

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Additive Fertigungsverfahren
Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit
Laser-Sintern und Laser-Strahlschmelzen

VDI 3405
Blatt 3 / Part 3

Additive manufacturing processes,
rapid manufacturing
Design rules for part production using laser sintering
and laser beam melting

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	3	1 Scope	3
2 Normative Verweise	3	2 Normative references	3
3 Begriffe	4	3 Terms and definitions	4
4 Formelzeichen und Abkürzungen	4	4 Symbols and abbreviations	4
5 Besonderheiten der additiven Fertigungsverfahren	5	5 Features of additive manufacturing processes	5
5.1 Verfahrenstypische Vorteile	5	5.1 Typical advantages of the process	5
5.2 Verfahrenstypische Nachteile	6	5.2 Typical disadvantages of the process	6
5.3 Allgemeingültige Randbedingungen	6	5.3 General constraints	6
5.4 Maß-, Form- und Lagegenauigkeiten	7	5.4 Dimensional, form and positional accuracy	7
5.5 Datenqualität, Auflösung, Darstellung	8	5.5 Data quality, resolution, representation	8
6 Konstruktionsempfehlungen für das Laser-Sintern von Kunststoffen	9	6 Design rules for laser sintering of polymer parts	9
6.1 Werkstoff- und Gefügecharakteristika	9	6.1 Material and microstructural characteristics	9
6.2 Bauteilorientierung, -position und -anordnung	11	6.2 Part orientation, positioning and arrangement	11
6.3 Anisotropie der Werkstoffeigenschaften	12	6.3 Anisotropy of the material characteristics	12
6.4 Oberflächen	13	6.4 Surfaces	13
6.5 Folgeprozesse zur Nachbearbeitung	13	6.5 Post-production finishing	13
6.6 Konstruktive Aspekte des Bauteils	14	6.6 Design considerations for the part	14
7 Konstruktionsempfehlungen für das Laser-Strahlschmelzen	22	7 Design rules for laser beam melting	22
7.1 Werkstoff- und Gefügecharakteristika	22	7.1 Material and structural characteristics	22
7.2 Stützkonstruktionen	22	7.2 Support structures	22
7.3 Bauteilorientierung, -position und -anordnung	23	7.3 Part orientation, positioning and arrangement	23
7.4 Anisotropie der Werkstoffeigenschaften	26	7.4 Anisotropy of the material characteristics	26
7.5 Oberflächen	26	7.5 Surfaces	26
7.6 Folgeprozesse zur Nachbearbeitung	27	7.6 Post-production finishing	27
7.7 Konstruktive Aspekte des Bauteils	29	7.7 Design considerations for the part	29
7.8 Anwendungsbeispiele	30	7.8 Applications	30
Schrifttum	31	Bibliography	31

VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL)

Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren

VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 2: Fertigungsverfahren

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/3405.

Einleitung

Die additiven Fertigungsverfahren haben ihren Ursprung im Prototypenbau und sind als Rapid Prototyping bekannt geworden. Mittlerweile sind die Eigenschaften der additiv hergestellten Bauteile so gut, dass diese direkt als fertige Produkte verwendet werden können. Materialkennndaten wichtiger Werkstoffe sind in VDI-Richtlinien bereits veröffentlicht, siehe Tabelle 1.

Damit bieten die additiven Fertigungsverfahren neben den etablierten Verfahren eine weitere Fertigungsoption. Sie haben das Potenzial, Herstellzeit und -kosten eines Bauteils zu reduzieren und dabei dessen Funktionalität zu erhöhen. Jedes Fertigungsverfahren hat seine spezifischen Stärken und Schwächen. Bei den konventionellen Fertigungsverfahren wie Trennen, Fügen und den urformenden Verfahren durch z.B. spanende Bearbeitung, Schweißen oder Spritzguss sind diese bekannt und werden bei der Konstruktion und bei der Auswahl des Fertigungsverfahrens angemessen berücksichtigt. Bei den additiven Fertigungsverfahren fehlt den Konstrukteuren dieser Erfahrungsschatz bislang noch weitgehend. Dabei bieten diese Verfahren durch Wegfall von Einschränkungen konventioneller Verfahren ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit. Somit können Bauteilgeometrien realisiert werden, die konventionell nicht herstellbar sind.

Mit dieser Richtlinie wird den Konstrukteuren und Fertigungsplanern eine Arbeitsgrundlage an die Hand gegeben, mit der sie die additiven Fertigungsverfahren bei der Auswahl eines geeigneten Produktionsverfahrens für eine gegebene Aufgabenstellung qualifiziert berücksichtigen können.

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.eu/3405.

