

Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des
Primärkreises von Leichtwasserreaktoren
Teil 6: Wirbelstromprüfung von Dampferzeuger-Heizrohren

DIN
25435-6

ICS 27.120.10

In-service inspections for primary coolant circuit components of light water
reactors — Part 6: Eddy current testing of steam generator heating tubes

Contrôles périodiques des composants du circuit primaire des réacteurs
à eau légère — Partie 6: Essai de tuyaux de chauffage pour générateurs
de vapeur par courant de Foucault

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweisungen	2
3 Begriffe	3
4 Prüftechniken	4
4.1 Allgemeines	4
4.2 Standardtechnik	4
4.3 Mehrfrequenztechnik mit Tastspulen für weitergehende Analysen	5
5 Anforderungen	6
5.1 Prüfpersonal	6
5.2 Dampferzeuger-Heizrohre	6
5.3 Wirbelstromprüfeinrichtung	6
6 Prüfung	9
6.1 Prüfanweisung	9
6.2 Vorbereitung	11
6.3 Durchführung	11
6.4 Abschließende Maßnahmen	14
7 Protokollierung	14
8 Dokumentation	14
Bilder	
Bild 1 — Darstellung einer Wanddickenschwächung von 100 % (Durchgangsbohrung) beim Ziehen der Sonde	12
Bild 2 — Beispiel für eine Auswertekennlinie: Wanddickenschwächung in % der Wanddicke als Funktion des Phasenwinkels der Anzeige bei einer Prüffrequenz	12
Tabellen	
Tabelle 1 — Mindestanforderungen an das Prüfpersonal	6

Fortsetzung Seite 2 bis 14

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) – FB Kerntechnik – im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Vorwort

Diese Norm wurde vom Fachbereich Kerntechnik erstellt.

Es werden Prüftechniken, Anforderungen an das Prüfsystem, Durchführung der Prüfung sowie die Dokumentation für die Standardtechnik festgelegt. Ziel der Norm ist es, die Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von wiederkehrenden Prüfungen sicherzustellen.

Angaben über Prüfumfang, Prüfintervall, sicherheitstechnische Bewertung der Prüfergebnisse und Einsatz von Analysetechniken sind KTA 3201.4 zu entnehmen.

DIN 25435 „Wiederkehrende Prüfungen der Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren“ besteht aus:

- Teil 1: *Mechanisierter Ultraschallprüfung*
- Teil 2: *Magnetpulver- und Eindringprüfung*
- Teil 3: *Druckprüfung*
- Teil 4: *Sichtprüfung*
- Teil 6: *Wirbelstromprüfung von Dampferzeuger-Heizrohren*
- Teil 7: *Durchstrahlungsprüfung*

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist für wiederkehrende Wirbelstromprüfungen an nicht ferromagnetischen Dampferzeuger-Heizrohren von Druckwasserreaktoren anzuwenden, wobei die Prüfung mit Hilfe mechanisierter Prüfeinrichtungen von der Rohrinneinnenseite aus erfolgt.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN EN 473:2001-03, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen; Deutsche Fassung EN 473:2000.*

KTA 1202:1984-06, *Anforderungen an das Prüfhandbuch.*¹⁾

1) Herausgeber: Kerntechnischer Ausschuss (KTA) beim Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

KTa 1404, *Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken.*

KTa 3201.4, *Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren — Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen und Betriebsüberwachung.*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Anzeige

Signal, das durch eine Inhomogenität wie betriebsbedingte Änderung, geometrischer Abweichung oder bauartbedingte Einflüsse hervorgerufen wird

3.2

betriebsbedingte Anzeige

Signal, das durch betriebsbedingte Änderungen hervorgerufen wird

3.3

Formanzeige

Signal, das durch bauartbedingte Einflüsse hervorgerufen wird

3.4

Auswertung

Sichtung der aufgezeichneten Signale hinsichtlich Vollständigkeit und Bewertbarkeit

3.5

Bewertung

Vergleich der ausgewerteten Signale mit festgelegten Kriterien

3.6

Störsignale

Signale, die die Erkennung und Auswertung von Anzeigen, betriebsbedingten Anzeigen und Formanzeigen behindern

3.7

Standardtechnik bei der Wirbelstromprüfung

Prüftechnik, die mit Innendurchlaufspule in Differenzschaltung durchgeführt wird

ANMERKUNG Die Ergebnisse sind Grundlage zur Beurteilung der Dampferzeuger-Heizrohre.

