

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Schadensanalyse
Schäden an geschweißten Metallprodukten

VDI 3822
Blatt 1.5
Entwurf

Failure analysis – Failure on
welded metal products

Einsprüche bis 2018-03-31

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal
<http://www.vdi.de/einspruchsportal>
- in Papierform an
VDI-Gesellschaft Materials Engineering (GME)
Fachbereich Werkstofftechnik
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweise	4
3 Abkürzungen	4
4 Bedeutung fertigungsbedingter Einflüsse	4
5 Schäden während der Herstellung von geschweißten Bauteilen	5
5.1 Gaseinschlüsse – Poren	6
5.2 Lunker	7
5.3 Einschlüsse	8
5.4 Unregelmäßigkeiten in der Nahtgeometrie	9
5.5 Bindefehler	10
5.6 Sonstige	11
5.7 Fertigungsbedingte Risse	13
6 Schäden an geschweißten Bauteilen während des Betriebs	25
6.1 Schäden durch Korrosion	25
6.2 Schäden bei hohen Temperaturen	35
Schrifttum	37

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

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Produkte werden unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten für einen funktionssicheren und gefahrlosen Einsatz während der vorgesehenen Betriebsdauer hergestellt. Trotz sorgfältiger Konstruktion und Fertigung sowie eingehender Erprobung gelingt es auch bei Einhalten der vorgesehenen Betriebsweise nicht immer, Fehler und Schäden an derartigen Erzeugnissen zu vermeiden. Schadensfälle verursachen im Allgemeinen wirtschaftliche Verluste durch Produktions- oder Nutzungsausfall, Folgeschäden sowie notwendige Reparaturmaßnahmen und können darüber hinaus Menschen gefährden.

Gezielte Maßnahmen zur Schadensabhilfe und -verhütung können nur dann eingeleitet werden, wenn die Schadensursachen und Fehlereinflüsse durch systematische Untersuchungen aufgeklärt werden. Schadensanalysen können zu Verbesserungen bei der Werkstoffentwicklung, der Werkstoffauswahl, der Konstruktion, der Fertigung und der Betriebsweise führen. Darüber hinaus können die gewonnenen Erkenntnisse sofort in die Qualitätssicherung eingehen, der Schadensprävention dienen und Entwicklungen einleiten, beispielsweise bei der Werkstoffproduktion und -entwicklung, Ver- und Bearbeitung, Prüfung und Anwendung von Werkstoffen. Schadensanalysen dienen dazu, für ein technisches Erzeugnis ein Optimum aus Werkstoff-, Konstruktions-, Fertigungs- und Bauteileigenschaften unter Kostengesichtspunkten zu finden.

Der Erfolg einer Schadensanalyse hängt weitgehend von der Sorgfalt ihrer Planung, von der Art und dem Umfang der einzelnen Untersuchungsschritte sowie von der Qualität ihrer Durchführung ab. Um Erfahrungen aus Schadensanalysen systematisch auswerten und zugänglich machen zu können, sind Vereinheitlichungen erforderlich.

Demnach ist Zweck der Richtlinie:

- Begriffe zu definieren
- Schadensarten einheitlich zu benennen und zu beschreiben
- zur systematischen Vorgehensweise bei der Schadensanalyse anzuleiten
- die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Untersuchungsstellen zu gewährleisten
- Voraussetzungen zur nachvollziehbaren Dokumentation zu schaffen.

Dem Nutzer der Richtlinie werden kennzeichnende Schadensbilder, Schadensbeschreibungen und Schadensmechanismen zum Vergleich mit dem zu untersuchenden Schadensfall zur Verfügung gestellt. Die Blätter folgen in ihrer Gliederung der Situation bei der Schadensanalyse: Ausgehend von einem Schadensbild unterstützen sie bei der Findung potenzieller Schadenshypothesen und -mechanismen, um anschließend Hinweise zur Feststellung der Schadensursachen zu geben. Dabei berücksichtigt die Richtlinie nicht nur individuelle Schadensfälle (das heißt singuläre Schäden an einzelnen Produkten), sondern auch Serienschäden (das heißt Schäden, die in gleicher Art an vielen Produkten aufgetreten sind).

Einteilung der Richtlinie

In der Richtlinie VDI 3822 werden Grundlagen, Begriffe und Definitionen, der Ablauf einer Schadensanalyse und ihre Dokumentation behandelt, die sich für die verschiedenen Werkstoffgruppen nicht unterscheidet:

VDI 3822 Schadensanalyse; Grundlagen, Begriffe, Ablauf einer Schadensanalyse, Dokumentation

In den werkstoffspezifischen Blättern werden Schadensarten, Schadensmerkmale, Schadensabläufe und Schadensmechanismen beschrieben. Dabei werden – die Realität stark vereinfachend – verschiedene Beanspruchungsarten in den Blättern separat behandelt. Dem Schadensanalytiker ist damit die Möglichkeit gegeben, nachzuschlagen, welche Wirkungen die verschiedenen Beanspruchungen auf ein Produkt haben können. Ihm obliegt aber weiterhin die Verantwortung, durch Abgleich mit dem Schadensumfeld die Eintrittswahrscheinlichkeit der einzelnen Beanspruchungsarten zu bewerten und die Wirkung kollektiver Beanspruchungen zu berücksichtigen.

