

vgbe-Standard

Richtreihen zur Bewertung der Gefügebildung und Zeitstandschädigung warmfester Stähle für Hochdruckrohrleitungen und Kesselbauteile und deren Schweißverbindungen

VGBE-S-517-00-2024-11-DE

4. Ausgabe

(vormals VGB-S-517-00-2014-11-DE-EN)



vgbe-Standard

Richtreihen zur Bewertung der Gefügeausbildung und Zeitstandschädigung warm- fester Stähle für Hoch- druckrohrleitungen und Kesselbauteile und deren Schweißverbindungen

VGBE-S-517-00-2024-11-DE

4. Ausgabe

(vormals VGB-S-517-00-2014-11-DE-EN)

Herausgeber:

vgbe energy e.V.

Verlag:

vgbe energy service GmbH

Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften

Deilbachtal 173 | 45257 Essen

Tel.: +49 201 8128-200

E-Mail: sales-media@vgbe.energy

ISBN 978-3-96284-382-3 (Print, Deutsch)

ISBN 978-3-96284-383-0 (E-Book, Deutsch)

ISBN 978-3-96284-384-7 (Print, Englisch)

ISBN 978-3-96284-385-4 (E-Book, Englisch)

Alle Rechte vorbehalten, vgbe energy.

www.vgbe.energy | www.vgbe.services

Vorwort zur vierten Ausgabe

In der hier vorliegenden vierten Ausgabe wurde als Erweiterung zur dritten Ausgabe die optionale Beurteilung von Zeitstandschäden auf Grundlage der Porositätsbestimmung für die martensitischen 9%–12% Cr-Stähle als zusätzlicher Baustein für eine erweiterte Bewertung aufgenommen.

Die Beurteilungsklassen für Grundwerkstoffe wurden dem neuen Erkenntnisstand der Schädigungsbeurteilung angepasst, und der Bildanhang wurde mittels aktueller hochwertiger Darstellungen ergänzt sowie aktualisiert.

Für den Anwender hilfreiche Ergänzungen, wie u.a. eine Korrelationstabelle des relativen Zeitstandlebensdauerverbrauchs als Funktion der Porosität unter Nennung von Anhaltswerten und typischerweise zu verwendende Ätzmittel, wurden ergänzt.

Weiterhin wurden Beispiele für das Zusammenwirken und die Abgrenzung von Zeitstandschädigung und Relaxationsrissbildung aufgenommen.

Dem beteiligten Personenkreis, der an der Überarbeitung dieser Ausgabe mitgewirkt hat, sei an dieser Stelle herzlichst gedankt.

Essen, November, 2024

vgbe energy e.V.*

* vgbe energy e.V. ist seit April 2022 der neue Name des VGB PowerTech.

Vorwort zur dritten Ausgabe

In der hier vorliegenden dritten Ausgabe wurde als Erweiterung zur zweiten Ausgabe die Beurteilung von Zeitstandschäden an Schweißverbindungen (Rund- und Stutzennähten) in die Richtreihe mit aufgenommen. Hiermit wird der hohen Anzahl der im Rahmen wiederkehrender Prüfungen mittels Gefügeabdrucktechnik untersuchten Schweißverbindungen Rechnung getragen. Die in der zweiten Fassung dargelegten metallphysikalischen Grundlagen zur Entwicklung von Zeitstandschäden gelten grundsätzlich auch für die Schädigungsentwicklung an den Schweißverbindungen.

Da es sich bei Kriechschäden an Schweißverbindungen um örtlich begrenzte Schädigungen handelt, sind in der Regel andere Maßnahmen abzuleiten als bei den üblicherweise großflächigeren Schädigungen im Grundwerkstoff. Daher wurde zur Abgrenzung von Grundwerkstoff- und Schweißnahtschädigung für die Bewertungsrichtreihen eine jeweils andere Nomenklatur verwendet.

Dem beteiligten Personenkreis, die an der Überarbeitung dieser Ausgabe mitgewirkt haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Vorwort zur zweiten Ausgabe

Mit der 2. Ausgabe der Gefügerichtreihen wurde der Überarbeitung der VGB-R 509 „Wiederkehrende Prüfungen an Rohrleitungsbauteilen in fossilbefeuerten Wärmekraftwerken“ im Jahre 2002 und den neuen 9 % bis 12 % Cr-Stählen, die bisher nicht in den Richtreihen vertreten waren, Rechnung getragen. Darüber hinaus wurden in dieser Ausgabe die neueren Erkenntnisse aus Betriebserfahrungen und Forschungsvorhaben bezüglich der Schädigungsmechanismen, d. h. dem Zusammenhang zwischen Mikrostruktur, Verformungsfähigkeit und Schädigungsverhalten eingearbeitet.

