

Laser-Speckle-Photometrie - Ein Verfahren zur schnellen und berührungslosen Bestimmung von Werkstoffzuständen

Jürgen NICOLAI, Ulana CIKALOVA, Beatrice BENDJUS, Jürgen SCHREIBER

Fraunhofer IZFP Dresden, Maria-Reiche-Str.2, 01109 Dresden
Juergen.Nicolai@izfp-d.fraunhofer.de

Kurzfassung

Die zeitaufgelöste Laser-Speckle-Photometrie (LSP) ist ein neu entwickeltes zerstörungsfreies Prüfverfahren, mit dem schnell und berührungslos Werkstoffzustände bestimmt werden können. Es eignet sich für den Inline-Einsatz in der Produktion, für die Überwachung von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, aber auch für die Anwendung im Rahmen des Structural Health Monitoring (SHM). Das Verfahren basiert auf der Auswertung von Speckles - Kohärenzmustern, die bei der Bestrahlung optisch rauer Oberflächen mit kohärentem Licht entstehen. Das Verfahren ermöglicht sowohl die Charakterisierung von Oberflächen durch die Auswertung der statischen Speckles als auch die Bestimmung weiterer Werkstoffzustände durch Analyse der Änderungen des Speckle-Musters, die durch geringste Oberflächenveränderungen in Folge thermischer oder mechanischer Anregung hervorgerufen werden. Das Verfahren zeichnet sich durch einen einfachen und kostengünstigen Aufbau aus. Sofern sich die Anregung für die Analyse von zeitveränderlichen Speckles nicht aus dem Prozess ergibt, z. B. als mechanische Spannung bei Schweißungen, ist eine zusätzliche Anregungskomponente notwendig. Dafür kommt z. B. Laser- oder Induktionserwärmung infrage. Für die Auswertung der Messdaten können die Skaleneigenschaften der Speckle-Muster, also deren fraktale Dimension, genutzt werden. Weitere Möglichkeiten bestehen in der Berechnung einer so genannten "Speckle-Diffusivität" und deren Verwendung in der Wärmeleitungsgleichung und in Materialgleichungen. So können mit Hilfe der zeitaufgelösten LSP Werkstoffzustände wie Härte und Porosität, aber auch Ermüdungen und Änderungen der Eigenspannung bestimmt werden. Erste technische Anwendung fand das Verfahren beim Monitoring der Spannungsänderungen bei Schweißversuchen unter Zug- und Biegebeanspruchung im Labor sowie zur Detektion von Oberflächenrissen in CFK-Materialien. Diese werden im Rahmen des Posters vorgestellt.

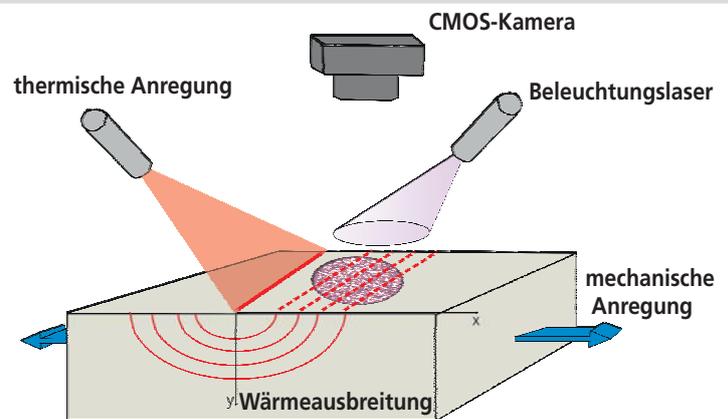


Fraunhofer Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Institutsteil Dresden IZFP-D
Maria-Reiche-Straße 2, 01109 Dresden
Juergen.Nicolai@izfp-d.fraunhofer.de
www.izfp-d.fraunhofer.de

Laser-Speckle-Photometrie – Ein Verfahren zur schnellen und berührungslosen Bestimmung von Werkstoffzuständen

Laser-Speckle-Photometrie (LSP)

- Oberflächen-Prüfverfahren
- einfacher, kostengünstiger Messaufbau
- zerstörungsfrei, berührungslos
- für viele verschiedenen Materialien geeignet, Metalle, Kunststoffe, organisches Material
- inline-fähig
- Wirkprinzip: Detektion feinsten Veränderungen der Oberfläche infolge thermischer und mechanischer Anregung



LSP zur Bestimmung von Werkstoffzuständen

Die Analyse basiert auf der Auswertung der Autokorrelationsfunktion:

$$C(\tau, i, j) = \sum_{n=1}^{n_{max}} [Z(t_n + \tau, i, j) - Z(t_n, i, j)]^2$$

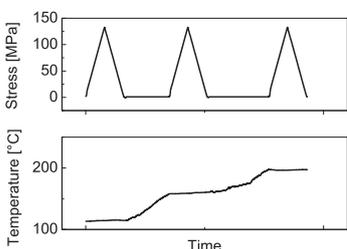
C wird auch als Speckle-Temperatur bezeichnet. Durch Einsatz von C in der Wärmeleitungsgleichung

$$\frac{\partial T}{\partial t} = K \Delta T$$

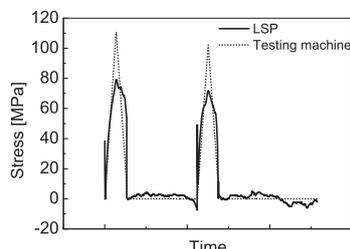
kann mit Hilfe der Diffusivität K auf **Härte** und **Porosität** und mit der fraktalen Dimension D_f auf die **Ermüdung** geschlossen werden.

Mit Hilfe des Hooke'schen Gesetzes lassen sich **Änderungen der Eigenspannung** bestimmen.

$$\Delta \sigma(t) = P_1 \cdot \Delta K(t) + P_2 \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T(t) + P_3 \cdot \Delta t$$



Spannung und Temperatur bei einem Zugversuch

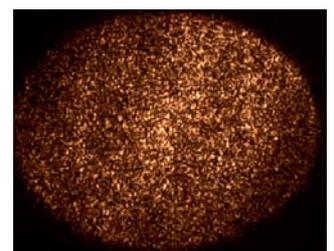


Mit LSP gemessener Spannungsverlauf (nach Kalibrierung)

LSP als bildgebendes Verfahren

Die graphische Darstellung von Werkstoffzuständen ermöglicht Erkennung von Fehlstellen und geometrischen Merkmalen.

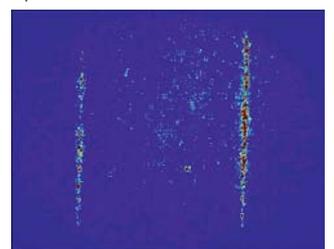
Beispiel: CFK-Verbundmaterial mit künstlich eingebrachten Rissen, Breite 100 μm , Tiefe 40 μm links und 60 μm rechts



Speckle-Bild



CFK-Platte



Risse nach Datenverarbeitung

Zusammenfassung

- LSP eignet sich zur Messung von Materialzuständen wie z. B. Härte, Porosität, Ermüdung, Änderung der Eigenspannung
- LSP als bildgebendes Verfahren ermöglicht die Detektion von Rissen