In den folgenden Blättern werden die verschiedenen Schadensarten, die Schadensmerkmale, die Schadensursachen und die Schadensabläufe im Fall von Schäden an Metallprodukten beschrieben:

- Blatt 1.1 Schäden an Metallprodukten durch mechanische Beanspruchungen (bisher: Blatt 2)
- Blatt 1.2 Schäden an Metallprodukten durch Korrosion in wässrigen Medien (bisher: Blatt 3)
- Blatt 1.3 Schäden an Metallprodukten durch tribologische Beanspruchungen (bisher: Blatt 5)
- Blatt 1.4 Schäden an Metallprodukten durch thermische Beanspruchungen (bisher: Blatt 4)

Blatt 1.5 Schäden an geschweißten Metallprodukten

Blatt 1.6 Flüssigmetallinduzierte Rissbildung

In den folgenden Blättern werden die verschiedenen Schadensarten, die Schadensmerkmale, die Schadensursachen und die Schadensabläufe im Fall von Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten beschrieben:

- Blatt 2.1.1 Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten durch fehlerhafte Konstruktion
- Blatt 2.1.2 Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten durch fehlerhafte Verarbeitung
- Blatt 2.1.3 Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten durch fehlerhafte Werkstoffauswahl und Fehler im Werkstoff
- Blatt 2.1.4 Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten durch mechanische Beanspruchung
- Blatt 2.1.5 Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten durch thermische Beanspruchung
- Blatt 2.1.6 Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten durch tribologische Beanspruchung
- Blatt 2.1.7 Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten durch mediale Beanspruchung
- Blatt 2.1.8 Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten durch Witterungsbeanspruchung
- Blatt 2.1.9 Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten durch mikrobielle Beanspruchung

Blatt 2.1.10 Bedeutende Analysemethoden für die Schadensanalyse an thermoplastischen Kunststoffprodukten

In den folgenden Blättern werden die verschiedenen Schadensarten, die Schadensmerkmale, die Schadensursachen und die Schadensabläufe im Fall von Schäden an Elastomerprodukten beschrieben:

- Blatt 2.2.1 Schäden an Elastomerprodukten durch Alterung
- Blatt 2.2.2 Schäden an Elastomerprodukten durch fehlerhafte Werkstoffauswahl und Fehler im Werkstoff
- Blatt 2.2.3 Schäden an Elastomerprodukten durch fehlerhafte Fertigung
- Blatt 2.2.4 Schäden an Elastomerprodukten durch fehlerhafte Konstruktion
- Blatt 2.2.5 Schäden an Elastomerprodukten durch mechanische Beanspruchung
- Blatt 2.2.6 Schäden an Elastomerprodukten durch tribologische Beanspruchung
- Blatt 2.2.7 Schäden an Elastomerprodukten durch thermische Beanspruchung
- Blatt 2.2.8 Schäden an Elastomerprodukten durch mediale Beanspruchung
- Blatt 2.2.9 Schäden an Elastomerprodukten durch klimatische Beanspruchung
- Blatt 2.2.10 Bedeutende Analysemethoden für die Schadensanalyse an Elastomerprodukten

Alle werkstoffspezifischen Blätter gelten jeweils eigenständig nur zusammen mit dem Grundlagenblatt VDI 3822.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet verfügbar unter www.vdi.de/3822.

1 Anwendungsbereich

Unter dem Begriff „Produkte“ werden im Rahmen dieser Richtlinie Bauteile und Komponenten technischer Systeme und Strukturen aus Metallen verstanden, die u.a. durch stoffschlüssige Fügeprozesse hergestellt werden, unter ihnen als bedeutendste das Schweißen. Diese Richtlinie bezieht sich auf das Schmelzschweißen. Unter dem Begriff „Schweißen“ wird im Rahmen dieser Richtlinie der gesamte fertigungstechnische Prozess von der Vorbehandlung bis zum Abschluss der Fertigung verstanden.

In diesem Teil der Richtlinienreihe VDI 3822 werden Schadensarten beschrieben, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Schmelzschweißen von Bauteilen aus metallischen Werkstoffen unter besonderer Fokussierung auf Stähle stehen.

2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 3822:2011-11 Schadensanalyse; Grundlagen und Durchführung einer Schadensanalyse