Es wird darauf verzichtet, ein Qualifizierungs- bzw. Zertifizierungsverfahren für Prüfer und Prüffirmen zu etablieren. Stattdessen soll die ausführliche Beschreibung der Präparationstechnik, die sich als Anforderung an die Prüfung versteht, einen hohen Qualitätsstandard gewährleisten.

Im Gegensatz zur ersten Ausgabe sind die Gefügeaufnahmen der Beurteilungsklasse 0 – „Lieferzustand, ohne thermische Beanspruchung“ – in einem separaten Teil des Bildanhangs zusammengefasst und werden zukünftig nicht mehr als Beurteilungsklasse bezeichnet. Hierdurch sollte vermieden werden, dass diese Richtreihen als Abnahmekriterium im Rahmen der Neufertigung herangezogen werden, da nur in sehr wenigen Fällen ein nachgewiesener Zusammenhang zwischen der lichtmikroskopisch sichtbaren Mikrostruktur und der zu erwartenden Zeitstandfestigkeit besteht. Daher stellen die Aufnahmen nur einige Beispiele der möglichen Gefüge im Ausgangszustand dar. Für die Beurteilung der Zeitstandbeanspruchung dient weiterhin die Klasseneinteilung 1 bis 5, wobei in dieser Ausgabe ebenfalls Hinweise gegeben werden, dass unter Umständen auch die Porendichte zur Beurteilung des Schädigungszustandes herangezogen werden sollte. Im Bildteil wurde neben den „Ausgangszuständen“ und den „Gefügerichtreihen“ ein dritter Teil mit „Sonderfällen“ eingeführt, der besondere Probleme der Präparation oder werkstoffspezifische Eigenarten näher beschreibt.

Um flexibel auf neue Erkenntnisse reagieren zu können, wurde ein Ringbuch als Ausgabeformat gewählt, so dass zukünftig zwingend notwendige, aber auch wünschenswerte Erweiterungen als Zusatz- oder Austauschseiten angeboten werden können.

Dem beteiligten Personenkreis, die an der Überarbeitung dieser Ausgabe mitgewirkt haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Vorwort zur ersten Ausgabe

Zur Ermittlung des Gefügezustandes und Feststellung der Werkstofferschöpfung werden in zunehmendem Umfang an langfristig im Kriechbereich betriebenen Kraftwerkskomponenten bauteilmetallografische Gefügeuntersuchungen durchgeführt. Grundlage hierfür sind das VdTÜV-Merkblatt DAMPFKESSEL 451-83/6 „Oberflächengefügeuntersuchung zeitstandbeanspruchter Bauteile gemäß TRD 508“ [1] und die VGB-Richtlinie VGB-R 509 „Wiederkehrende Prüfungen an Rohrleitungsanlagen in fossil-befeuerten Wärmekraftwerken“ [2], die jeweils schematische Angaben über Gefüge- und Schädigungsklassen enthalten. Die Erfahrung hat gezeigt, dass eine weitere Unterteilung der Schädigungsklassen 2 und 3 sinnvoll ist. Darüber hinaus können reale Gefügebilder der jeweiligen Werkstoffgüte helfen, unterschiedliche Bewertungen verschiedener Fachleute zu vermeiden und Missverständnisse zwischen Metallografen, Sachverständigen und Betreibern zu verhindern.

Die vorliegenden Richtreihen sind eine Zusammenfassung vorhandener Dokumentationen, Informationen und Erkenntnisse. Sie dienen der besseren Kooperation zwischen den Beteiligten. Eine Haftung, auch für die sachliche Richtigkeit der Darstellung, ist ausgeschlossen. Ebenso sind patentrechtliche und andere Schutzrechte vom Anwender eigenverantwortlich zu klären.

Die VGB-Geschäftsstelle bittet darum, die mit der Anwendung dieser Richtreihen gesammelten Erfahrungen, Möglichkeiten zu missverständlicher Bewertung, Unzulänglichkeiten in der Darstellung sowie Verbesserungsvorschläge zur Auswertung mitzuteilen. Sie können Anlass für Ergänzungen oder Änderungen sein.

Allen an der Erarbeitung der Gefügerichtreihen beteiligten Personen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

AutorenBeteiligter Personenkreis, 4. Ausgabe (2024)

Peter Körner, vgbe energy service GmbH

Karl Maile, ehemals Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

Peter Seliger, Siempelkamp Prüf- und Gutachter-Gesellschaft mbH

Mirko Lieb, vgbe energy service GmbH

Jörg M. Bareiß, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Thomas Hansen, BASF SE

Jens Hälbig, RWE Power AG

Tim Kalbitzer, StandZeit GmbH

Patrick Kozlowski, Lausitz Energie Kraftwerke AG

Rudi Scheck, Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

Fabian Schimmel, TÜV Rheinland Werkstoffprüfung GmbH

Martin Widera, ehemals RWE Power AG

Gereon Lüdenbach, StandZeit GmbH

Christian Ullrich, vgbe energy service GmbH

Dirk Wurzel, Evonik Operations GmbH

Jens Ganswind-Eyberg, vgbe energy e.V.

Beteiligter Personenkreis, 3. Ausgabe (2014)

Thomas Gräb, Bilfinger Piping Technology GmbH

Jörg Gurski, TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG

Peter Körner, VGB PowerTech e.V.

Dieter Loog, TÜV Rheinland Werkstoffprüfung GmbH

Karl Maile, Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

Joachim Schubert, ALSTOM Power Service GmbH

Peter Seliger, Siempelkamp Prüf- und Gutachter-Gesellschaft mbH

Ralf Uerlings, RWE Power AG

Christian Ullrich, VGB PowerTech e.V.

Dirk Wurzel, Evonik Industries AG

Beteiligter Personenkreis, 2. Ausgabe (2005)

M. Schwarz, BASF, Ludwigshafen

J. Schubert, Alstom, Mannheim

D. Loog, TÜV Rheinland Group, Köln

K. Maile, Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart

P. Seliger, Siempelkamp Prüf- und Gutachter-Gesellschaft, Dresden

P. Körner, G. Lüdenbach, VGB PowerTech e.V., Essen

Beteiligter Personenkreis, 1. Ausgabe (1992)

H. Müsch und H. Remmert, Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG, Hamm

P. Körner und E. Tolksdorf, VGB-Geschäftsstelle/VGB-Headquarters, Essen

O. Wachter, PreussenElektra AG, Hannover

Inhalt

1	Metallkundliche Beschreibung des Schadensmechanismus	12
1.1	Zeitdehnverhalten und Kriechschädigungsentwicklung	12
1.2	Phänomenologisches Erscheinungsbild von Kriechporen	13
1.3	Theorien zur Entstehung von Kriechporen	20
1.4	Porenbildung in Kraftwerksbaustählen unter Betriebsbeanspruchung.....	23
1.5	Porenbildung an Schweißnähten	25
2	Angaben zu den Gefügeausbildungen	29
2.1	Ausgangszustand (Lieferzustand der Grundwerkstoffe)	29
2.2	Thermische Veränderung – Beurteilungsklasse 1	31
2.3	Mikroporenentwicklung unter Zeitstandbeanspruchung: Beurteilungsklasse ≥ 2	32
3	Anwendungsbereich	34
4	Prüfaufgabe, Prüforte, Anforderungen an die Prüffirma und das Prüfpersonal.....	36
5	Präparation.....	37
5.1	Allgemeines	37
5.2	Schleifen	37
5.2.1	Vorschleifen	37
5.2.2	Feinschleifen	38
5.3	Polieren	38
5.3.1	Mechanisches Polieren.....	38
5.3.2	Elektrolytisches Polieren.....	39
5.4	Ätzen	39
5.5	Abdrucknahme.....	41
5.6	Ambulante Härteprüfung.....	41
5.7	Präparative Randbedingungen bei Auswertung nach Kapitel 6.4	42
6	Auswertung	43
6.1	Allgemeines/Hinweise.....	43
6.2	Gefügebeurteilung der Grundwerkstoffe	43
6.3	Beurteilung von Schweißverbindungen	46
6.4	Porositätsbestimmung martensitischer 9%–12% Cr-Stähle.....	47
6.4.1	Anmerkungen zur Anwendung der Porositätsbestimmung auf martensitische 9%–12% Cr-Stähle	47
6.4.2	Anwendungshinweise zur Auswertung	48
6.4.3	Korrelation von Kriechporosität und Zeitstandlebensdauerverbrauch für martensitische 9%–12% Cr-Stähle	49
6.4.4	Anmerkung zur Korrelationstabelle.....	51

7	Bewertung	52
7.1	Bewertung der Grundwerkstoffe	52
7.2	Bewertung der Ergebnisse an Schweißverbindungen	53
7.2.1	Vorgehensweise bei Befunden an Schweißverbindungen	53
7.2.2	Relaxationsvorgänge in Schweißnähten	54
8	Dokumentation/Prüfbericht	56
9	Ausblick	57
10	Literatur	58
11	Tabellen	61
12	Abbildungen	62
Anhang		64
Fotodokumentation		
Anhang Teil 1: Ausgangszustand für Grundwerkstoffe		67
Anhang Teil 2: Richtreihen für Grundwerkstoffe		83
Anhang Teil 3: Sonderfälle für Grundwerkstoffe		159
Anhang Teil 4: Richtreihen für Schweißnähte		175