ICS 77.040.01

VDI-RICHTLINIEN

Juni 2019
June 2019

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Schadensanalyse
Flüssigmetallinduzierte Rissbildung
Failure analysis
Liquid-metal-induced crack formation

VDI 3822
Blatt 1.6 / Part 1.6

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt Seite

Vorbemerkung ... 2
Einleitung ... 2
1 Anwendungsbereich ... 6
2 Normative Verweise ... 6
3 Mechanismus der flüssigmetallinduzierten Rissbildung ... 6
3.1 Systeme mit Mischungslücke ... 9
3.2 Eutektische Systeme ... 10
3.3 Auswirkungen der Mehrstoffsysteme ... 12
4 Verfahrenstechnische Einflussgrößen ... 12
4.1 Einflussbereich Werkstoff ... 12
4.2 Einflussbereich Konstruktion/Fertigung ... 13
4.3 Einflussbereich Verzinkerei ... 13
4.4 Einfluss der Zinkbadtemperatur ... 14
5 Schadensbild der flüssigmetallinduzierten Rissbildung ... 14
5.1 Schadensbild bei aggressiver Schmelze ... 18
5.2 Schadensbild bei sehr hohen Bauteileigenspannungen ... 20
5.3 Schadensbild bei Kerbwirkung ... 22
5.4 Schadensbild bei langen Tauchzeiten ... 24
5.5 Folgeschaden durch feine Anrisse aus dem Verzinkungsprozess ... 26
5.6 Folgeschaden durch feine Anrisse aus dem Lötprozess ... 28
5.7 Folgeschaden durch Anriss beim Lötprozess ... 30
5.8 Folgeschaden aus Reibprozess ... 32
5.9 Schaden aus Turbine ... 34
5.10 Anrisse beim Schweißprozess ... 36
5.11 Anrisse beim Vergütungsprozess ... 38
5.12 Verzinkungsschaden an Haltestange ... 40
5.13 Verzinkung von Blankstahl ... 42
5.14 Verzinkungsschaden an groß dimensionierten Schrauben ... 44
5.15 Verzinkungsschaden nach dem Kaltbiegen ... 46
5.16 Verzinkungsschaden durch dickere Dimensionierung und höherfesten Werkstoff ... 48
Schrifttum ... 50

Contents Page

Preliminary note ... 2
Introduction ... 2
1 Scope ... 6
2 Normative references ... 6
3 Liquid-metal-induced cracking mechanism ... 6
3.1 Systems with a miscibility gap ... 9
3.2 Eutectic systems ... 10
3.3 Effects of multi-element systems ... 12
4 Process-related factors ... 12
4.1 Materials involved as a factor ... 12
4.2 Design/manufacturing as factors ... 13
4.3 Hot-dip galvanising plant as a factor ... 13
4.4 Effect of the zinc bath temperature ... 14
5 Failure pattern of liquid-metal-induced cracking ... 14
5.1 Failure pattern due to aggressive melt ... 19
5.2 Damage characteristics with very high residual stress in component ... 21
5.3 Damage characteristics with notch effect ... 23
5.4 Damage characteristics after long immersion times ... 25
5.5 Subsequent damage due to nascent cracks resulting from the galvanisation process ... 27
5.6 Subsequent damage due to fine nascent cracks resulting from the brazing process ... 29
5.7 Subsequent damage due to nascent crack development during the brazing process ... 31
5.8 Subsequent damage due to reaming ... 33
5.9 Damaged turbine parts ... 35
5.10 Nascent crack development during welding process ... 37
5.11 Nascent crack development during quenching and tempering ... 39
5.12 Hot-dip galvanisation damage to handrail ... 41
5.13 Hot-dip galvanising of bright steel ... 43
5.14 Galvanisation damage to large bolts ... 45
5.15 Galvanisation damage after cold bending ... 47
5.16 Galvanisation damage due to larger dimensions and higher-strength materials ... 49
Bibliography ... 50

VDI-Gesellschaft Materials Engineering (GME)
Fachbereich Werkstofftechnik

VDI-Handbuch Werkstofftechnik
VDI-Handbuch Fabrikplanung und -betrieb, Band 1: Betriebsüberwachung/Instandhaltung
VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion
VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 3: Verfügbarkeit/Schadensanalyse

Frühere Ausgaben: 11.10; 08.17 Entwurf, deutsch
Former editions: 11/10; 08/17 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved (a) © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2019

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted