

Abteilung Hochtemperaturwerkstoffe

Rissverhalten von Nickelbasislegierungen unter überlagerter Kriech- und Kriechermüdigungsbeanspruchung

- Vorhaben:** BMWi / AiF Nr. 12308* **Laufzeit:** 01.12.1999 bis 30.08.2003
Förderung: Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V., Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.
Kooperation: Materialprüfungsanstalt (MPA), Universität Stuttgart
Bearbeitung: Dipl.-Ing. Falk Müller
Bericht: Abschlussbericht vom 14.11.2003

Kurzbeschreibung

Mit den durchgeführten experimentellen und theoretischen Untersuchungen wurden erste grundlegende Werkstoffeigenschaften für die Auslegung und Überwachung von Hochtemperaturbauteilen thermischer Maschinen und Anlagen am Beispiel der Nickelbasislegierungen Inconel 706 und IN-738 LC ermittelt. Die Untersuchungen befassten sich mit der Beschreibung des Abriss- und Rissfortschrittsverhaltens bei typischen Anwendungstemperaturen. Der Schwerpunkt der durchgeführten Versuche lag auf der Schmiedelegierung Inconel 706 bei kennzeichnenden Temperaturen von 550 und 600 °C. Die bei instationären Betriebszuständen auftretende Kriechermüdigungsbeanspruchung wurde dabei an diesem Werkstoff in Zuschwellversuchen unter Variation der Haltezeit untersucht. Extrem lange Haltezeiten wurden durch Kriechversuche und extrem kurze Haltezeiten durch Ermüdungsrissversuche simuliert. Im Hinblick auf einen möglichen Einfluss der Probenform wurden die Versuche nicht nur an Bruchmechanikproben des Typs CT (Cs12.5) sondern auch an solchen des Typs DENT (D15) durchgeführt. Weiterhin ein möglicher Einfluss der Kerbschärfe der Rissstartkerbe an CT-Proben mit angeschwungenen und erodierten Rissstartkerben hinterfragt. An der grobkörnigen Feingusslegierung IN-738 LC wurde das Rissverhalten bei Temperaturen von 700 und 850 °C an Proben von Typ CT (Cs20) mit erodierten Rissstartkerben untersucht. Das Rissverhalten (Risseinleitung und Rissfortschritt) lässt sich an der Schmiedelegierung Inconel 706 mit dem Parameter K beschreiben. Der Parameter C* kann nur eingeschränkt verwendet werden. Die Risseinleitung wurde für zwei Anrisslängen beschrieben. Ein vorläufiges Zwei-Kriterien-Programm wurde unter Heranziehung des Spannungsintensitätsfaktors und der Nennspannung im Ligament erarbeitet. Zur langzeitigen Ansicherung des Zwei-Kriterien-Diagramms sind weitere Untersuchungen notwendig. Die für die Feingusslegierung IN-738 LC vorliegenden Ergebnisse zum Kriechverhalten zeigen ungewöhnliche $a(t)$ - und $v(t)$ -Verläufe. Dies hat seine Ursache in der Grobkörnigkeit dieser Legierung. Die Verläufe zeigen „Plateaus“ mit verringerter Rissfortschrittsrate, wenn der Riss direkt auf ein Korn stößt. Es wurde eine Vorgehensweise erarbeitet, die es ermöglicht, dieses ungewöhnliche Rissverhalten näherungsweise zu beschreiben. Hierbei bleibt die Frage offen, ob das Rissverhalten bei derartig grobkörnigen Legierungen noch mit herkömmlichen Konzepten zu beschreiben ist oder aus bruchmechanischer Sicht modifizierte Konzepte entwickelt werden müssen. Mit den Vorliegenden Ergebnissen wurde eine erste Bewertung von Rissen oder rissartigen Fehlstellen an Bauteilen aus Nickelbasislegierungen geschaffen. Der erweiterte Kenntnisstand führt in der Industrie zu einer verbesserten Überwachungstechnik und ermöglicht dadurch einen verlängerten und trotzdem sicherheitstechnisch unbedenklichen Betrieb der hochbelasteten Bauteile von Kraftwerken und Hochtemperaturanlagen. Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist erreicht worden.

* Gefördert aus den Mitteln des BMWi über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF). Dem BMWi, der AiF sowie der FVV sei für die Förderung und finanzielle Unterstützung dieses Forschungsvorhabens (BMW / AiF Nr. 12308) gedankt.