

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Schadensanalyse
Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten
durch mechanische Beanspruchung

VDI 3822
Blatt 2.1.4 / Part 2.1.4

Failure analysis
Defects of thermoplastic products made of plastics
caused by mechanical stress

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.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope	4
2 Normative Verweise	4	2 Normative references	4
3 Schadensphänomene als Folge mechanischer Beanspruchung	4	3 Failure phenomena caused by mechanical stress	4
4 Fraktografie	10	4 Fractography	10
4.1 Bruchflächenstrukturen	12	4.1 Fracture face structures	13
4.2 Beispiele	20	4.2 Examples	21
Schrifttum	26	Bibliography	26

VDI-Gesellschaft Materials Engineering (GME)

Fachbereich Werkstofftechnik

VDI-Handbuch Werkstofftechnik
VDI-Handbuch Fabrikplanung und -betrieb, Band 1: Betriebsüberwachung/Instandhaltung
VDI-Handbuch Kunststofftechnik

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 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 schadhafte Veränderungen bei Werkstoffen und Produkten bis hin zum Versagen 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
- zur Systematischen Vorgehensweise bei der Schadensanalyse anleiten
- Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Untersuchungsstellen zu gewährleisten
- Voraussetzungen zur nachvollziehbaren Dokumentation zu schaffen

Einteilung Richtlinienreihe VDI 3822 Blatt 2.1

Gemäß dem Bild, dass Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten durch Fehler in der Konstruktion (inklusive der Umsetzung von Anforderungen), im Werkstoff, in der Verarbeitung und während der Nutzung entstehen können, wurde die Richtlinienreihe folgendermaßen strukturiert:

- Die werkstoffübergreifende Richtlinie VDI 3822 behandelt Grundlegendes zur Vorgehensweise.
- Drei Richtlinien beschreiben mögliche Ursachen, die bereits vor der Nutzung auftreten können (Blatt 2.1.1 bis Blatt 2.1.3).
- Sechs Richtlinien beziehen sich auf mögliche Ursachen während der Nutzung (Blatt 2.1.4 bis Blatt 2.1.9).

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

The purpose of failure analysis is to discover the causes of defective changes in materials and products that ultimately lead to failure. The findings thereby obtained provide a basis for targeted measures to remedy and prevent failure. One of the main tasks of failure analysis is the selection of appropriate investigation methods and the scientifically sound, comprehensive evaluation of the individual findings. Correspondingly, the objective of this guideline is to:

- provide definitions of terms
- to designate and describe types of failure in a uniform manner
- provide direction for systematically performing failure analyses
- ensure the comparability of the results obtained by different analytical laboratories
- establish requirements for comprehensible documentation

Structure of the series of guidelines VDI 3822 Part 2.1

According to the pattern that defects in thermoplastic products can result from defects in the design (including the implementation of requirements), materials, manufacturing process and as a result of wear, this series of guidelines is structured as follows:

- The guideline VDI 3822, which applies to a number of different materials, deals with fundamental questions of procedure.
- Three guidelines describe possible causes that can occur before use (Part 2.1.1 to Part 2.1.3).
- Six guidelines are related to possible causes during use (Part 2.1.4 to Part 2.1.9).

- Eine Richtlinie erläutert die bedeutenden instrumentellen Analysemethoden in der Schadensanalyse (Blatt 2.1.10).

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

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

Die Richtlinien VDI 3822 Blatt 2.1.1 bis Blatt 2.1.10 gelten jeweils nur in Verbindung mit der Richtlinie VDI 3822.

Bei der Ermittlung möglicher Schadensursachen ist zu berücksichtigen, dass sehr ähnliche Schadensbilder durch unterschiedliche Ursachen bzw. Beanspruchungsarten entstehen können. Insofern kann nicht davon ausgegangen werden, dass eine Schadensursache eindeutig identifiziert ist, sobald in einem der Beiblätter ein Schadensphänomen mit dem vorliegenden Schadensbild übereinstimmt. Es liegt aufgrund der fehlenden Ein-Eindeutigkeit in der Verantwortung des Anwenders dieser Richtlinie, stets alle Beiblätter zu berücksichtigen, sofern nicht das Schadensumfeld Ausschlüsse zulässt.

- One guideline explains significant instrumental analysis methods in failure analysis (Part 2.1.10).

Part 2.1.1 Defects of thermoplastic products made of plastics caused by faulty design

Part 2.1.2 Defects of thermoplastic products made of plastics caused by faulty processing

Part 2.1.3 Defects of thermoplastic products made of plastics caused by an unfavourable choice of material and by defects in the material

Part 2.1.4 Defects of thermoplastic products made of plastics caused by mechanical stress

Part 2.1.5 Defects of thermoplastic products made of plastics caused by thermal stress

Part 2.1.6 Defects of thermoplastic products made of plastics caused by tribology-induced stress

Part 2.1.7 Defects in thermoplastic products made of plastics caused by chemical stress

Part 2.1.8 Defects of thermoplastic products made of plastics caused by weather-induced stress

Part 2.1.9 Defects of thermoplastic products made of plastics caused by microbial stress

Part 2.1.10 Significant instrumental analysis methods for failure analysis of products made of plastics

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at www.vdi.de/3822.

The guidelines VDI 3822 Part 2.1.1 to Part 2.1.10 are valid only in conjunction with the guideline VDI 3822.

In determining possible causes of failure, it should be kept in mind that very similar failure modes can result from different causes and/or types of stress. Hence, it cannot be assumed that the cause of failure has been clearly identified, simply because the failure mode that presents itself corresponds to one of the failure phenomena described in one of the parts of this guideline. This is no clear indication; the user of this guideline is always responsible for taking all of the parts into consideration, unless the failure environment justifies exclusions.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt nur für solche Schäden, die unmittelbar durch mechanische Beanspruchung, das heißt Überbeanspruchung bzw. Missbrauch an Kunststoffbauteilen hervorgerufen werden. Gegebenenfalls vorhandene Vorschäden, die durch andere Belastungsarten oder fehlerhafte Verarbeitung, Konstruktion oder Werkstoffe bzw. eine falsche Werkstoffauswahl entstanden sind und bei denen eine vergleichsweise geringe mechanische Beanspruchung zum endgültigen Versagen führt, werden in den entsprechenden anderen Beiblättern behandelt. Hier wirkt die mechanische Beanspruchung lediglich als Indikator für andere Schadensursachen.

Im Abschnitt „Fraktografie“ werden typische Bruchflächenmerkmale vorgestellt anhand derer Rückschlüsse auf den Bruchprozess, den Rissursprung, die Rissausbreitungsrichtung oder die Rissausbreitungsgeschwindigkeit gezogen werden können. Diese Strukturen werden als Beispiele an Bruchflächen gezeigt, deren Entstehung und Vorgeschichte bekannt ist.

1 Scope

This guideline applies only to defects that are directly caused by mechanical stress, i.e. excessive or abusive use of thermoplastic components. Any previously existing defects caused by other types of stress, or by faulty processing, design or materials or the choice of an unsuitable material, and which ultimately result in failure under a comparatively low level of mechanical stress, will be dealt with in one of the other, corresponding parts. In this conjunction, mechanical stress only serves as an indicator of other causes of failure.

In the section on “fractography”, typical fracture surface characteristics will be presented, which in turn provide information about the fracture process, the source of the crack, and the direction of crack propagation or the cracking speed. These structures will be illustrated using fracture surfaces, for which the origin and previous history is known, as examples.