

Forakam - bildgebende fotothermische Randzonenanalyse

Philipp MENNER ¹, David SAAL ², Peter MAYR ², Sören LINDEMANN ³,
Rolf SCHALLER ³

¹ edevis GmbH, Stuttgart

² Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Meßtechnik, Ulm

³ Daimler AG, Stuttgart

Kontakt E-Mail: philipp.menner@edevis.de

Kurzfassung

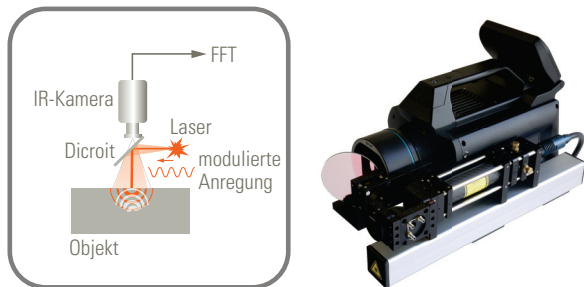
Fotothermische Radiometrie ist ein seit langer Zeit bekanntes Verfahren zur Charakterisierung von Schichten. Neben den vielen Vorteilen (schnell, berührungslos etc.) hat diese Methode jedoch den Nachteil, nur punktförmig messen zu können. Durch die inzwischen verfügbaren schnellen IR-Kameras sind in Kombination mit einer hochpräzisen Synchronisierung nun auch bildgebende fotothermische Untersuchungen möglich.

Das in dem ZIM-Projekt Forakam entwickelte System ist in der Lage, verschiedene Einhärtetiefen zu unterscheiden und nach einer Kalibrierung mit der konventionellen metallografischen Untersuchung auch quantitativ zu bestimmen. Auch Schleifbrand ist berührungslos und ohne Nital-Ätzung bildgebend detektierbar. Ein erstes System ist im Labormaßstab in der Industrie im Einsatz, um die Dicke thermisch gespritzter Schichten zu messen.

Philipp Menner, edervis GmbH
Sören Lindemann, Rolf Schaller, Daimler AG
David Saal, Peter Mayr, Institut für Laser in der Medizin und Messtechnik

System

Die bildgebende Fotothermik basiert auf einem kollinearen Aufbau einer FLIR IR-Kamera und eines Diodenlasers edervis LTvis 250 NT sowie der Synchronisierungseinheit edervis ESG und der Mess- und Auswerte-Software edervis Displaymg 6.

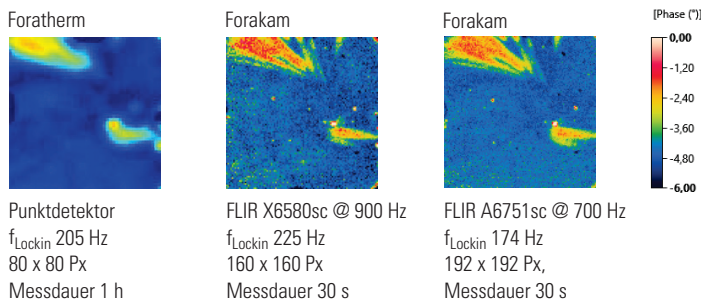


Die Messgröße des Systems ist der Phasenwinkel, mit dem andere physikalische Parameter wie z.B. Schichtdicken korreliert werden können [1, 2]. Unter Vernachlässigung von Mehrfachreflexion gilt für den Phasenwinkel [3]:

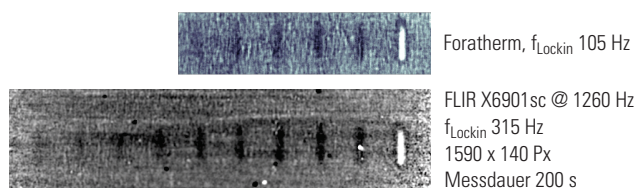
$$\varphi = \tan^{-1} \left\{ \frac{-2R_{23} \cdot e^{-\eta} \cdot \sin(\eta)}{1 - (R_{23} \cdot e^{-\eta})^2} \right\} - \frac{\pi}{4} \quad \text{mit} \quad \eta = 2 \cdot \frac{d}{\mu} \quad (1)$$

Schleifbranddetektion

An Realproben war stark ausgeprägter Schleifbrand bildgebend zerstörungsfrei nachweisbar. Forakam nutzt aufgrund der scannenden Punkt-Anregung laterale Wärmeflüsse und ist daher sensibler, während Forakam wegen der großflächigen Anregung und Verwendung eines Detektorarrays eine um mehrere Größenordnungen geringere Messdauer benötigt.

