E DIN 54188:2025-11 (D)

Erscheinungsdatum: 2025-09-26

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 14
4.6.1 Referenzprobekörper Typ 1 zur Justierung 15
4.6.2 Referenzprobekörper Typ 2 mit künstlichen, idealisierten Schweißnahtunregelmäßigkeiten 15
4.6.3 Referenzprobekörper Typ 3 mit natürlichen Schweißnahtunregelmäßigkeiten 15

5 Prüfungsvorbereitung 16
5.1 Definition der Prüfaufgabe 16
5.2 Festlegung der Prüftechnik 16
5.3 Festlegen des Prüfbereichs 17
5.4 Festlegung der Prüfkonfiguration 17
5.5 Auswahl der Prüfgeräte 17
5.5.1 Allgemeine Anforderungen an die Anregungstechnik 17
5.5.2 Anforderungen an die Induktionstechnik (Induktionsgenerator und Induktor) 18
5.5.3 Anforderungen an die Lasertechnik (Laser und Laseroptik) 19
5.5.4 Anforderungen an die Infrarotkamera 20
5.6 Minimale Auflösung zur Fehlererkennung (Ortsauflösung) 21
5.7 Abschnittsweise Prüfungen 21
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 23
6.6 Nachbehandlung 24
6.7 Wiederholungsprüfung 24

7 Aufbereitung der Prüfergebnisse 24

7.1 Datenaufbereitung für die qualitative Bewertung ... 24
7.2 Datenaufbereitung für die quantitative Bewertung ... 24

8 Prüfbericht ... 25

Anhang A (normativ) 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 Vorreinigungsmethoden ... 33
C.3 Vor- und Nachteile thermischer Vorreinigungsmethoden ... 33
C.4 Vor- und Nachteile chemischer Vorreinigungsmethoden ... 34

Literaturhinweise ... 36

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 ... 11

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

Bild 5 — Indirekter Nachweis von Oberflächenunregelmäßigkeiten mit Laserthermografie ... 13

Bild 6 — 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 2 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 2 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 Vorreinigungsmethoden 33

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

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