

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Additive Fertigungsverfahren
Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit
Elektronen-Strahlschmelzen

VDI 3405
Blatt 3.5 / Part 3.5

Additive manufacturing processes,
rapid manufacturing
Design rules for part production using
electron 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
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweise	3
3 Begriffe	3
4 Formelzeichen und Abkürzungen	3
5 Werkstofftechnische Hinweise für die Konstruktion	4
5.1 Verfügbare Werkstoffe	4
5.2 Werkstoffeigenschaften	4
6 Gestaltungsempfehlungen für das Elektronen-Strahlschmelzen	5
7 Geometrische Genauigkeit des Elektronen-Strahlschmelzens	10
7.1 Maßabweichungen	11
7.2 Formabweichungen	11
7.3 Positionsabweichungen	11
7.4 Oberflächenabweichungen	11
8 Verfahrenstypische Folgeprozesse	12
8.1 Entfernung von Pulverresten	12
8.2 Entfernung von Stützkonstruktionen	12
8.3 Einstellung von geometrischen Genauigkeiten	12
8.4 Veredelung von Bauteiloberflächen	13
8.5 Erhöhung der relativen Dichte des Werkstoffs	13
9 Konstruktionsbeispiele	13
9.1 Beispiel für Konstruktionselemente	13
9.2 Beispiel für Bauteile	14
Schrifttum	15

Contents	Page
Preliminary note	2
Introduction	2
1 Scope	3
2 Normative references	3
3 Terms and definitions	3
4 Symbols and abbreviations	3
5 Material considerations for part design	4
5.1 Available materials	4
5.2 Material characteristics	4
6 Design rules for electron beam melting	5
7 Geometric accuracy of electron beam melting	10
7.1 Dimensional deviations	11
7.2 Shape deviations	11
7.3 Positional deviations	11
7.4 Surface deviations	11
8 Post-production processes	12
8.1 Removal of powder residue	12
8.2 Removal of support structures	12
8.3 Adjusting the geometric accuracy	12
8.4 Surface finishing	13
8.5 Increasing the relative density of the material	13
9 Design examples	13
9.1 Example of design elements	13
9.2 Example for parts	14
Bibliography	15

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. Materialkenndaten wichtiger Werkstoffe sind in VDI 3405 Blatt 2, VDI 3405 Blatt 2.1 und VDI 3405 Blatt 2.2 bereits veröffentlicht.

Die additiven Fertigungsverfahren bieten neben den etablierten Verfahren nach DIN 8580 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.

Die additiven Fertigungsverfahren bieten durch Wegfall von Einschränkungen konventioneller Verfahren ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit. Somit können Bauteilgeometrien realisiert werden, die konventionell nicht herstellbar sind.

Mit der Richtlinienreihe VDI 3405 Blatt 3 wird den Konstrukteuren und Fertigungsplanern eine Arbeitsgrundlage an die Hand gegeben, mit der sie die additiven Fertigungsverfahren bei der Auswahl

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/3405.

Introduction

Additive manufacturing processes have their origins in prototype construction (now known as rapid prototyping). The characteristics of additively manufactured parts are now so good that they can be used directly as finished products. Material characteristics for the most widely used materials have already been published in VDI 3405 Part 2, VDI 3405 Part 2.1 and VDI 3405 Part 2.2.

Additive manufacturing processes now offer an additional manufacturing option alongside established processes defined in DIN 8580. They have the potential to reduce part manufacturing times and costs, and in so doing increase their 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.

The VDI 3405 Part 3 series of standards provides design and production engineers with a working basis which allows them to make an informed decision about additive manufacturing processes when

eines geeigneten Produktionsverfahrens für eine gegebene Aufgabenstellung qualifiziert berücksichtigen können.

Diese Richtlinie gibt ausführliche und konkrete Konstruktionsempfehlungen für das Elektronenstrahlschmelzen. Sie baut auf die grundlegenden Konstruktionsempfehlungen für additive Fertigungsverfahren in VDI 3405 Blatt 3 auf.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Konstruktion von Bauteilen für das pulverbettbasierte Elektronenstrahlschmelzen (Electron Beam Melting – EBM®). Das Verfahren wird in VDI 3405 vorgestellt.

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 3:2015-12 Additive Fertigungsverfahren; Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Laser-Sintern und Laser-Strahlschmelzen

selecting a suitable production method for a specific task.

This standard provides detailed, concrete design rules for electron beam melting. It builds on the basic design rules for additive manufacturing processes in VDI 3405 Part 3.

1 Scope

This standard governs the design of parts for powder-bed electron beam melting (EBM®). This additive manufacturing process is described in VDI 3405.

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 3:2015-12 Additive manufacturing processes, rapid manufacturing; Design rules for part production using laser sintering and laser beam melting