



1 Robotergeführter Versuchsaufbau

IMPULSTHERMOGRAFIE ZUR ZERSTÖRUNGSFREIEN BAUTEILPRÜFUNG

Bereits 1593 legte Galileo Galilei mit der weltweit ersten Temperaturmessung den Grundstein für heutige thermische Analyseverfahren. 1793 entdeckte der englische Astronom Herschel bei der Observation des Uranus zufällig das Vorhandensein infraroter Strahlung, indem er Temperaturen in Spektralbereichen maß, die er nicht sehen konnte. Erst durch Max Plancks Quantelung der Photonen versteht man den Zusammenhang von Temperatur und ausgesandter Strahlung eines Objekts – der Grundlage heutiger berührungsloser Thermografieverfahren.

Am Fraunhofer IWU in Dresden werden mit Hilfe eines hochempfindlichen und schnellen Thermografieystems genau diese Effekte genutzt, um experimentell Einblicke in die Welt der Spannungen, Risse und Deformationen zu erhalten sowie Bauteile zerstörungsfrei auf verschiedenste Fehler zu prüfen.

Die Impulsthermografie ist vor allem für die schnelle und flächige Bauteilprüfung verschiedenster Werkstoffe in geringen Bauteiltiefen geeignet. Ein Anregungsimpuls erzeugt auf der Oberseite des Objekts einen Temperaturanstieg, der sich wellenförmig schneller oder langsamer in das Bauteil bewegt. Die Geschwindigkeit dieser Wellen ist materialabhängig.

Anhand deren Laufzeitunterschiede können Unregelmäßigkeiten wie Einschlüsse, Luftblasen oder Fehlstellen analog zur Ultraschallprüfung ermittelt werden. Reflexionen der Wellen an der Rückseite der Objekte erlauben zusätzlich die Berechnung der effektiven Bauteildicken.

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

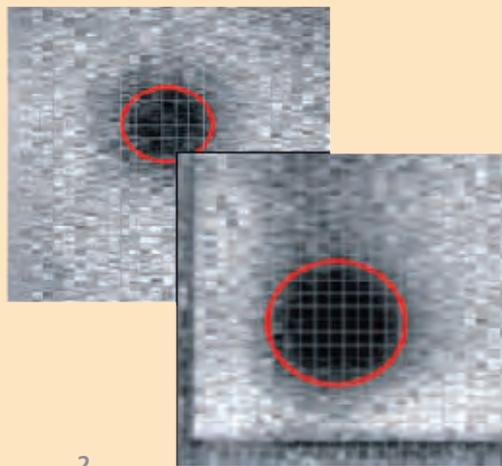
Reichenhainer Straße 88 09126
Chemnitz

Abteilung Fügetechnik

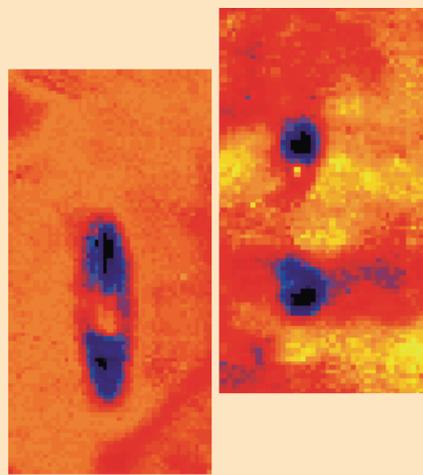
Nöthnitzer Straße 44
01187 Dresden

Dipl.-Ing. (FH) Christian Kraus
Telefon +49 351 4772-2420
christian.kraus@iwu.fraunhofer.de

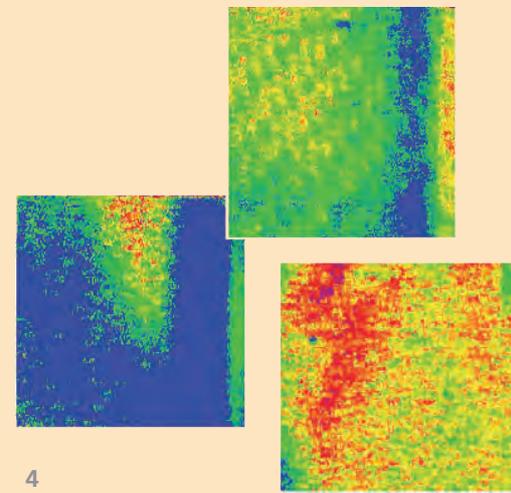
www.iwu.fraunhofer.de



2



3



4

Messprinzip

Der nahezu ideale Wärmeimpuls an der Oberfläche induziert im Bauteil ein breites Spektrum thermischer Wellen verschiedener Wellenlängen und Amplituden. Kurzwelligere dringen nur kurz unter die Oberfläche, wohingegen langwelligere in größere Tiefen vordringen.

