

**DER EINFLUSS VON PERIODISCHEN
TEMPERATURWECHSELN AUF DAS KRIECHEN
VON METALLEN**

**Abhandlung
zur Erlangung des Titels eines Doktors
der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH**

**vorgelegt von
BRUNO WALSER
Dipl. Chemiker-Metallurg ETH
geboren am 4. Dezember 1943
von Quarten (Kt. St. Gallen)**

**Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. W. Epprecht, Referent
Prof. Dr. W. Siegfried, Korreferent**

III. ZUSAMMENFASSUNG

Bis jetzt wurden verhältnismässig wenige Untersuchungen des Zeitstandverhaltens unter langsamen und bezüglich der Temperatur kleinen Thermozyklen durchgeführt. Die wenigen Literaturangaben beziehen sich hauptsächlich auf zweckgebundene Versuche, die selten längere Versuchszeiten umfassten. Da die Versuchsparameter für jeden veröffentlichten Fall andern Bedingungen entsprachen, fehlen weitgehend Vergleichsmöglichkeiten.

Um Anhaltspunkte über den Einfluss einer länger dauernden thermozyklischen Belastung besser zu erfassen, wurden an einem niedrig legierten, warmfesten, ferritischen Stahlguss (GS-17 CrMoV 5 11) zwei verschiedene Wärmebehandlungszustände über längere Zeit untersucht. Die Versuche konnten im Zeitstandlabor der Firma Georg Fischer AG in Schaffhausen durchgeführt werden. Als Hauptparameter wurden die Maximaltemperaturen von 500 und 550°C und die Temperaturdifferenz von 50°C betrachtet (Abkühlzyklen). Parallel zu den Temperaturwechselversuchen untersuchten wir Prüfstäbe bei konstanten Temperaturen ($T_V = T_{max}$).

Das wichtigste Ergebnis liegt in der Tatsache, dass ein deutlicher Unterschied zwischen Versuchen mit hohen und solchen mit niedrigen Spannungen festzustellen war. Bei hohen Spannungen erbrachten Thermozyklen die erwartete Verlangsamung des Kriechens. Allerdings kann auch für diesen Fall eine höhere Deformationsrate beobachtet werden, als auf Grund der aus dem Temperaturverlauf berechneten Mitteltemperatur zu erwarten war. Dagegen bringen Abkühlzyklen für lange Versuchszeiten und niedrige Spannungen keine wesentliche Verlangsamung des Kriechvorgangs. Das bedeutet, dass nicht nur mit der Haltezeit bei der maximalen Temperatur und eventuellen Kriechanteilen bei tieferer Temperatur gerechnet werden muss, sondern, dass infolge des ständigen Wechsels der Temperatur innere Vorgänge ablaufen, welche die Deformation beschleunigen. Möglicherweise wird durch die Thermozyklen die Aktivierungsenergie für das Klettern der Versetzungen erniedrigt und damit die Kriechverformung beschleunigt. Andererseits führt die Erniedrigung der Temperatur zu langsamerem Kriechen; die beiden Vorgänge heben sich gegenseitig weitgehend auf, weshalb eine ähnliche Kriechgeschwindigkeit resultiert wie im Normalversuch.

Dies bedeutet, dass durch die auf den Daten von Normalversuchen (bei verschiedenen Temperaturen) beruhende Extrapolationsverfahren für diesen Stahl bedeutend höhere Standzeiten für TZ-Beanspruchung berechnet würden, als im Versuch erhalten werden. Wie weit dies für andere Werkstoffe gilt, kann nicht gesagt werden, da Vergleichsmöglichkeiten fehlen. Es darf aber angenommen werden, dass kompliziert aufgebaute Legierungen zum beschriebenen Verhalten neigen, während einfachere Gefüge den berechneten Werten eher entsprechen, obwohl auch in diesem Falle Vorsicht am Platze ist.

Als weiterer wichtiger Punkt ergibt sich für Thermozyklen die schlechte Vergleichbarkeit der Kriechdaten bei hohen Spannungen mit denjenigen bei niedrigen Spannungen. Damit ist auch die Extrapolationsmöglichkeit von Standzeiten bei hoher auf diejenige bei niedrigen Spannungen weitgehend auszuschließen. Der Grund hierfür dürfte in den unterschiedlichen, zur Deformation den Hauptbeitrag liefernden Verformungsmechanismen liegen. Für hohe Spannungen ist nach der heute allgemein anerkannten Meinung hauptsächlich die Gleitung, für niedrige Spannungen das Klettern der Versetzungen die geschwindigkeitsbestimmenden Vorgänge.

Mit Hilfe des Reinformmetalls Aluminium (Raffinal 99.99%) wurde versucht, die Ergebnisse der Stahlversuche zu bestätigen. Aus experimentellen Gründen konnten weniger Messungen durchgeführt werden als bei Stahl und die erzielten Resultate sind vor allem als Hinweise zu werten. Es liess sich nachweisen, dass Abkühlzyklen auch beim Aluminium bei hohen und mittleren Spannungen gesamthaft zu einer Verlangsamung des Kriechprozess führen. ("Kurzzeitversuche"). In der zur Verfügung stehenden Zeit konnte das Verhalten unter niedrigen Spannungen nicht genau untersucht werden, doch ergaben sich Hinweise, dass bei niedrigen σ die Temperaturdifferenz wichtig sein kann, indem mit kleiner werdendem ΔT die Kriechgeschwindigkeit stärker zunimmt als auf Grund der Versuchsbedingungen anzunehmen ist.

Der genaue Einfluss der Thermozyklen auf das Kriechen konnte auch in dieser Untersuchung nicht umfassend abgeklärt werden. Die Anzahl und Variationsmöglichkeiten aller Versuchsparameter übersteigt den zeitlichen und materiellen Rahmen einer Dissertation. Selbst eine genaue Analyse der bestehenden Literatur kann keine vollständige Klärung der Phänome erbringen. Eindeutig ist aber, dass Temperaturwechsel, in welcher Form sie auch vorliegen, eine gesamthaft gesehen schädigende Versuchsponente bedeuten.