

RODiS

Echtzeit-Bildkorrelation zur optischen Dehnungsmessung in der Werkstoff- und Bauteilprüfung

Die digitale Bildkorrelation (Digital Image Correlation, DIC) ist ein in der Materialforschung etabliertes Bildverarbeitungsverfahren zur subpixelgenauen Messung von Dehnungen und Verschiebungen von Proben unter Belastung. Allerdings ist das Verfahren aufgrund der hohen Rechenlast auf konventionellen Prozessoren langsam, sodass die Empfehlungen relevanter Normen wie der ASTM E606 zur Dehnungsregelung oder der ASTM E647 zur Auswertung von Risswachstumsversuchen nicht eingehalten werden. Das optische Messsystem RODiS (Real-time Optical Displacement Sensor) von Fraunhofer IPM nutzt daher Grafikkarten (GPU), um die Anforderungen der Werkstoff- und Bauteilprüfung zu erfüllen.

Viele Kenngrößen in den Werkstoffwissenschaften lassen sich auf Längenänderungen oder Verschiebungen zurückführen. Das gilt für die Dehnung genauso wie für Risskonturen, Rissöffnungs- und -schließverhalten von Werkstoffen oder Spaltänderungen in Maschinen. Auch FE-Modelle simulieren die Verschiebung von Oberflächen als leicht zugängliche Messpunkte. Dehnungs- und Verschiebungsmessungen ermöglichen es daher, Annahmen bei der Auslegung von Bauelementen unter Betriebsbedingungen experimentell zu prüfen.

Das optische Messsystem RODiS von Fraunhofer IPM ermöglicht es, viele dieser Kenngrößen mit einem einzigen Sensor zu erfassen. Messpunkte können flexibel innerhalb eines Kamerabildes gesetzt werden – als Einzelpunkte oder als vollflächige Messung.

Moderne Kameras können pro Sekunde mehr als 1500 Bilder der Mikrostruktur einer Werkstückoberfläche aufnehmen und Grafikkarten bis zu 74 000 Messpunkte pro Sekunde in Echtzeit korrelieren. Dadurch arbeitet das System markierungsfrei, d. h. eine Präparation der Probe mit sogenanntem Speckle-Lack entfällt.

Abbildung 2 zeigt dies am Beispiel einer biaxialen Dehnungsmessung für Risswachstumsversuche an Kreuzproben mit den Achsen A und B. Das Kamerabild der Probenoberfläche zeigt – wie unter einem Mikroskop – die natürlichen Strukturen. Es wird überlagert von den vier Messpunkten zur Messung der integralen Dehnung mit einer Basislänge von 10 mm. So lässt sich die Dehnung – wie in Abbildung 3 dargestellt – gemäß der ASTM E606 regeln. Die farblichen Messpunkte in der Mitte zeigen

Optisch dehnungsgeregelter Ermüdungsversuch bei 1000 °C: RODiS ermöglicht sowohl integrale Dehnungsmessungen analog zu Messungen mit mechanischen Extensometern als auch vollflächige DIC-Messungen in einem Sensor.

Schnell, berührungsfrei, markierungsfrei

Durch die Kombination von schnellen und hochauflösenden Kameras mit Grafikkarten (GPU) misst RODiS markierungsfrei mit Messraten bis 1500 Hz auf metallischen Oberflächen, d. h. eine Behandlung mit Speckle-Lack entfällt. Das optische RODiS-System misst berührungsfrei auch in Umgebungen, die taktilen Systemen nicht zugänglich sind – z. B. in Druckbehältern, Maschinen oder auch innerhalb von Schirmungen oder thermischen Isolierungen. Dies erleichtert den experimentellen Nachweis des Werkstoff- oder Bauteilverhaltens unter realen Betriebsbedingungen.

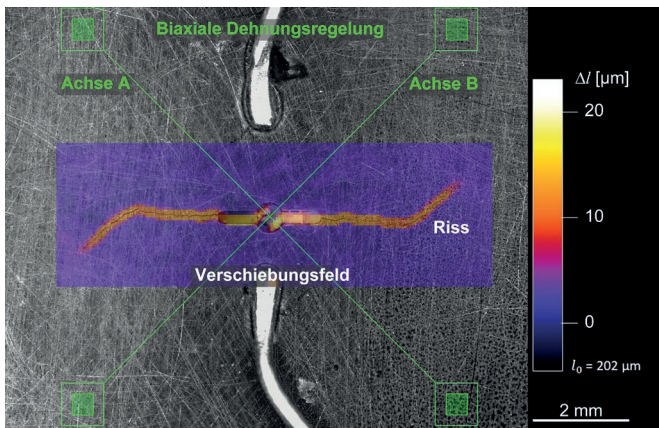


Abb. 2: Kamerabild mit überlagertem integraler Dehnung und vollflächiger Bildkorrelationsmessung. Grün: Biaxiale integrale Dehnungsmessung mit einer Basislänge l_0 von 10 mm zur uni- oder biaxialen Dehnungsregelung entlang der Achsen A und B von Kreuzproben. Farbskala: Längenänderung im Verschiebungsfeld zur Auswertung von Risskontur und Rissöffnung

