

# Multiaxiale Thermomechanische Tests

**Die in Gas- oder Strahltriebwerken eingesetzten Werkstoffe müssen extremen Einsatzbedingungen wie Notabschaltungen und Nachbrenneraktivierung standhalten. Die extrem heißen Werkstoffe werden dabei plötzlich abgekühlt, wodurch es zu einer Werkstoffermüdung kommt.**

Thermische Gradienten bewirken in abgekühlten Komponenten multiaxiale Belastungen. Bei interner Kühlung, zum Beispiel von Rotoren in der ersten Stufe eines Strahltriebwerks, können sich die thermisch induzierten Beanspruchungen nicht durch makroskopische Deformationen entspannen. Die an der Komponente auftretenden Spannungen führen zu multiaxialen Druckbelastungen an der heißen Oberfläche und zu multiaxialen Zugbelastungen an der abgekühlten Oberfläche.

Da es bei konventionellen thermomechanischen Tests nicht möglich ist, diese Belastungszustände zu simulieren und eine homogene Temperaturverteilung zu erreichen, hat das Institut für Werkstoffforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zwei Testanlagen für mechanische Ermüdung durch thermische Gradienten (TGMF) entwickelt. Diese Anlagen ermöglichen eine zyklische und gleichzeitig thermische und mechanische Belastung mit kontrollierten Temperaturgradienten an der Wand hohler Prüfkörper. Der Temperaturgradient wird erreicht, indem die Außenfläche mit einem Ofen erhitzt wird, der konzentrierte Strahlung abgibt, und die Innenfläche gleichzeitig mit Druckluft gekühlt wird.

Ein stationärer Temperaturgradient wird in der Regel nach 20 bis 40 Sekunden erreicht. Durch den hohen vom Strahlungssofen erzeugten Wärmefluss lassen sich Heizraten erreichen, die den in echten Turbinenblättern eines Strahltriebwerks erreichten Verhältnissen entsprechen. Realistische Kühlraten lassen sich

durch Zwangsluftkühlung an der Außenfläche erreichen. Während der Abkühlsequenz des Testzyklus wird der Prüfkörper über Kühlöffnungen in den Verschlüssen gekühlt.

## Die TGMF-Tests bieten zahlreiche Vorteile

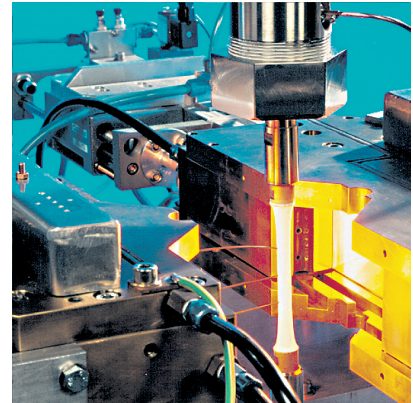
Diese realitätsnahen Tests haben den Vorteil, dass mit ihnen Daten aus Labortests auf die Einsatzbedingungen übertragen werden können. Zusätzlich ermöglichen die in der TGMF-Testvorrichtung erreichten Heiz- und Abkühlraten sehr kurze Testzyklen, so dass die Ermüdungsbelastung eines gesamten Fluges innerhalb von drei bis fünf Minuten an einem Prüfkörper angewandt werden kann.

## Leistungsdaten

Der Strahlungssofen hat eine Leistung von 16 kW. Typische Testdaten für einen Hohlzylinderprüfkörper aus einer Superlegierung auf Nickelbasis sind: Aufheizen von 100 °C auf 1.000 °C in ca. 20 Sekunden, Abkühlen von 1.000 °C auf 100 °C in ca. 15 Sekunden, stationärer Temperaturgradient von 100 °C pro mm. Die maximale mechanische Belastung beträgt 25 kN bzw. 60 kN.

Institut für Werkstoff-Forschung

Dr. Marion Bartsch  
Telefon: +49 2203 601-2436  
Telefax: +49 2203 696-480  
marion.bartsch@dlr.de



Thermischer Ermüdungstest mit Strahlungsheizung und intern gekühlter Probe.