DIN 54188:2026-09 (D)

Zerstörungsfreie Prüfung - Prüfung von Schweißverbindungen mit aktiver Thermografie - Verfahren der induktiv- und laserangeregten Thermografie

Inhalt

Seite

Vorwort ... 5

1 Anwendungsbereich ... 6

2 Normative Verweisungen ... 6

3 Begriffe ... 7

4 Allgemeine Grundlagen ... 8
4.1 Qualifizierung und Zertifizierung des Prüfpersonals ... 8
4.2 Beschreibung der Verfahrenstechniken ... 8
4.2.1 Allgemeines ... 8
4.2.2 Grundlegende Detektionsmechanismen ... 9
4.2.3 Nachweis von Unregelmäßigkeiten mittels der induktiv angeregten Thermografie ... 9
4.2.4 Nachweis von Unregelmäßigkeiten mittels laserangeregter Thermografie ... 11
4.3 Verfahrensablauf ... 14
4.4 Prüfausrüstung ... 14
4.5 Nachweisgrenzen ... 14
4.6 Referenzprobekörper ... 15
4.6.1 Allgemeines ... 15
4.6.2 Referenzprobekörper Typ 1 zur Justierung ... 15
4.6.3 Referenzprobekörper Typ 2 mit künstlichen, idealisierten Schweißnahtunregelmäßigkeiten ... 15
4.6.4 Referenzprobekörper Typ 3 mit natürlichen Schweißnahtunregelmäßigkeiten ... 16

5 Prüfungsvorbereitung ... 16
5.1 Festlegung der Prüfaufgabe ... 16
5.2 Festlegung der Prüftechnik ... 17
5.3 Festlegen des Prüfbereichs ... 17
5.4 Festlegung der Prüfkonfiguration ... 17
5.5 Auswahl der Prüfgeräte ... 18
5.5.1 Allgemeines ... 18
5.5.2 Allgemeine Anforderungen an die Anregungstechnik ... 18
5.5.3 Anforderungen an die Induktionstechnik (Induktionsgenerator und Induktor) ... 18
5.5.4 Anforderungen an die Lasertechnik (Laser und Laseroptik) ... 19
5.5.5 Anforderungen an die Infrarotkamera ... 20
5.6 Minimale Auflösung zur Fehlererkennung (Ortsauflösung) ... 21
5.7 Abschnittsweise Prüfungen ... 22
5.8 Prüfanweisung ... 22
5.9 Funktionsnachweis ... 22

6 Durchführung der Prüfung ... 22
6.1 Informationen für den Prüfer ... 22
6.2 Vorbereitung des Prüfobjekts ... 23
6.2.1 Reinigung der Prüfobjektoberfläche ... 23
6.2.2 Beschichtung des Prüfobjekts zum Zwecke der Prüfung ... 23
6.3 Gerätejustierung ... 23
6.4 Durchführung der induktiv angeregten Thermografie ... 23
6.5 Durchführung der Prüfung mittels laserangeregter Thermografie ... 24
6.6 Nachbehandlung ... 24
6.7 Wiederholungsprüfung ... 24

7 Aufbereitung der Prüfergebnisse ... 24
7.1 Allgemeines ... 24
7.2 Datenaufbereitung für die qualitative Bewertung ... 24
7.3 Datenaufbereitung für die quantitative Bewertung ... 25

8 Prüfbericht ... 25

Anhang A (informativ) Empfehlungen für Referenzprobekörper Typ 2 und Typ 3 ... 27
A.1 Allgemeines ... 27
A.2 Ausführung von Referenzprobekörpern Typ 2 und Typ 3 ... 27
A.3 Erzeugung künstlicher Risse (Referenzprobekörper Typ 2) ... 28
A.4 Erzeugung künstlicher Poren und Hohlräume (Referenzprobekörper Typ 2) ... 28
A.5 Beispiele für die Erzeugung natürlicher Unregelmäßigkeiten (Referenzprobekörper Typ 3) ... 29

Anhang B (informativ) Exemplarische Prüfergebnisse ... 30
B.1 Allgemeines ... 30
B.2 Ergebnisse der Induktionsthermografie eines Referenzprobekörpers Typ 2 ... 30
B.3 Ergebnisse der Induktionsthermografie eines Referenzprobekörpers Typ 3 ... 30
B.4 Ergebnisse der Laserthermografie eines Referenzprobekörpers Typ 3 ... 31