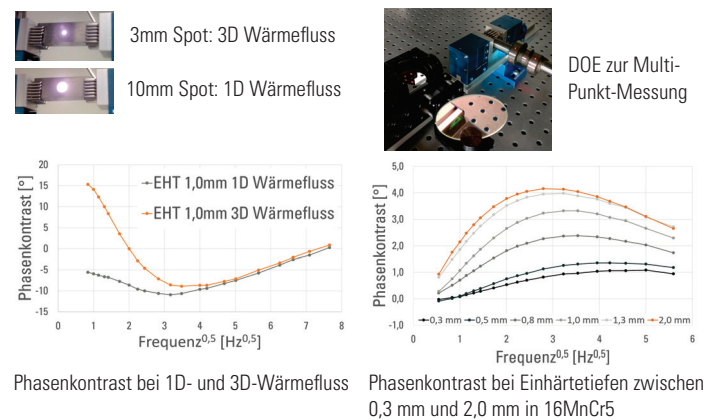


Mittels Laser wärmebehandelte Proben der Firma IMQ GmbH wurden als Referenzproben zur Schleifbranddetektion verwendet. Mit beiden Verfahren sind sowohl die Neuhärtungszone als auch die verschieden stark ausgeprägten Anlasszonen erkennbar.



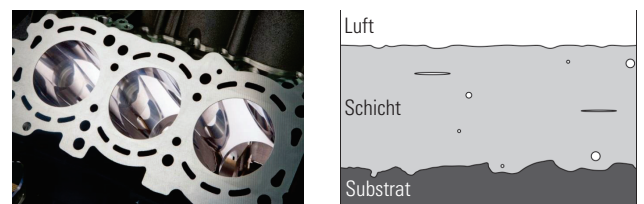
Einhärtetiefemessung

Versuche zur bildgebenden quantitativen Eindhärtetiefemessung verliefen erfolgversprechend. Das Nutzsignal - der Phasenkontrast - ist deutlich höher, wenn nicht nur ein eindimensionaler Wärmefluss genutzt wird (wie er bei großflächiger Beleuchtung auftritt), sondern ein dreidimensionaler Wärmefluss (bei punktförmiger Anregung). Um trotzdem die Vorteile eines Detektorarrays zu nutzen, kann ein diffraktives optisches Element verwendet, um an mehreren Punkten simultan zu messen.

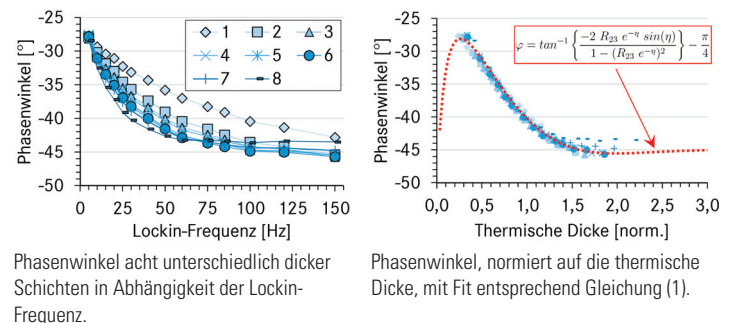


Charakterisierung thermisch gespritzter Schichten

Bei der zerstörungsfreien Schichtdickenmessung thermisch gespritzter Zylinderlaufflächen konnte die Messgerätefähigkeit optisch angeregter Lockin-Thermografie nachgewiesen werden [3]. Hierbei kommen Schichten mit einer Dicke von 100 µm bis 300 µm zum Einsatz.



Als Messsignal dient der Phasenwinkel. Der Phasenkontrast wurde durch eine optimale Wahl der Lockin-Frequenz maximiert, die Streuung durch eine optimale Parametrierung von Messzeit und Leistungsdichte minimiert. Trotz Messung im instationären Zustand konnte eine hohe Reproduzierbarkeit erreicht werden.



Referenzen

- [1] P.E. Nordal, S.O. Kanstad, "Photothermal Radiometry", Physica Scripta 20, No. 5-6, S. 659-662, 1979
- [2] C.A. Bennet, R.R. Patty, "Thermal wave interferometry: a potential application of the photoacoustic effect", Applied Optics, S. 49-54, 1982
- [3] S. Lindemann, R. Schaller, "Laser-angeregte Lockin-Thermografie zur zerstörungsfreien und berührungslosen Schichtdickenmessung von thermisch gespritzten Beschichtungen", Tagungsband DGZfP-Jahrestagung, Koblenz, 2017

gefördert durch