

Messmethode zur Bestimmung der Innentemperaturverteilung mittels Flüssigkristalle und Leuchtdichtemesskamera

Stepan Senin

TU Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau, Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidynamik, c/o Ch. Karcher, PF 100565, 98684 Ilmenau

In diesem Beitrag wird eine neue Messmethode zur Bestimmung der Temperaturverteilung auf Innenseiten transparenter Materialien vorgestellt. Diese Methode beruht auf der Anwendung thermochromer Flüssigkristalle (thermochromic liquid crystal - TLC), deren Zustand mit Hilfe einer ortsauflösenden Leuchtdichtemesskamera erfasst wird. Die TLC besitzen die Charakteristik, ihre optischen Eigenschaften mit der Temperatur zu ändern. Bisher werden diese Eigenschaften anhand des Farbsignals analysiert und nur für Messung der Außenoberflächen verwendet [1]. In dieser Arbeit wird die Leuchtdichte als Messsignal zur Analyse des TLC-Verhaltens herangezogen.

Die Daten von TLCs können auf zwei Wegen erfasst werden [2]. Der erste Weg ist die Analyse des an der TLC-Schicht reflektierenden Lichtstroms (sog. Reflexionschema), der zweite ist die Vermessung des durch die TLC-Schicht transmittierten Lichtstroms (sog. Transmissionsschema).

Das Transmissionsschema wird am Versuchsmodell angewandt. Im Modell ($L \times B \times H = 150 \times 140 \times 140 \text{ mm}^3$) mit einer zylindrischen Wärmequelle ($d = 7 \text{ mm}$, $l = 40 \text{ mm}$, $P_{el} = 18 \text{ W}$) wurde die dünne TLC-Schicht (BM/R30C20W/C17-10) auf der Innenseite aufgetragen. Das Modell wird von unten beleuchtet und die obere Innenseite im stationären Zustand mit Hilfe der LMK98 Kamera der Fa. TechnoTeam von außen vermessen.

Eine erste Anwendung dieser Methode zeigt eine gute qualitative Übereinstimmung mit der IR-Messung und eine hohe Genauigkeit im Vergleich zur lokalen Messung mit Thermoelement ($\pm 0,35 \text{ K}$).

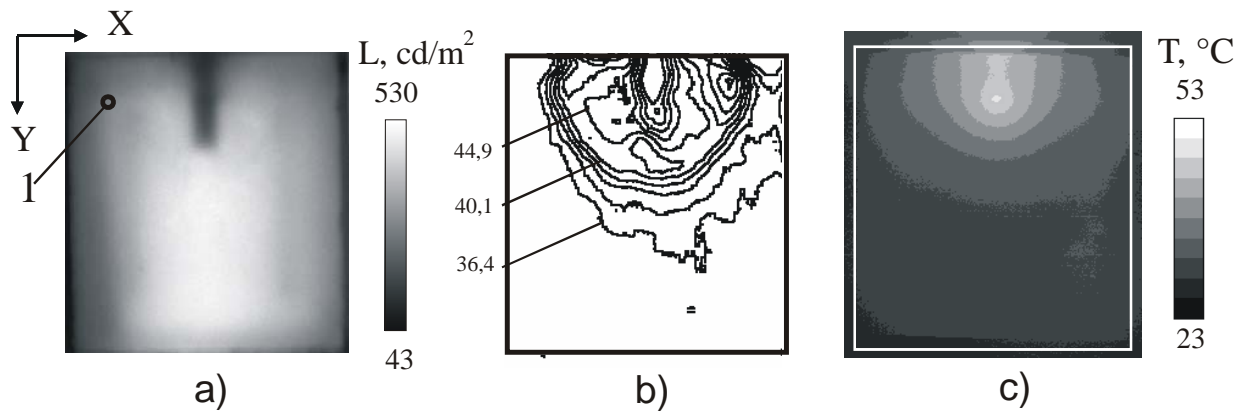


Abbildung 1. a) gemessene Leuchtdichteverteilung auf der oberen Seite des Versuchsmodells (Am Messpunkt 1 wird ein Thermoelement auf Innenseite fixiert); b) die mit einer LMK-Kamera bestimmte Oberflächentemperaturverteilung auf der Innenseite; c) die mit einer IR-Kamera gemessene Oberflächentemperaturverteilung auf der Außenseite [3].

