

Mieth, Ulrike:

Untersuchung zum Erscheinungsbild von Materialfehlern in holografischen Interferogrammen

Strahltechnik Bd. 11, Bremen: BIAS Verlag, 1998. Hrsg.: G. Sepold, W. Jüptner

Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 1998.

ISBN 978-3-933762-00-9

Schlüsselwörter: holografische Interferometrie – holografische zerstörungsfreie Prüftechnik – Streifenmuster – gewöhnliche Differentialgleichungen – Hamiltonsche Systeme – digitale Bildverarbeitung

In der holografischen zerstörungsfreien Prüftechnik werden Materialfehler über die Identifikation charakteristischer Unregelmäßigkeiten in den gemessenen Streifenmustern erkannt. Diese Teilmuster werden durch anormale Verformung der Objektoberfläche hervorgerufen. Experimente und numerische Simulationen führten zu der Hypothese, dass das Erscheinungsbild von Materialfehlern in Interferenzmustern auf eine endliche Menge typischer Streifenirregularitäten reduziert werden kann.

In der vorliegenden Arbeit wird der Beweis dieser Aussage erbracht. Dazu wird ein mathematisches Modell der holografischen-interferometrischen Bildentstehung verwendet. Die Interferenzstreifen werden als Konturlinien der Interferenzphase d , die Informationen über die Oberflächenverformungen des Objekts trägt, betrachtet. Es ist gelungen, einen Zusammenhang zwischen den Konturlinien und planaren, autonomen Systemen gewöhnlicher Differentialgleichungen zu finden. Streifenlinien entsprechenden Lösungen von Anfangswertproblemen, deren Differentialgleichungen durch die Interferenzphase definiert sind und deren Anfangswertbedingung durch einen beliebigen Punkt der Linie und der Streifenordnung bestimmt wird. Die abgeleiteten Differentialgleichungen bilden wegen ihrer speziellen Struktur Hamiltonsche Systeme.

Zusammen mit dem Wissen über das mechanische Verhalten technischer Objekte, die kleinen Beanspruchungen ausgesetzt sind, wie sie bei der zerstörungsfreien Prüftechnik üblich sind, erlaubt der gewählte Ansatz den oben erwähnten Beweis. Die Klassifizierung der stationären Punkte der Interferenzphase d (d.h. der Punkt mit $\text{grad } d = 0$) entspricht der Behandlung der kritischen Punkte des abgeleiteten Hamiltonschen Systems. Die Ergänzung mit Eigenschaften regulärer Punkte, in denen $\text{grad } d \neq 0$ eine Streifenrichtung definiert, ergibt eine Liste aller Teilmuster für Objekte mit einer makroskopisch glatten Oberfläche. Untersuchung relevanter Verletzungen der Oberflächenglattheit und ihrer Effekte auf holografischen Interferogramme vervollständigt den Beweis über die endliche Menge von Streifenunregelmäßigkeiten.

Investigations on the appearance of material faults in holographic interferograms

Keywords: holographic interferometry – holographic non-destructive testing – fringe pattern – ordinary differential equations – Hamiltonian systems – digital image processing

In holographic non-destructive testing, material faults are recognised by the identification of characteristic fringe irregularities. These partial patterns are caused by anomalous deformation of the object surface. Experiments and numerical simulations led to the hypothesis that the appearance of material faults in interference patterns can be reduced to a finite set of typical fringe irregularities.

In the present paper the proof of this is given. A mathematical model of the holographic-interferometric image generation process is used. Interference fringes are considered as contour lines of interference phase which carries information about the deformation of the object surface. A

relationship between contour lines and plane, autonomous systems of ordinary differential equations is found. Fringes correspond to solutions of initial value problems where the differential equations are defined by the interference phase and initial value is determined by any point on the line and the fringe order. Because of there special structure the derived systems of differential equations are Hamiltonian systems. Together with knowledge about the mechanical behaviour of technical objects exposed to small loads which are used in non-destructive testing the chosen approach allows the above mentioned prove. The classification of stationary points of the interference phase d (i.e. $\text{grad}d=0$) corresponds to the consideration of critical points of the derived Hamiltonian system. With the addition of properties of regular points where $\text{grad}d \neq 0$ defines a fringe direction a list of all partial patterns for objects with macroscopically smooth surface results. Investigations on violations of the macroscopic smoothness complete the proof of the finite set of fringe irregularities.