

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Produktentwicklung mit
Formgedächtnislegierungen (FGL)
Werkstoffauswahl und Nomenklatur

Product development using
shape memory alloys (SMA)
Material selection and nomenclature

VDI 2248
Blatt 2 / Part 2

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	Contents	Page
Vorbemerkung.....	2	Preliminary note	2
Einleitung.....	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich.....	2	1 Scope.....	2
2 Normative Verweise.....	3	2 Normative references	3
3 Begriffe.....	3	3 Terms and definitions.....	3
4 Formelzeichen und Abkürzungen.....	3	4 Symbols and abbreviations.....	3
5 Legierungen mit FG-Effekt.....	4	5 Alloys with a shape memory effect.....	4
5.1 Der Begriff NiTiNol und die kommerzielle Bedeutung des Legierungssystems Nickel-Titan	4	5.1 The term NiTiNol and commercial significance of the nickel-titanium alloy system	4
5.2 Einfluss des Nickelgehalts auf die Umwandlungstemperaturen von Nickel-Titan-Legierungen	7	5.2 Effect of nickel concentration on the transformation temperatures of nickel-titanium alloys	7
5.3 Bedeutung der A_s -Temperatur des Nickel-Titan-Gussblocks	7	5.3 Significance of the A_s temperature of the nickel-titanium cast ingot.....	7
6 Standardherstellungsverfahren.....	9	6 Standard production processes	9
6.1 Grobtechnologie von NiTiNol.....	9	6.1 Fundamental NiTiNol technology	9
6.2 Halbzeugherstellung	10	6.2 Manufacturing of semi-finished products	10
6.3 Komponentenfertigung.....	15	6.3 Component manufacture.....	15
6.4 Federherstellung	16	6.4 Manufacturing springs	16
7 Weitere Herstell- und Bearbeitungsverfahren.....	18	7 Other manufacturing and processing methods	18
7.1 Beschichtungen und Abscheidung dünner Schichten	18	7.1 Coatings and thin-film deposition	18
7.2 Verfahren zur Strukturierung.....	19	7.2 Structure-forming processes	19
7.3 Verfahren zur endkonturnahen Urformung	22	7.3 Initial shaping processes to create near-final contours	22
8 Einfluss der abschließenden thermomechanischen Behandlung.....	25	8 Effect of final thermomechanical treatment	25
8.1 Signifikanz der Wärmebehandlung.....	25	8.1 Significance of thermomechanical treatment.....	25
8.2 Spannungs-Dehnungs-Verhalten	26	8.2 Stress-strain behaviour.....	26
8.3 Charakterisierung des Effektbetrags	27	8.3 Influence on the SM effect.....	27
9 Aufbau einer vereinheitlichten Legierungsbezeichnung (Nomenklatur) für Nickel-Titan-Legierungen.....	28	9 Structure of standardised alloy designations (nomenclature) of nickel-titanium alloys.....	28
9.1 Grundlegender Aufbau	28	9.1 Basic structure	28
9.2 Materialzertifikat oder Werkszeugnis des Herstellers.....	29	9.2 Material certificates or manufacturer's factory certification.....	29
Schrifttum.....	40	Bibliography.....	40

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)
Fachbereich Produktentwicklung und Mechatronik

VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion
VDI/VDE-Handbuch Automatisierungstechnik
VDI-Handbuch Werkstofftechnik

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.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2248.

Einleitung

Diese Richtlinie informiert Anwender über kommerziell verfügbare Werkstoffe im Bereich der Formgedächtnislegierungen (FGL) sowie deren Herstellung, Einsatzgebiet und Verarbeitung. Unter den bekannten Metallen mit Formgedächtnis (FG) dominiert die Werkstoffklasse der Nickel-Titan-Legierungen. Im weiteren Verlauf dieser Richtlinie werden exemplarisch die Herstellungsschritte zur Fertigung einer Aktorkomponente dargestellt, angefangen mit einer Grobtechnologie der Werkstoffherstellung bis hin zu Alternativen für die Herstellung eines konkreten Bauteils, z.B. einer Schraubenfeder. Da sich die Fertigungsabläufe bei der Herstellung einer solchen Komponente zum Teil recht deutlich von denen konventioneller Werkstoffe unterscheiden können, ist die Kenntnis dieser Verfahren für eine erfolgreiche konstruktive Umsetzung unbedingt erforderlich.

Diese Richtlinie enthält ferner einen Vorschlag für eine einheitliche Nomenklatur der gängigsten NiTi-Werkstoffe, tabellarische Übersichten über deren Zusammensetzung, sowie Muster für Werkzeugeigenschaften und Materialdatenblätter. Sie eignet sich daher besonders für einen Schnelleinstieg in die Thematik der NiTi-FGL.

Die Richtlinienreihe VDI 2248 ist ein Ergebnis des VDI-GPP-Fachausschusses 708 „Formgedächtnistechnologie“.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie informiert über die Materialien und ihre Eigenschaften, die Werkstoffauswahl, die zugehörigen Herstellverfahren sowie über die Festlegungen im Bereich der Legierungsnomenklatur.

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard 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 standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

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

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/2248.

Introduction

This standard provides users with information on commercially available materials in the shape memory alloy (SMA) sector, as well as on the production, fields of application and processing of such materials. The nickel-titanium alloy family predominates in the known range of materials with shape memory (SM) properties. In this second part of this standard, the steps required for manufacturing an actuator component are described, starting with the fundamental technology for material production right up to various alternatives for manufacturing a real component, e.g. a helical spring. Since the manufacturing procedures for this type of component may differ quite noticeably to some extent from procedures using conventional materials, a knowledge of these manufacturing procedures is essential for successful design implementation.

The present standard also contains suggestions on a uniform nomenclature for the most commonly-used NiTi materials, as well as tabular overviews of their compositions and templates for factory certificates and material data sheets. This makes it particularly suitable as a quick introduction to the subject matter of NiTi SMA.

The series of standards VDI 2248 is a result of the VDI GPP Technical Committee 708 “Shape Memory Technology”.

1 Scope

This standard provides information on the respective materials and their properties, on material selection, on associated production processes as well as on definitions concerning alloy nomenclature.

Zielgruppe der Richtlinie sind alle am Entwicklungsprozess beteiligten Anwender von FG-Werkstoffen, insbesondere im Bereich der Aktorik.

2 Normative Verweise

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

VDI 2248 Blatt 1:2019-09 Produktentwicklung mit Formgedächtnislegierungen (FGL); Grundlagen und Anwendungsbeispiele

The standard addresses all those involved in development processes using SM materials, especially persons working in the actuator technology field.

2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI 2248 Part 1:2019-09 Product development using shape memory alloys (SMA); Basics and application examples