Anhang C (informativ) Möglichkeiten zur Reinigung der Prüfobjektoberfläche ... 32
C.1 Allgemeines ... 32
C.2 Vor- und Nachteile mechanischer Vorreinigungsverfahren ... 33
C.3 Vor- und Nachteile thermischer Vorreinigungsverfahren ... 33
C.4 Vor- und Nachteile chemischer Vorreinigungsverfahren ... 34

Literaturhinweise ... 35

Bilder

Bild 1 — Verfahrensprinzip der aktiven Thermografie in Reflexionsanordnung zur Prüfung von Schweißverbindungen ... 8

Bild 2 — Nachweis von Oberflächenunregelmäßigkeiten mit Induktionsanregung in Reflexionskonfiguration ... 10

Bild 3 — Interaktion der Wirbelströme mit Unregelmäßigkeiten in Abhängigkeit von deren Ausdehnungsrichtung ... 10

Bild 4 — Direkter Nachweis von Oberflächenunregelmäßigkeiten mit Laserthermografie ... 11

Bild 5 — Schematische Darstellung des Prüfaufbaus mit Laserthermografie und induzierter Wärmeausbreitung in einem Prüfkörper ohne Unregelmäßigkeit ... 12

Bild 6 — Schematische Darstellung des Prüfaufbaus zur mit der Laserthermografie und induzierter Wärmeausbreitung in einem Prüfkörper mit einer Pore ... 13

Bild 7 — Schematische Darstellung des Prüfaufbaus zur mit Laserthermografie und induzierter Wärmeausbreitung in einem Prüfkörper mit Riss ... 13

Bild 8 — Prüfbereich zur thermografischen Prüfung von Schweißnähten ... 17

Bild A.1 — Mögliche Ausführung von Referenzprobekörpern vom Typ 2 und Typ 3 für die Schweißnahtprüfung ... 27

Bild A.2 — Twin-Fehler zur Erzeugung rissähnlicher thermografischer Signaturen, Schnittansicht (links) und Draufsicht (rechts) ... 28

Bild A.3 — Bohrungen zur Erzeugung von künstlichen Poren an und unter der Oberfläche 28

Bild A.4 — Prozess zur Erzeugung von Schweißnahtbereichen mit absichtlich erzeugten natürlichen Rissen..... 29

Bild B.1 — Ergebnis der Induktionsthermografie (Phasenbild, 7,5 Hz) eines Referenzprobekörpers Typ 2 mit einer Schweißnaht mit künstlichen Rissen 30

Bild B.2 — Ergebnis der Induktionsthermografie (Phasenbild, 7,5 Hz) eines Referenzprobekörpers Typ 3 mit einer Schweißnaht mit absichtlich erzeugten natürlichen Rissen..... 31

Bild B.3 — Ergebnis der Laserthermografie (Phasenbild, 0,175 Hz nach Abrollung und Filterung mittels eines Sobel-Filters) eines Referenzprobekörpers Typ 3 mit einer Schweißnaht mit drei Feldern mit absichtlich erzeugten natürlichen Rissen (rot markiert) bei einer scannenden, linienförmigen Anregung 31

Tabellen

Tabelle 1 — Detektionsmechanismen bei der Detektion von Schweißnahtunregelmäßigkeiten 9

Tabelle 2 — Möglichkeiten zur Erzeugung von künstlichen Fehlern in Referenzprobekörpern Typ 2 15

Tabelle 3 — Möglichkeiten zur Erzeugung von natürlichen Fehlern in Referenzprobekörpern Typ 3 16

Tabelle 4 — Mindestanforderungen an die Funktionen der IR-Kamera 20

Tabelle C.1 — Anforderungen an die Prüfojektoberfläche bei der thermografischen Prüfung..... 32

Tabelle C.2 — Möglichkeiten der Vorreinigung der Prüfobjektoberfläche 32

Tabelle C.3 — Vor- und Nachteile mechanischer Vorreinigungsverfahren 33

Tabelle C.4 — Vor- und Nachteile thermischer Vorreinigungsverfahren..... 33

Tabelle C.5 — Vor- und Nachteile chemischer Vorreinigungsverfahren 34