das vollflächige Verschiebungsfeld mit etwa 10 000 Messpunkten zum Zeitpunkt der maximalen Dehnung. Man erkennt deutlich die S-förmige Kontur des biaxial gewachsenen Risses aufgrund der Rissflankenverschiebung. Das Verschiebungsfeld eignet sich zur Auswertung von Risslänge, Risskontur sowie des Öffnungs- und Schließverhaltens der Risse und kann direkt mit einem bruchmechanischen FE-Modell des Prüflings verglichen werden. Abbildung 4 zeigt das Ergebnis einer Risslängenmessung im Verschiebungsfeld im Vergleich zu Messungen mit einer Wechselstrom-Potentialsonde (ACPD).

Die Messgenauigkeit entspricht der Klasse 0,5 nach DIN ISO 9513. Auch bei dreiecksförmigen Zyklen gemäß ASTM E606 werden die Umkehrpunkte bei Zyklusfrequenzen bis 10 Hz sauber aufgelöst. Das analoge Dehnungssignal kann – wie ein mechanisches Extensometer – direkt an PID-Controller von Prüfplätzen angeschlossen werden. Auch andere Parameter wie Kraft, Weg oder Temperatur werden synchron als Analogsignale erfasst.

Technische Daten

Beispiele für einstellbare Messraten der integralen Dehnung und Bildfelder. Die integrale Dehnung wird als 10V Analogsignal ausgegeben.

Auflösung [px]	Bildfeld [mm ²]	Messrate [Hz]	Anmerkung
2560 x 880	12,8 x 4,4	1500	max. Messrate, z. B. für Rundproben
2560 x 1280	12,8 x 6,4	1000	z. B. gekerbte Flachprobe
1600 x 1540	8,0 x 7,7	850	biaxiale Regelung mit $l_0 = 10$ mm
2560 x 1916	12,8 x 9,6	690	max. Bildfeld

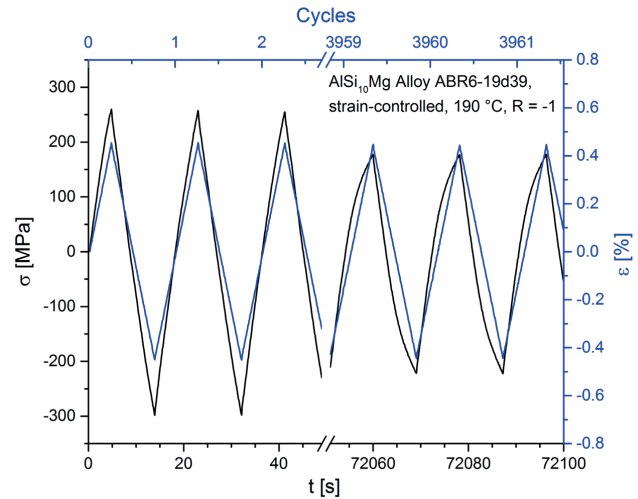


Abb. 3: Optische Dehnungsregelung gemäß ASTM E606 mit Dehnungsmessraten bis 1500 Hz – analog zu Messungen mit mechanischen Extensometern

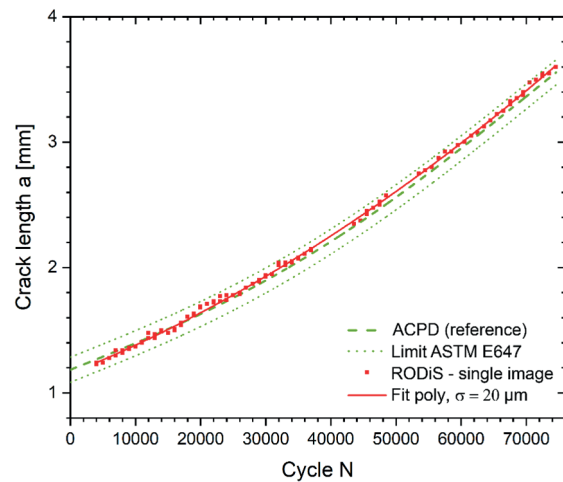


Abb. 4: Rissfortschrittsmessung gemäß ASTM E647 im Vergleich zu Messungen mit einer Wechselstrom-Potentialsonde (ACPD)

Kontakt

Dr. Alexander Bertz
 Gruppenleiter Geometrische Inline-Messsysteme
 Telefon +49 761 8857-362
 alexander.bertz@ipm.fraunhofer.de

Dr. Andreas Blug
 Projektleiter
 Telefon +49 761 8857-328
 andreas.blug@ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM
 Georges-Köhler-Allee 301
 79110 Freiburg
 www.ipm.fraunhofer.de

