

Einfluss der Temperatur-Dehnung Phasenlage auf das thermomechanische Ermüdungsverhalten von Ni-Basis-Legierungen

Karl-Heinz Lang, Stefan Guth

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Angewandte Materialien, Karlsruhe

Das Lebensdauer- und Schädigungsverhalten von Nickel-Basiswerkstoffen unter thermomechanischer Ermüdungsbeanspruchung wird stark von der Phasenlage zwischen mechanischer Beanspruchung und Temperatur beeinflusst. Zur Untersuchung dieses Einflusses wurden totaldehnungskontrollierte TMF-Versuche im Temperaturbereich von 100 - 850 °C durchgeführt. Dabei wurden Phasenwinkel zwischen Temperatur mechanischer Beanspruchung von 0° (in-phase, IP), 180° (out-of-phase, OP), +90° (clockwise diamond, CD) und -90° (counter clockwise diamond, CCD) realisiert. Bei einigen Versuchen wurde zusätzlich eine Haltezeit von 2, 5 oder 30 Minuten bei Maximaltemperatur eingefügt. Die TMF-Lebensdauer hängt stark von der Phasenlage ab und steigt in der Folge IP < CCD < OP < CD. Während bei IP und CCD Beanspruchung intergranulare Schädigung dominiert, erfolgt die Schädigung bei OP und CD Versuchen hauptsächlich transgranular. Bei allen Versuchen wurden sog. „wedge-type“-Risse an Korngrenzen-Trippelpunkten gefunden, die nach IP- und CCD-Versuchen senkrecht und bei OP- und CD Beanspruchungen parallel zu der Beanspruchungsrichtung ausgerichtet sind. Diese Beobachtung kann mit von der Phasenlage abhängigen Korngrenzengleiten erklärt werden. Das Einfügen einer Haltezeit führt zu einer Vergrößerung sekundärer Karbide, die eine Reduzierung der induzierten Spannungen und einer Vergrößerung der plastischen Verformung zur Folge hat. Bei OP- und CD-Beanspruchung kompensieren sich diese beiden Effekte und die Lebensdauer ist von einer Haltezeit nur wenig beeinflusst. Bei IP- und CCD-Beanspruchung verringern die niedrigeren Spannungen die Korngrenzenschädigung und können so zu einer längeren Lebensdauer führen. Auf der Basis dieser Erkenntnisse wurde ein Lebensdauervorhersage-Modell entwickelt, das auf zwei Schädigungsparametern beruht, die die intergranulare und transgranulare Schädigungsentwicklung berücksichtigen. Beide Parameter liefern für eine Beanspruchung mit einem gegebenen Phasenwinkel eine Lebensdauervorhersage. Der Parameter, der die kürzere Lebensdauer liefert, wird für die Lebensdauervorhersage herangezogen. Damit ist auch eine Vorhersage der dominierenden Schädigung verbunden. Diese Herangehensweise liefert eine zufriedenstellende Lebensdauervorhersage für einen weiten Bereich von Beanspruchungsbedingungen.