Literatur:

1. J. W. Baughn: Liquid crystal methods for studying turbulent heat transfer, International journal of numerical methods for heat and fluid flow, vol. 16, pp. 365-375, (1995)
2. S. Senin, D. Gall, Ch. Karcher, R. Nolte: Einsatz von Leuchtdichtekameras zur Temperaturbestimmung mittels Flüssigkristallen, Zeitschrift LICHT 58 (3), S. 212-215, (2006).
3. S. Senin, J. Langebach, Ch. Karcher: Determination of interior surface temperature using luminance measurement of thermochromic liquid crystals, Experimental Heat Transfer, submitted, (2007).

Measuring method to the determination of the interior surface temperature distribution using liquid crystals and luminance measuring camera

Stepan Senin

*Ilmenau University of Technology, Department of Mechanical Engineering,
c/o Ch. Karcher, P.O. Box 100565, 98684 Ilmenau*

In this work, a new measuring method is presented for the determination of a temperature distribution on the insides of transparent materials. The method is based on the application of thermochromic liquid crystals (TLC), whose behaviour is analysed using image resolved luminance measurement camera. These crystals change their optical properties with temperature. So far these characteristics are analyzed on the basis the color signal and limited to outer surfaces only [1]. In this study, the luminance is applied as measuring signal to analyse TLC behaviour.

The TLC data can be measured with two different measurement procedures [14]. The first one is based on the measurement of a reflected luminance from the TLC layer (so-called reflection scheme). The second is based on the luminance measurement of the light transmitted through the TLC layer (transmission scheme).

The transmission scheme has been applied to a the test model. In model $h \times w \times d = 140 \times 140 \times 150 \text{ mm}^3$ with a cylindrical heat source ($d = 7 \text{ mm}$, $l = 40 \text{ mm}$, $P_{el} = 18 \text{ W}$) the thin TLC layer (BM/R30C20W/C17-10) on the inside surface is coated. The model is lit up from down and the upper inside surface is measured in the stationary conditions from the outside using LMK98 (TechnoTeam).

The first application of this method shows good qualitative agreement with the IR measurement and high accuracy in the comparison to the local measurement with thermocouple ($\pm 0,35 \text{ K}$).

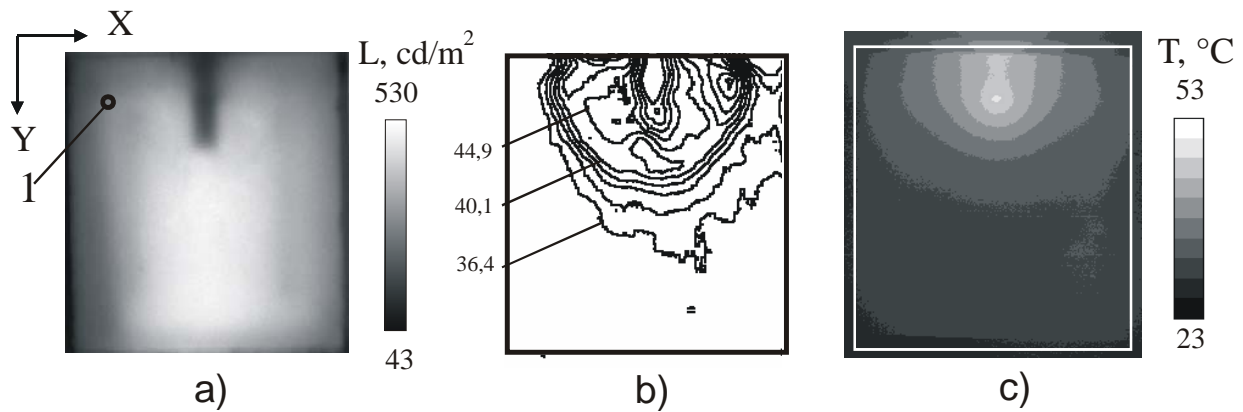


Fig. 1. a) The measured luminance distribution on the upper side of the test model (at the point 1 a thermocouple is fixed on inside); b) the temperature distribution of the inner surface measured by LMK camera; c) the temperature distribution on the exterior surface measured by an infrared camera [3].

References:

1. J. W. Baughn: Liquid crystal methods for studying turbulent heat transfer, International journal of numerical methods for heat and fluid flow, vol. 16, pp. 365-375, (1995)
2. S. Senin, D. Gall, Ch. Karcher, R. Nolte: Einsatz von Leuchtdichtekameras zur Temperaturbestimmung mittels Flüssigkristallen, Zeitschrift LICHT 58 (3), S. 212-215, (2006).
3. S. Senin, J. Langebach, Ch. Karcher: Determination of interior surface temperature using luminance measurement of thermochromic liquid crystals, Experimental Heat Transfer, submitted, (2007).