3.8

Basisfrequenz

Prüffrequenz, die bei der Standardtechnik vorrangig zur Auffindung und Auswertung von Anzeigen und betriebsbedingten Anzeigen verwendet wird

3.9

Prüfempfindlichkeit

Änderung der Ausgangsgröße des Wirbelstromprüfsystems bezogen auf die zugehörige Änderung der Eingangsgröße

3.10

Justieren bei der Wirbelstromprüfung

das Wirbelstromprüfgerät so einzustellen oder abzugleichen, dass die im Rahmen der Justiervorschrift des Herstellers vorgegebenen Grenzwerte eingehalten werden

3.11

Kalibrieren bei der Wirbelstromprüfung

Ermittlung des Zusammenhanges zwischen den ausgegebenen Messwerten des Wirbelstromprüfgerätes und den zugehörigen Anzeigen, resultierend aus definierten Inhomogenitäten an Vergleichskörpern

3.12

Füllfaktor einer Innenspule

Verhältnis des Quadrates des Außendurchmessers der Spule zum Quadrat des Innendurchmessers des Dampferzeuger-Heizrohres

4 Prüftechniken

4.1 Allgemeines

Bei der Wirbelstromprüfung von Dampferzeuger-Heizrohren ist es Aufgabe der Auswertung, die aufgezeichneten Signale zu unterscheiden nach:

- betriebsbedingten Anzeigen (Ort, Ausdehnung und gegebenenfalls Art der Inhomogenitäten, z. B. Risse, Abtragungen, Beulen, sind zu beschreiben);
- Formanzeigen (z. B. von Strukturteilen wie Abstandhalter, Rohrboden, Einwalzung);
- sonstigen Anzeigen (z. B. von lokalen Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit und der Permeabilität, elektrische Störungen von außen, Wackeleffekt der Sonde, Verunreinigungen des Rohres auf der Innen- oder Außenseite, fertigungsbedingte Anzeigen, wie Beulen).

Zur Wirbelstromprüfung von Dampferzeuger-Heizrohren können im Rahmen der Standardtechnik folgende Prüftechniken eingesetzt werden:

- Mehrfrequenztechnik mit Innendurchlaufspulen (Differenzschaltung, Absolutschaltung);
- Verknüpfung der Signale mehrerer Frequenzen mit Innendurchlaufspule in Differenzschaltung.

Wenn die Standardtechniken zur Auswertung der Wirbelstromsignale nicht ausreichen, dürfen Wirbelstromtechniken für weitergehende Analysen (z. B. mit rotierenden Tastspulen) und andere zerstörungsfreie Prüfverfahren (z. B. Ultraschall, Endoskopie, Profilometrie) angewendet werden.

4.2 Standardtechnik

4.2.1 Mehrfrequenztechnik mit Innendurchlaufspulen in Differenzschaltung

4.2.1.1 Basisfrequenz

Bei der Prüfung mit Innendurchlaufspulen wird der gesamte Rohrumfang integral erfasst. Die Ausdehnung von flächenhaften Inhomogenitäten oder bauartbedingten Einflüssen kann daher nur in Längsrichtung ermittelt werden. Im ungestörten Bereich reicht die Auswertung der Signale einer Frequenz aus zur Bestimmung von Ort, Tiefe und Ausdehnung einer betriebsbedingten Änderung.

