

Die physikalischen Eigenschaften von Ni-Basis-Legierungen

F. Richter / Mülheim an der Ruhr

Beim Bau moderner Kraftwerksanlagen werden wegen der erhöhten Arbeitstemperaturen im Warmbereich im Vergleich zu konventionellen Anlagen zunehmend Ni-Basis-Legierungen eingesetzt. Diese zeichnen sich gegenüber Stählen durch eine deutlich verbesserte Warmfestigkeit aus. Die Ni-Basis-Legierungen enthalten neben 31 bis 74 % Ni als Hauptlegierungsbestandteil fast ausschließlich Cr (12 bis 30 %), dazu in vielen Fällen Fe (max. 42 %). Daneben finden sich viele, die Dauerfestigkeit stabilisierende Zusätze von Mo, Nb, W, Ta, Co, Ti, Al.

Für die Untersuchungen, die sich über mehr als 30 Jahre erstreckten, standen 28 verschiedene Werkstoffe zur Verfügung. An unterschiedlich ausgewählten Gruppen wurden die verschiedenen physikalischen Eigenschaften zwischen Raumtemperatur bis maximal 1000 °C gemessen.

Die Dichtewerte werden maßgeblich durch die unterschiedlichen Zusatzelemente bestimmt. Der Wertebereich bei Raumtemperatur erstreckt sich von 8,0 bis 8,8 Mg/m³. Die höchsten Zahlenwerte in der Wärmeausdehnung ergeben sich bei den Fe-haltigen Legierungen. Man findet Werte zwischen 12 bis 18·10⁻⁶/K. Die Fe-freien Werkstoffe liegen etwa um 4·10⁻⁶/K niedriger.

Der dynamisch gemessene Elastizitätsmodul (200 bis 220 GPa bei Raumtemperatur) zeigt sich, ähnlich wie bei Stählen, als nahezu unabhängig von der chemischen Zusammensetzung. Diese Aussage gilt jedoch nur dann, wenn texturarme Proben untersucht werden. Dies gilt ebenfalls für die Größen Gleitmodul, Querkontraktionszahl und Kompressionsmodul. Die z. T. deutlich unterschiedlichen Werte für den Kompressionsmodul geben den Hinweis, dass die untersuchten Proben nicht frei von Texturen waren.

Die Messergebnisse der wahren spezifischen Wärmekapazität zeigen auch hier, dass man für die untersuchten Werkstoffe fast einheitliche Zahlenwerte zu Grunde legen kann. Bei Raumtemperatur findet man Werte zwischen 400 bis 460 J/(kg·K). Diese steigen bei 600 °C auf 500 bis 600 J/(kg·K). Im Temperaturbereich zwischen 600 und 900 °C treten z. T. Abweichungen auf, die auf Gefügeveränderungen im atomaren Bereich, wie Platzwechselforgänge und Nahordnungseinstellungen, hinweisen.

Hohe Legierungsbeimengungen sorgen für niedrige Werte in der Wärmeleitfähigkeit. Diese liegen bei Raumtemperatur bei etwa 10 W/(m·K), fast unabhängig von der jeweiligen chemischen Zusammensetzung. Wie auch bei den hochlegierten Stählen auf Cr-Ni-Basis nimmt die Wärmeleitfähigkeit mit steigender Temperatur zu und erreicht Werte von 23 bis 31 W/(m·K) bei 1000 °C.

Im spezifischen elektrischen Widerstand findet man bei Raumtemperatur auf Grund der chemischen Zusammensetzung entsprechend hohe Werte, die zwischen 0,9 und 1,5 μΩ·m liegen. Die erwartete Zunahme bei steigender Temperatur bildet sich nur schwach aus. Oberhalb 600 °C findet man sogar geringe Abnahmen im Widerstand, was auf Ordnungseinstellungen zurückgeführt werden kann.

Die Temperaturleitfähigkeit steigt von 2 bis 4·10⁻⁶ m²/s bei Raumtemperatur auf 4,5 bis rund 7·10⁻⁶ m²/s bei 1000 °C. Die Abhängigkeit von der jeweiligen chemischen Zusammensetzung ist nicht besonders ausgeprägt.