

	DIN 54187	DIN
ICS 19.100	Einsprüche bis 2024-03-05	
Entwurf		
Zerstörungsfreie Prüfung – Aktive Thermografie mit Relativbewegung Non-destructive testing – Active thermography with relative motion Contrôle non destructif – Thermographie active avec mouvement relatif		
Anwendungswarnvermerk Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-01-05 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben; – oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden; – oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin. Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.		
Gesamtumfang 21 Seiten		
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)		

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Anforderungen an die Kinematik für die Relativbewegung	9
4.1 Allgemeines	9
4.1.1 Koordinatensysteme	9
4.1.2 Gesichtsfeld der Kamera	9
4.1.3 Auswirkung gekrümmter Prüfobjektoberflächen	9
4.1.4 Auswirkung nicht gleichförmiger Relativbewegung	10
4.1.5 Auswirkung der Relativbewegung auf den Fehlerkontrast	10
4.2 Qualitative Auswertung	10
4.3 Quantitative Auswertung	11
5 Prüfverfahren	11
5.1 Kurzbeschreibung	11
5.2 Prüfeinrichtung	12
5.3 Durchführung	12
5.3.1 Messung des räumlichen Abstandes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bildern	12
5.3.2 Infrarot-Kamera und Optik	13
5.3.3 Geometrische Ausrichtung des effektiven Kamerabildes	13
5.3.4 Auslegung der Anregung	13
5.3.5 Homogenisierung der Oberfläche bei Relativbewegung	14
5.4 Bildvorverarbeitung und -auswertung	14
5.4.1 Abrollung	14
5.4.2 Linien- und flächenhafte Anregung	15
5.4.3 Einfluss des Verhältnisses zwischen Relativgeschwindigkeit und Temperaturleitfähigkeit auf die thermische Anregung	16
5.4.4 Bewegungsunschärfe	16
5.4.5 Besonderheiten von Mikrobolometer-Kameras	17
5.4.6 Stitchen	18
5.5 Fehlererkennung und Fehlerklassifikation	18
6 Referenzprobekörper	18
7 Einstellung und Überprüfung des Prüfsystems	19
8 Prüfbericht	19
Literaturhinweise	21

Bilder

Bild 1 — Exemplarische Anordnung zur thermografischen Prüfung in Relativbewegung an einem Fließband mit der Geschwindigkeit v	11
Bild 2 — Antwort des thermischen Kontrasts auf einen verborgenen Fehler	12
Bild 3 — Zwei Bilder eine Thermografie-Sequenz zu verschiedenen Zeitpunkten	15
Bild 4 — Umordnung einer Thermografie-Sequenz („Abrollung“)	15
Bild 5 — Vergleich der Erwärmung durch eine sich bewegende Linienquelle mit der durch einen flächenhaften Dirac-Impuls	16
Bild 6 — Mikrobolometer-Aufnahmen einer kleinen Platte, die sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten von links nach rechts bewegt	17

Bild 7 — Wiederhergestellte Mikrobolometer-Aufnahmen einer kleinen Platte, die sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten von links nach rechts bewegt	17
Bild 8 — Mikrobolometer-Aufnahmen eines quadratischen Metallteils in Bewegung	18

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 062-08-27 AA „Thermografische Prüfung“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) erarbeitet.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Einleitung

Die aktive Thermografie ist ein bewährtes Instrument zum Auffinden von Inhomogenitäten bezüglich mindestens einer der drei Größen Wärmeleitfähigkeit, spezifische Wärmekapazität und Dichte und damit vielfach zur Detektion von Fehlern in verschiedenen Prüfobjekten. Bei großen Bauteilen, bei Endlosprodukten, Schüttgütern, Stahlknüppeln, Walzprodukten, Strangguss usw. kann es sinnvoll oder unausweichlich sein, den interessierenden Bereich des Prüfobjekts nicht in einem einzigen Bild aufzunehmen, sondern in einer Thermografie-Sequenz, wobei eine Relativbewegung zwischen dem Thermografie-System und dem Prüfobjekt vorliegt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren für die thermografische Prüfung von Prüfobjekten, bei der während der thermischen Anregung und/oder während der Bildaufnahme eine meist lineare Relativbewegung zwischen Prüfsystem (in der Regel IR-Kamera und thermische Anregung) einerseits und Prüfobjekt andererseits vorliegt, fest. Die Relativbewegung kann auch durch reines Schwenken und Neigen der IR-Kamera, also durch Änderung des relativen Winkels bzw. der relativen Ausrichtung der IR-Kamera erfolgen. Die Prüfung dient dem Auffinden von Unregelmäßigkeiten wie Delaminationen, Lunkern, Rissen, Fehlverklebungen und dergleichen. Die Art der auffindbaren Fehler hängt von der Art der thermischen Anregung ab. Als Entscheidungshilfe für deren Auswahl gilt das entsprechende Prüfverfahren ohne Relativbewegung. Das Gleiche gilt für etwaige Sicherheitshinweise und für die Auswertung der Prüfung.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 54183, *Zerstörungsfreie Prüfung — Thermografische Prüfung — Induktiv angeregte Thermografie*

