislegierung Alloy 247 CC samt deren Konsequenzen für die Bildung und das Wachstum von Ermüdungsrissen. Die numerischen Simulationen erfolgten mittels FEM an digitalen Zwillingen der in den Versuchsprüben mittels EBSD ermittelten Korngrenzenstruktur und individuellen Kornorientierungen [1]. Der zweite Teil geht auf Ermüdungsversuche an vorab kriechgeschädigten Prüben und Ermüdungsversuche mit hohen Mittellasten ein [2]. Hierbei wurde die Kriechporenbildung anhand metallographischer Aufnahmen und mittels Röntgen-Mikrotomographie unter Zuhilfenahme KI-gestützter Bildanalysen ausgewertet. Die Ergebnisse mündeten in ein diffusionsbasiertes Modell zur Simulation der Kriechporenevolution [3], auf dessen Grundlage der Ansatz zur Vorhersage der Ermüdungsfestigkeit nach Kitagawa-Takahashi um den Einfluss kriechinduzierter Schädigungen erweitert wurde. Die Ergebnisse wurden in mehreren durch das BMWi / BMWK über die AG-Turbo geförderten Verbundvorhaben erzielt, an denen, neben der RPTU, Siemens Energy die BU Wuppertal beteiligt waren.

[1] Engel B., Mäde L., Lion P., Moch N., Gottschalk H., Beck T.: Probabilistic modeling of slip system-based shear stresses and fatigue behavior of coarse-grained Ni-base superalloy considering local grain anisotropy and grain orientation (2019), Metals, 9 (8), 813, <https://doi.org/10.3390/met9080813>

[2] Jordan O., Nguyen T.D., Lion P., Beck T.: Interaction and superposition of creep damage and high-cycle fatigue of coarse-grained nickel-base alloy 247 (2024) Materials at High Temperatures, 41 (1), pp. 195 – 205, <https://doi.org/10.1080/09603409.2024.2310914>

[3] Nguyen T.D., Jordan O., Mäde L., Beck T., Kulawinski D.: Characterisation of the creep cavitation process on grain boundaries in a polycrystalline nickel-base alloy 247 (2024), Materials at High Temperatures, 41 (2), pp. 322 – 333, <https://doi.org/10.1080/09603409.2024.2344901>