ICS 03.100.40 VDI-RICHTLINIEN April 2008

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Schadensanalyse
Schäden durch mechanische Beanspruchungen

Failure analysis
Failures caused by mechanical working conditions

VDI 3822

Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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

Frühere Ausgaben: 02.84; 05.06 Entwurf, deutsch
Former editions: 02/84; 05/06 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf 2008

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

Inhalt Seite

Vorbemerkung 2
Einleitung 2
1 Anwendungsbereich 3
2 Schadensarten 3
2.1 Benennung von Gewaltbrüchen 3
2.2 Benennung von Schwingbrüchen 4
2.3 Tabellen mit Schadensarten 5
3 Bilder von Brüchen, die durch mechanische Beanspruchungen entstanden sind 32
Schrifttum 36

Contents Page

Preliminary note 2
Introduction 2
1 Scope 3
2 Types of failure 3
2.1 Designation of forced fractures 3
2.2 Designation of fatigue fractures 4
2.3 Tables surveying types of failure 5
3 Pictures of fractures that resulted from mechanical conditions 32
Bibliography 36

VDI-Gesellschaft Werkstofftechnik

Ausschuss Schadensanalyse

VDI-Handbuch Werkstofftechnik
VDI-Handbuch Betriebstechnik, Teil 4: Betriebsüberwachung/Instandhaltung
VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion
VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 3: Verfügbarkeit/Schadensanalyse

 Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2008

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

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

Einleitung

Durch Schadensanalysen sollen die Ursachen für das Versagen von Werkstoffen und Bauteilen aufgedeckt werden. Die sich hieraus ergebenden Erkenntnisse bilden die Grundlage gezielter Maßnahmen zur Schadensabhilfe und -verhütung. Eine der Hauptaufgaben der Schadensanalyse ist die Auswahl geeigneter Untersuchungsverfahren und die wissenschaftlich fundierte, zusammenfassende Auswertung der Einzelergebnisse. Demnach ist es Zweck der Richtlinie:

- Begriffe zu definieren
- Schadensarten einheitlich zu benennen und zu beschreiben
- die systematische Vorgehensweise bei einer Schadensanalyse zu ermöglichen
- Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Untersuchungsstellen zu gewährleisten und damit Voraussetzungen zur Dokumentation zu schaffen

Die Richtlinie VDI 3822 Blatt 1 behandelt Grundlagen, Begriffe und den Ablauf einer Schadensanalyse. In den folgenden Blättern werden die verschiedenen Schadensarten, die Schadenserscheinungen, die Schadensursachen und die Schadensabläufe beschrieben.

Blatt 1	Grundlagen, Begriffe und Definitionen; Ablauf einer Schadensanalyse
Blatt 2	Schäden durch mechanische Beanspruchungen
Blatt 3	Schäden durch Korrosion in Elektrolyten
Blatt 4	Schäden durch thermische Beanspruchungen
Blatt 5	Schäden durch tribologische Beanspruchungen

VDI 3822 Blatt 2 bis Blatt 5 gelten jeweils nur in Verbindung mit VDI 3822 Blatt 1.

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

Introduction

By analyzing failures, it should be possible to discover what causes materials and components to fail. The findings derived from such analyses provide a basis for measures aimed at remedying and preventing failures. One of the main tasks of failure analysis is to select suitable methods of assessment and to perform sound, comprehensive scientific assessments of the individual findings. Correspondingly, the purpose of this guideline is:

- to define terminology
- to provide uniform designations and descriptions of types of failure
- to facilitate a systematic approach to failure analysis
- to ensure the comparability of the findings of different testing facilities, thereby creating the necessary preconditions for proper documentation

The guideline VDI 3822 Part 1 addresses fundamentals, terminology and definitions, as well as procedures for analyzing failure. In the following parts, various types of failure, their appearance, their causes and the processes involved shall be described.

Part 1	Fundamentals, terms, definitions; Procedure of failure analyses
Part 2	Failures caused by mechanical working conditions
Part 3	Failures caused by corrosion in electrolytes
Part 4	Failures caused by thermal loading
Part 5	Failures caused by tribology working conditions

VDI 3822 Part 2 to Part 5 are valid only in conjunction with VDI 3822 Part 1.

All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2008

1 Anwendungsbereich

In der vorliegenden Richtlinie sind Schäden beschrieben, die durch mechanische Beanspruchungen entstehen. Mithilfe der aufgeführten Bruchformen können die in der Praxis auftretenden Brüche klassifiziert werden (Tabelle 2 bis Tabelle 5).

