

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 Prüfkongfiguration	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 Prüfoberfläche bei der thermografischen Prüfung.....	32
Tabelle C.2 — Möglichkeiten der Vorreinigung der Prüfoberfläche	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