Über die Diffusivität des Werkstoffs erhält man die physikalische Zuordnung der Wellenfrequenz zur jeweiligen Dicke bzw. Eindringtiefe. Analysiert man den Temperaturverlauf an der Oberfläche des Bauteils im Frequenzbereich, lässt sich die thermische Information im Realanteil und die Wellenlaufzeit im Imaginäranteil der jeweiligen Tiefe zuordnen. Man erhält eine quasi dreidimensionale Auflösung des Prüfobjekts und seiner Fehler.

Anwendungsfälle

Die effektive Anwendung des Verfahrens ist bei geringen Schichtdicken und Fehlertiefen bis ca. 3 mm in Stählen und bis ca. 10 mm für Kunststoffe mit Messzeiten von ca. 1 bis 5 Sekunden gegeben. Die Detektierbarkeit der jeweiligen Fehlergröße ist dabei abhängig von seiner Tiefe und Lage. Sie entspricht in etwa der doppelten Tiefe. Also können Fehler von etwa 2 mm Breite in einer Tiefe von 1 mm noch ermittelt werden.

Zu den klassischen Anwendungsfällen des Verfahrens gehören unter anderem:

- die Bestimmung der Anbindungsquerschnitte von Laserschweißnähten (»falsche Freunde«)
- die Bestimmung der effektiven Linsendurchmesser von Widerstand- und Plasmapunktschweißverbindungen
- die Ermittlung der Blechdickenverteilung und lokale Ausdünnungen nach der Umformung
- die Bestimmung von Beschichtungsdicken und Beschichtungsfehlern
- die Bestimmung von Delaminationen und Luft einschüssen in geklebten Verbundstrukturen
- die Kontrolle der korrekten Ausführung von Laminataufbauten
- die Ermittlung von senkrecht verlaufenden Rissen in Bauteilen durch lateral wirkende Verfahren

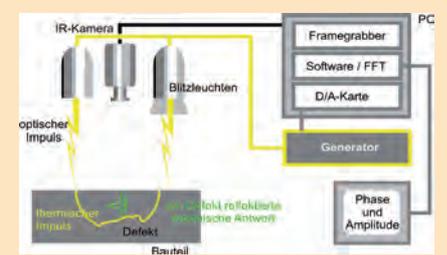
Leistungen

- Beratung und Analysen zur thermografischen und akustischen Lösung ihrer zerstörungsfreien Prüfaufgaben
- Entwicklung und Optimierung von Algorithmen zur Messdatenauswertung
- Thermische Spannungsanalyse von gefügten Baugruppen und Beanspruchung
- Thermografisch unterstützte Kennwertermittlung für qualitativ hochwertige Ergebnisse
- Spannungs-, Anriss- und Rissfortschrittsuntersuchungen im Ermüdungsversuch zur Ermittlung verlässlicher Bauteilkennwerte

Technische Ausstattung

- Hochgeschwindigkeitskamera mit einer Standardauflösung 256 x 256 Pixel bei 880 Hz, bis ca. 30 000 Hz
- Temperaturempfindlichkeit, 10 mK
- Spektralbereich, MIR, ca. $\lambda = 3-5 \mu\text{m}$
- flächige Impulsanregung durch Lichtblitz mit bis zu 6 kJ
- punktuelle, zeilenförmige Diodenlaseranregung, bis max. $2 \times 500 \text{ W}$, ca. $\lambda = 950 \text{ nm}$
- mechanische Anregung mit bis zu 35 Hz, 20 kN

Prinzipdarstellung Impulsthermografie



- 2 Zerstörungsfreie Bestimmung der Linsendurchmesser von Widerstandspunktschweißverbindungen
- 3 Ermittlung von Anbindungsfehlern und »falschen Freunden« beim Laserschweißen
- 4 Schichtdickenverteilung, Delamination und Korrosion in Kohlefaser-Laminaten