Bruchformen, die fast ausschließlich bei Laborversuchen entstehen, z.B. das Ausziehen zu einer Spitze oder einer Schneide bei reinen duktilen Metallen, sind in dieser Richtlinie nicht berücksichtigt. Herstellungsfehler, die zu Brüchen führen können, sind ebenfalls nicht aufgeführt. Daher sind auch keine Schäden erfasst, die durch starke Schlackenzeilen oder Doppelungen entstehen.

Schwingbrüche im Zusammenhang mit tribologischen Beanspruchungen (z.B. bei Wälzlagern und Zahnrädern) werden in der Richtlinie VDI 3822 Blatt 5 beschrieben. Schäden durch Verformungen behandelt die Richtlinie VDI 3822 Blatt 4, da sie häufiger bei erhöhten Temperaturen auftreten. Sind Verformungsschäden bei Raumtemperatur entstanden, gilt VDI 3822 Blatt 4 sinngemäß. Zu berücksichtigen bleibt, dass die Festigkeitskennwerte temperaturabhängig sind und die Wirkung von Deckschichten nicht berücksichtigt ist.

1 Scope

In this guideline, failures that result from mechanical conditions are described. By referring to the types of fracture described in this guideline, it is possible to classify fractures that occur in practice (Table 2 to Table 5).

Types of fracture that occur almost exclusively in laboratory testing, e.g. the elongation of purely ductile metals to a point or blade, are not considered in this guideline. Production flaws that can lead to fractures are also not discussed. Therefore, failures that result from elongated slag inclusions or twinning will also not be addressed.

Fatigue fractures in conjunction with tribology conditions (e.g. in roller bearings and gears) will be described in guideline VDI 3822 Part 5. Failures caused by deformation are addressed in guideline VDI 3822 Part 4, since they occur more frequently at higher temperatures. In cases where failures caused by deformation have occurred at room temperature VDI 3822 Part 4 applies analogously. Finally, it must also be kept in mind that strength factors are dependent upon temperature, and that the effects of coatings are also not considered.

2 Schadensarten

2.1 Benennung von Gewaltbrüchen

Aufgrund ihrer Bildungsmechanismen und ihrer Erscheinungsformen weisen die Brüche zahlreiche spezifische Merkmale auf, die man alternativ zu ihrer Bezeichnung verwendet. In der vorliegenden Richtlinie werden die Brüche in erster Linie nach ihrer makroskopischen Erscheinung und nach der von außen einwirkenden Beanspruchungsart benannt.

Gewaltbrüche mit makroskopisch sichtbarer Verformung des Bauteils werden als *zähe Gewaltbrüche* bezeichnet. Umgekehrt definiert der *spröde Gewaltbruch* (Sprödbruch) das gewaltsame Bauteilversagen ohne erkennbare makroskopische plastische Deformation. Häufig treten auf einer Bruchfläche Anteile von zähem und sprödem Gewaltbruch nebeneinander auf. Zusätzlich kann zur Namensgebung die Form des Bruchs, z.B. *fräserförmig*, angegeben werden.

Nach dieser Regel wird der Oberbegriff der Bruchbenennung gebildet (Tabelle 1).

Parallel dazu unterteilt man die Gewaltbrüche nach ihrem Bildungsmechanismus und der zugehörigen mikroskopischen Erscheinungsform (siehe auch SEP 1100 Teil 1). Als **Gleitbruch** bezeichnet man die mikroskopisch duktile Modifikation des Gewalt-

2 Types of failure

2.1 Designation of forced fractures

As a result of the mechanisms that lead to the propagation of fractures and the situations in which they occur, fractures display a number of specific characteristics that are used alternately in designating them. In this guideline, fractures will be designated primarily in accordance with their macroscopic appearance and according to the type of load that affects them.

Forced fractures that exhibit a macroscopically visible deformation of the component are designated as *ductile forced fractures*. Conversely, *brittle forced fracture* (brittle fracture) is defined as the forced failure of a component without previous, macroscopically visible, plastic deformation. Fractured surfaces often exhibit areas of both ductile and brittle forced fracture in close proximity to each other. In addition, the designation of the fracture can be determined by its shape, e.g. *cutter shaped*.

The general term for designating the type of fracture is derived according to this rule (Table 1).

Parallel to this, forced fractures are classified according to their propagation mechanisms and their corresponding microscopic appearance (cf. SEP 1100 Part 1). A **shear fracture** is the microscopically ductile modification of a forced fracture; the decisive fac-