Introduction

Additive manufacturing processes have their origins in prototype construction and became known as rapid prototyping. The characteristics of additively manufactured parts are now so good that they can be used directly as production products. Material characteristics for the most widely used materials have already been published in VDI Standards, see Table 1.

As a result, additive manufacturing processes now offer an additional manufacturing option alongside established processes. They have the potential to reduce part manufacturing time and costs, and in doing so increase part functionality. Each manufacturing process has its specific strengths and weaknesses. Practitioners are aware of the strengths and weaknesses of conventional manufacturing processes such as cutting, joining and shaping processes, e.g. by machining, welding or injection moulding, and give them appropriate consideration at the design stage and when selecting the manufacturing process. In the case of additive manufacturing processes, however, design engineers have thus far had access to only a limited pool of experience. Without the limitations associated with conventional processes, additive manufacturing processes offer designers a high degree of freedom. They allow component geometries to be created that would be impossible by conventional means.

This standard aims to give design and production engineers a working basis which allows them to give informed consideration to additive manufacturing processes when selecting a suitable production process for a specific task.

Tabelle 1. Übersicht der in VDI-Richtlinien bereits veröffentlichten Materialkennndaten

Verfahren	Werkstoff	Richtlinie
Laser-Strahlschmelzen	martensitaushärtender Werkzeugstahl 1.2709	VDI 3405 Blatt 2 (Anhang)
Laser-Strahlschmelzen	Aluminiumlegierung AlSi10Mg	VDI 3405 Blatt 2.1
Laser-Sintern	Kunststoff PA 12	VDI 3405 Blatt 1

Table 1. Summary of the material characteristics already published in VDI Standards

Process	Material	Standard
laser beam melting	maraging tool steel 1.2709	VDI 3405 Part 2 (Annex)
laser beam melting	aluminium alloy AlSi10Mg	VDI 3405 Part 2.1
laser sintering	polymer PA 12	VDI 3405 Part 1

Die Richtlinie beschreibt die Besonderheiten der additiven Fertigungsverfahren und gibt dann ausführliche und konkrete Konstruktionsempfehlungen für das Laser-Sintern von Kunststoffbauteilen und das Laser-Strahlschmelzen von Metallen.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie wird bei der Produkt- und Produktionsplanung angewandt, um das Potenzial der additiven Fertigungsverfahren als eine mögliche Fertigungsoption angemessen zu berücksichtigen.

Bei der Konstruktion von Bauteilen hilft die Richtlinie, die Vorteile der additiven Fertigungsverfahren auszuschöpfen und die verfahrensbedingten Beschränkungen angemessen zu berücksichtigen.

Die Richtlinie gilt für die additiven Fertigungsverfahren Laser-Sintern von Kunststoffbauteilen (VDI 3405 Blatt 1) und Laser-Strahlschmelzen metallischer Bauteile (VDI 3405 Blatt 2). Unter Berücksichtigung der jeweiligen verfahrensspezifischen Besonderheiten gilt diese Richtlinie auch für die anderen in VDI 3405 aufgeführten additiven Fertigungsverfahren.

2 Normative Verweise

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 3405:2014-12 Additive Fertigungsverfahren; Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen

VDI 3405 Blatt 1:2013-10 Additive Fertigungsverfahren, Rapid Manufacturing; Laser-Sintern von Kunststoffbauteilen; Güteüberwachung

VDI 3405 Blatt 2:2013-08 Additive Fertigungsverfahren; Strahlschmelzen metallischer Bauteile; Qualifizierung, Qualitätssicherung und Nachbearbeitung

The standard describes the features of additive manufacturing processes and makes detailed, concrete design recommendations for the laser sintering of polymer parts and the laser beam melting of metallic parts.

1 Scope

This standard applies to product and production engineering and enables practitioners to give appropriate consideration to the potential of additive manufacturing processes as a possible manufacturing option.

The standard helps practitioners to fully explore the benefits of additive manufacturing and give appropriate consideration to process-related limitations when designing parts.

The standard applies to the following additive manufacturing processes: laser sintering of polymer parts (VDI 3405 Part 1) and laser beam melting of metallic parts (VDI 3405 Part 2). It can also be applied to other additive manufacturing processes listed in the VDI 3405, provided that due consideration is given to their individual, process-specific features.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this standard:

VDI 3405:2014-12 Additive manufacturing processes, rapid manufacturing; Basics, definitions, processes

VDI 3405 Part 1:2013-10 Additive manufacturing processes, rapid manufacturing; Laser sintering of polymer parts; Quality control

VDI 3405 Part 2:2013-08 Additive manufacturing processes, rapid manufacturing; Beam melting of metallic parts; Qualification, quality assurance and post processing