

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Additive Fertigungsverfahren
Pulverbettbasiertes Schmelzen von Metall
mittels Laserstrahl (PBF-LB/M)
Fehlerkatalog – Fehlerbilder beim Laser-Strahlschmelzen
Additive manufacturing processes
Powder bed fusion of metal with laser beam (PBF-LB/M)
Defect catalogue – Defect images during
laser beam melting

VDI 3405
Blatt 2.8 / Part 2.8

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 Abkürzungen.....	3	4 Abbreviations	3
5 Übersicht möglicher Fehler beim PBF-LB/M.....	4	5 Overview of possible defects with PBF-LB/M.....	4
6 Gefügefehler.....	6	6 Structural defects	7
6.1 Einzelpore.....	6	6.1 Single pore.....	7
6.2 Porennest.....	10	6.2 Clustered porosity.....	11
6.3 Randporosität.....	12	6.3 Surface porosity.....	13
6.4 Bindefehler.....	14	6.4 Lack of fusion.....	15
6.5 Delamination.....	18	6.5 Delamination.....	19
6.6 Riss.....	20	6.6 Crack.....	21
6.7 Keramischer Einschluss.....	26	6.7 Ceramic inclusion.....	27
6.8 Partikeleinschluss.....	30	6.8 Particle inclusion.....	31
6.9 Sonstiger Einschluss.....	32	6.9 Other inclusion.....	33
6.10 Seigerung.....	36	6.10 Segregation.....	37
7 Geometriefehler.....	38	7 Geometry defects.....	39
7.1 Verzug.....	38	7.1 Distortion.....	39
7.2 Treppenstufeneffekt.....	40	7.2 Stair-step effect.....	41
7.3 Abweichende Wandstärke.....	42	7.3 Deviating wall thickness.....	43
7.4 Raue Oberfläche.....	44	7.4 Rough surface.....	45
7.5 Verfärbung.....	46	7.5 Discolouration.....	47
7.6 Schichtversatz.....	50	7.6 Layer shift.....	51
8 Prozessereignisse.....	52	8 Process events.....	53
8.1 Balling.....	52	8.1 Balling.....	53
8.2 Ungleichmäßiger Schichtauftrag.....	54	8.2 Non-uniform coating.....	55
8.3 Konturüberhöhung.....	58	8.3 Contour superelevation.....	59
8.4 Abzeichnung der Bauteilkonturen auf dem Laserfenster.....	58	8.4 Traces of the part contour on the laser window.....	59
8.5 Instabiles Prozessleuchten.....	60	8.5 Unstable melt pool.....	61
9 Weitere Unregelmäßigkeiten im Prozess und mögliche Auswirkungen.....	62	9 Other irregularities in the process and possible consequences.....	62
9.1 Prozessunterbrechungen.....	62	9.1 Process interruptions.....	62
9.2 Schutzgasfluss.....	63	9.2 Protective gas flow.....	63
9.3 Sauerstoffgehalt in der Prozessumgebung.....	64	9.3 Oxygen content in the process environment.....	64
Schrifttum.....	64	Bibliography.....	64

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 und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3405.

Einleitung

Während des pulverbettbasierten Schmelzens von Metall mittels Laserstrahl (englisch: powder bed fusion of metals with laser beam, PBF-LB/M), in VDI 3405 „Laser-Strahlschmelzen (von Metallen)“ genannt, kann eine Vielfalt von Fehlern auftreten, die sich bereits während des Prozesses oder später im fertigen Bauteil äußern.

Die Fehlerbilder sind erfahrenen Anwenderinnen und Anwendern bekannt, wurden allerdings bisher weder vollständig erfasst noch kategorisiert.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gibt einen umfassenden Überblick über Fehler, die während des PBF-LB/M entstehen können. Die Fehler werden beschrieben, durch Bildbeispiele veranschaulicht und kategorisiert. Sofern bekannt, werden die Ursachen der Fehler und Maßnahmen zur Fehlerreduzierung genannt. Abweichend zur Norm DIN EN ISO 6520-1, in der das Wort „Fehler“ definiert ist als „unzulässige Unregelmäßigkeit“, wird die Zulässigkeit in dieser Richtlinie nicht bewertet. Aufgrund der Vielzahl teils noch unbekannter möglicher Fehler, erhebt diese Richtlinie keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ebenso werden Datenfehler in dieser Richtlinie nicht behandelt.

Diese Richtlinie wendet sich an Betreiber und Bediener/Bedienerinnen von additiven Fertigungsanlagen für das PBF-LB/M sowie an Nutzer und Nutzerinnen von additiv hergestellten Bauteilen.

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 and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at www.vdi.de/3405.

Introduction

During powder bed fusion of metals with laser beam (PBF-LB/M), referred to as “laser beam melting (of metals)” in VDI 3405, a variety of defects may occur, which can manifest themselves during the process or later in the finished part.

The defect patterns are known to experienced users but have not yet been fully recorded or categorised.

1 Scope

This standard provides a comprehensive overview of defects that can occur during the PBF-LB/M. The defects are described, illustrated by exemplary images, and categorised. If known, the defect causes and measures for their reduction are given. In contrast to the standard DIN EN ISO 6520-1, in which the word “defect” is defined as “unacceptable imperfection”, the acceptability is not evaluated in this standard. Due to the large number of possible defects, some of which are still unknown, this standard does not claim to be complete. Likewise, data errors are not dealt with in this standard.

This standard is intended for operators and users of additive manufacturing systems for PBF-LB/M as well as users of additively manufactured parts.