

Kurzfassung

Das Hauptziel dieser Arbeit ist die Entwicklung und Realisierung einer neuen Messmethode zur Untersuchung des gerichteten spektralen Emissionsgrades bei Temperaturen über 1000 °C. Die sogenannte dynamische Emissionsgradmessung basiert auf dem Laser-Flash-Verfahren. Eine Probe wird dabei durch einen Laserpuls erwärmt und ihre relative Temperaturänderung gemessen. Dieses Verfahren wird zur Emissionsgradmessung um die Absolutmessung der Laserenergie und der Temperaturänderung erweitert.

Zur Realisierung der neuen Messmethode werden drei Themenfelder bearbeitet: Erstens wird ein Verfahren zur in situ Messung der Laserenergie entwickelt und die Energieverteilung der Laserstrahlung am Probenort charakterisiert. Zweitens wird ein dediziertes Strahlungsthermometer charakterisiert und kalibriert, um die Temperaturänderung im adiabatischen Grenzfall messen zu können. Außerdem wird die Theorie des Laser-Flash-Verfahrens für die Emissionsgradmessung erweitert. Drittens wird ein Modell der Strahlungsbilanz für die radiometrische Temperaturmessung erstellt und so der Einfluss der Hintergrundstrahlung des Ofens minimiert.

Es wird ein Messplatz zur Validierung dieser Messmethode aufgebaut und mit diesem Graphit und Wolfram untersucht. Der normale spektrale Emissionsgrad von Graphit wird bei 1064 nm und von ca. 750 °C bis 1500 °C gemessen. Dabei werden Unsicherheiten von unter 0,02 ($k = 1$) erreicht und durch andere Quellen bestätigt. Mit der Messung von speziell präparierten Wolfram-Proben kann die Konsistenz von drei unterschiedlichen physikalischen Prinzipien zur dynamischen Emissionsgradmessung (radiometrisch, kalorimetrische und kombiniert) nachgewiesen werden. Die Unsicherheiten der Messungen werden analysiert und die zukünftige Optimierung des Messplatzes diskutiert.

Schlagworte

Emissionsgrad, Graphit, hohe Temperaturen, Kalorimetrie, Laser-Flash-Verfahren, LFA, Messmethode, Pulsheizung, Strahlungsthermometrie, Wolfram

Abstract

The main objective of this thesis is the development and implementation of a new measurement technique to investigate the directional spectral emissivity at elevated temperatures above 1000 °C. The so called dynamic emissivity measurement is based on the laser flash technique, in which a specimen is heated with a laser pulse and the resulting relative temperature rise is measured. Here, this method is advanced by the absolute measurement of the laser energy and the temperature rise.

For the development and implementation of the dynamic emissivity measurement three main topics have to be dealt with: First, a measurement scheme for the in situ measurement of the laser energy is developed and the energy distribution of the laser beam is characterized at the sample position. Second, the temperature rise in the adiabatic limit is measured with a dedicated radiation thermometer which is previously characterized and calibrated. In addition the theory of the laser flash analysis is advanced for the emissivity measurement. Third, a model of the radiation budget of the temperature measurement is developed in order to minimize the effect of background radiation of the furnace.

A measurement set-up is constructed to validate this measurement technique and to investigate graphite and tungsten. The normal spectral emissivity of graphite is measured at 1064 nm between 750 °C and 1500 °C. Thereby uncertainties below 0.02 ($k = 1$) are achieved and confirmed by other sources. Three different physical principles underlying the dynamic emissivity measurement (radiometric, calorimetric and combined) are found to be consistent during the measurement of specially prepared tungsten samples. The uncertainties of the measurements are analyzed and future optimization of the set-up is discussed.

Keywords

calorimetry, emissivity, emittance, graphite, high temperatures, laser flash, LFA, measurement technique, pulse heating, radiation thermometry, tungsten