

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Schadensanalyse
Schäden an thermoplastischen Kunststoffprodukten
durch mediale Beanspruchung

VDI 3822
Blatt 2.1.7 / Part 2.1.7

Failure analysis
Defects of thermoplastic products
caused by chemical 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 Schäden durch mediale Beanspruchung.....	4	3 Failure resulting from stress due to media	4
3.1 Medieneinwirkung	4	3.1 Effects of stress due to media	4
3.2 Schadensbeeinflussende Faktoren.....	5	3.2 Factors that influence failure	5
4 Tabellen zu schadensbegünstigenden Kunststoff-Medien-Kombinationen	5	4 Tables on combinations of plastics and media that promote failure.....	5
5 Bilder.....	9	5 Figures.....	9
Schrifttum	12	Bibliography	12

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 phenomena 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 phenomenon that presents itself corresponds to one of 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

In dieser Richtlinie werden folgende Beanspruchungen behandelt:

- Einwirkung eines Mediums (physikalische und chemische Medieneinwirkung)
- Einwirkung eines Mediums bei vorliegender innerer oder äußerer Spannung (Spannungsrissebildung)

Eine **physikalische Medieneinwirkung** führt nicht zu einer Reaktion des Mediums mit dem Kunststoff. Es werden die physikalischen Bindungskräfte (Nebervalenzbindungen) beeinflusst. Hierdurch kommt es zur Quellung bis zur Auflösung und zu reversiblen Veränderungen der Eigenschaften von Kunststoffen.

Eine **chemische Medieneinwirkung** führt zu einer Reaktion des Mediums mit den Hauptvalenzbindungen des Kunststoffs und zu irreversiblen Änderungen der Eigenschaften. Bereits geringfügige chemische Veränderungen können sehr ausgeprägte Änderungen der Eigenschaften hervorrufen.

Da Schäden durch Medieneinwirkung auch durch andere Faktoren wie geringe Kristallinität oder geringe Molmasse beeinflusst werden, gilt es abzuklären, ob bei einem Schaden dieser allein durch die Medieneinwirkung verursacht wurde oder ob die Ursache im Vorfeld der Einwirkung liegt bzw. in einer Kombination.

Diese Richtlinie beschränkt sich zunächst auf durch Medieneinwirkung verursachte Schäden und zeigt anschließend fördernde Begleitumstände auf.

1 Scope

The following types of stresses will be addressed in this guideline:

- effects of media (physical and chemical stresses due to media),
- effects of media in cases of pre-existing internal or external strains (crazing)

A **physical effect of stress due media** does not lead to a reaction between of the medium with the plastic material. Only the physical bonds are influenced (secondary valencies). This results in swelling even to the point of dissolution and in reversible changes in the properties of plastics.

Chemical effects of stress due to media lead to a reaction between the media and the primary valence bonds of the plastic and to irreversible changes in the properties. Even slight chemical changes can result in marked changes in the properties of plastics.

Since changes resulting from effects of stress due to media can also be influenced by other factors, such as low crystallinity or low molar mass, it must be clearly determined whether a failure was caused solely through the effects of stress due to media or whether the cause can be found in conditions that existed previous to the effects of stress due to media or in a combination of both.

This guideline initially deals only with failures caused by the effects of stress due to media and subsequently illustrates accompanying conditions that promote failure.