Überlagern sich betriebsbedingte Anzeigen und Formanzeigen, so ist eine Aussage im Allgemeinen nur mit Einschränkungen möglich.

Bei der Prüfung auf betriebsbedingte Anzeigen liegen die verwendeten Prüffrequenzen im Allgemeinen im Bereich von 10 kHz bis 1 MHz. Die Basisfrequenz ist so zu wählen, dass der Phasenverschiebungswinkel zwischen einer an der Außenseite eines Vergleichskörpers eingebrachten Wanddickenschwächung von 100 % und einer von 20 % im Bereich von 90° bis 120° liegt.

4.2.1.2 Vergleich der Signale mehrerer einzelner Frequenzen mit Innendurchlaufspule

Bei Anwesenheit von Störsignalen können zusätzlich zur Basisfrequenz weitere Frequenzen zur Unterscheidung von Störsignalen und betriebsbedingten Anzeigen eingesetzt werden. Die einzelnen Frequenzen sind so zu wählen, dass ein deutlicher Phasenverschiebungswinkel zwischen Anzeigen und Störsignalen erreicht wird.

4.2.2 Verknüpfung der Signale mehrerer Frequenzen mit Innendurchlaufspulen in Differenzschaltung (Mixtechnik)

4.2.2.1 Allgemeines

Bei dieser Prüftechnik werden zwei bis vier Frequenzen eingesetzt.

Durch Verknüpfung der Signale mehrerer Frequenzen lässt sich der Einfluss von Störsignalen reduzieren und die Aussage über betriebsbedingte Anzeigen verbessern.

Folgende Verknüpfungen sind mindestens einzusetzen:

- 3-Frequenz-Mix für den Bereich des Rohrbodens;
- 2-Frequenz-Mix für den Bereich der Abstandshalter und den Bereich des U-Bogens.

4.2.2.2 3-Frequenz-Mix

Die Frequenzen sind so zu wählen, dass die Störsignale von Einwölbungen und Rohrbodenoberkanten gleichzeitig unterdrückt werden. Zusätzlich muss bei einer an der Außenseite eines Vergleichskörpers eingebrachten Wänddickenschwächung von 80 % und einer von 20 % der Phasenverschiebungswinkel eine Differenz von mindestens 50° aufweisen.

4.2.2.3 2-Frequenz-Mix

Die Frequenzen sind so zu wählen, dass die Störsignale aller Strukturteile (z. B. Abstandshalter, Welleisen, Schwingungsbegrenzer) unterdrückt werden. Der Phasenverschiebungswinkel zwischen einer an der Außenseite eines Vergleichskörpers eingebrachten Wänddickenschwächung von 100 % und einer von 20 % muss im Bereich von 80° bis 100° liegen.

4.2.3 Mehrfrequenztechnik mit Innendurchlaufspulen in Absolutschaltung

Im Unterschied zur Mehrfrequenztechnik in Differenzschaltung dient die Absolutschaltung zum Auffinden und Bewerten von flach einlaufenden Anzeigen mit großer Ausdehnung in axialer Richtung (z. B. Großflächenabtrag im Bereich von U-Bögen).

4.3 Mehrfrequenztechnik mit Tastspulen für weitergehende Analysen

Die Mehrfrequenztechnik mit Tastspulen kann gezielt zur Analyse bereits lokalisierter Anzeigen eingesetzt werden.

Hierzu können rotierende Tastspulen oder Segmentsonden mit mehreren über den Rohrumfang verteilten Tastspulen (z. B. 8, 16) verwendet werden. Aufgrund der kleineren Spulenwirkbreite oder der Spurbreite werden Tastspulen zur Bestätigung von betriebsbedingten Anzeigen, zur Charakterisierung und zur Bestimmung der Anzahl der Anzeigen sowohl in Längs- als auch in Umfangsrichtung (d. h. im gesamten Bereich des Rohrumfanges) eingesetzt.