DIN 54184, *Zerstörungsfreie Prüfung — Impulsthermografie mit optischer Anregung*

DIN EN 15042-2, *Schichtdickenmessung und Charakterisierung von Oberflächen mittels Oberflächenwellen — Teil 2: Leitfaden zur photothermischen Schichtdickenmessung*

DIN EN 16714-1:2016-11, *Zerstörungsfreie Prüfung — Thermografische Prüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

DIN EN 16714-2, *Zerstörungsfreie Prüfung — Thermografische Prüfung — Teil 2: Geräte*

DIN EN 16714-3, *Zerstörungsfreie Prüfung — Thermografische Prüfung — Teil 3: Begriffe*

DIN EN 17119, *Zerstörungsfreie Prüfung — Thermografische Prüfung — Aktive Thermografie*

DIN EN 17501, *Zerstörungsfreie Prüfung — Thermografische Prüfung — Aktive Thermografie mit Laser-Anregung*

DIN IEC/TS 63144-1, *Geräte zur industriellen Prozesssteuerung — Thermografiekameras — Teil 1: Metrologische Charakterisierung*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 15042-2, DIN EN 16714-3 und die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term/>
- DKE-IEV: verfügbar unter <https://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1

Quantitative Auswertung

Auswertung einer Thermografie-Sequenz, bei der explizit der Verlauf der Temperatur als Funktion des Ortes und der Zeit numerisch ausgewertet wird (z. B. durch eine Fourier-Transformation), um daraus Größen wie z. B. die Fehlertiefe, die Temperaturleitfähigkeit oder Schichtdicken quantitativ zu bestimmen

3.2

Qualitative Auswertung

Auswertung einer Thermografie-Sequenz, bei der auf eine explizite Auswertung der Temperatur als Funktion der Zeit verzichtet wird und nur ein thermischer Kontrast zwischen fehlerhaften und fehlerfreien Teilen der Prüfobjektoberfläche betrachtet wird, um z. B. Fehler zu detektieren und zu lokalisieren

3.3

Signalintensität

Dimensionslose Zahl, die die Kameraelektronik als Ergebnis der Digitalisierung für die elektrischen Kenngrößen erzeugt, die die infrarote Strahlung am Detektorpixel auslöst

3.4

Anregungsintensität

Dimensionslose Zahl, die die Kameraelektronik als Ergebnis der Digitalisierung für die elektrischen Kenngrößen erzeugt, die die infrarote Strahlung am Detektorpixel auslöst Die Anregungsintensität ist der Teilbetrag der durch die thermische Anregung erzeugten Wärmestromdichte, der vom Prüfobjekt aufgenommen wird; angegeben in Wm^{-2}

3.5

Wegaufnehmer

Vorrichtung zur Erfassung der Position des bewegten Prüfobjekts oder der bewegten IR-Kamera in Echtzeit zur Bestimmung der aktuellen Relativgeschwindigkeit und zur Bildkorrelation

3.6

Fehlertiefe

Fehlerausdehnung senkrecht zur Prüfobjektoberfläche

3.7

Fehlerlage

Abstand zwischen dem Fehler und der Oberfläche des Prüfobjekts

3.8

Fehlerbreite

Fehlerausdehnung quer zur Bewegung

3.9

Fehlerbreite

Fehlerausdehnung parallel zur Bewegung

3.10

Thermische Diffusionslänge

Die thermische Diffusionslänge d_{th} ist das Doppelte der Wurzel aus dem Produkt von Temperaturleitfähigkeit α und der seit der Anregung vergangene Zeitspanne t_{heat0}

$$d_{\text{th}} = 2 \cdot \sqrt{\alpha \cdot t_{\text{heat0}}} \quad (1)$$

3.11

Anregungszone

Bereich des Prüfobjekts (meist an dessen Oberfläche), in dem durch Wechselwirkung mit der Anregung instantan (also nicht durch Wärmediffusion innerhalb des Prüfobjekts) eine Temperaturänderung auftritt (siehe Bild 1)