DIN EN ISO/ASTM 52911-3

DIN

ICS 25.030

Einsprüche bis 2022-04-04

Entwurf

Additive Fertigung – Konstruktion – Teil 3: Pulverbettbasiertes Schmelzen von Metallen mittels Elektronenstrahl (ISO/ASTM DIS 52911-3:2021); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO/ASTM 52911-3:2022

Additive Manufacturing –
Design –
Part 3: Electron beam powder bed fusion of metals (ISO/ASTM DIS 52911-3:2021);
German and English version prEN ISO/ASTM 52911-3:2022

Fabrication additive –
Conception –
Partie 3: Fusion par faisceau d'électrons sur lit de poudre métallique (ISO/ASTM DIS 52911-3:2021);
Version allemande et anglaise prEN ISO/ASTM 52911-3:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-02-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

— vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;

— oder als Datei per E-Mail an nwt@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;

— oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 70 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO/ASTM 52911-3:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 261 „Additive manufacturing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 438, „Additive Fertigungsverfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Gemeinschaftsarbeitsausschuss NA 145-04-02 GA „Additive Fertigung — NWT & NAS Gemeinschaftsarbeitsausschuss Metalle“ im DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Die diesem Dokument zugrundeliegende ISO-Norm wurde auf der Grundlage einer Partnerschaftsvereinbarung zwischen ISO und ASTM International erarbeitet, die für den Bereich der Additiven Fertigung eine gemeinsame Normenentwicklung beider Organisationen zum Ziel hat sowie die Übernahme jeweiliger Normen durch die jeweils andere Organisation ermöglicht. Auf Grund dieser partnerschaftlichen Zusammenarbeit entsprechen die resultierenden Dokumente in ihrer Gestaltung in mancher Hinsicht nicht den ISO/IEC-Direktiven Teil 2. Die Gestaltung des vorliegenden Dokuments weicht daher von den Vorgaben von DIN 820-2 ab.

Diese Norm stimmt in Teilen sachlich überein mit der vom Verein Deutscher Ingenieure e.V. herausgegebenen Richtlinie VDI 3405 Blatt 3.5:2018-09 *Additive Fertigungsverfahren — Konstruktionsempfehlungen für die Bauteilfertigung mit Elektronen-Strahlschmelzen*.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 17296-2	siehe	DIN EN ISO 17296-2
ISO/ASTM 52900	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52900
ISO/ASTM 52910	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52910
ISO/ASTM 52915	siehe	DIN EN ISO/ASTM 52915

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 17296-2, *Additive Fertigung — Grundlagen — Teil 2: Überblick über Prozesskategorien und Ausgangswerkstoffe*

DIN EN iSO/ASTM 52900, *Additive Fertigung — Grundlagen — Terminologie*

DIN EN ISO/ASTM 52910, *Additive Fertigung — Konstruktion — Anforderungen, Richtlinien und Empfehlungen*

DIN EN ISO/ASTM 52915, *Spezifikation für ein Dateiformat für Additive Fertigung (AMF) Version 1.2*

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

– Leerseite –

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

– Entwurf –

Januar 2022

prEN ISO/ASTM 52911-3

Additive Fertigung – Konstruktion – Teil 3: Pulverbettbasiertes Schmelzen von Metallen mittels Elektronenstrahl (ISO/ASTM DIS 52911-3:2021)

Additive Manufacturing – Design – Part 3: Electron beam powder bed fusion of metals (ISO/ASTM DIS 52911-3:2021)

Fabrication additive – Conception – Partie 3: Fusion par faisceau d'électrons sur lit de poudre métallique (ISO/ASTM DIS 52911-3:2021)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 4
Vorwort 5
Einleitung 6
1 Anwendungsbereich 7
2 Normative Verweisungen 7
3 Begriffe 7
4 Symbole und Abkürzungen 9
4.1 Symbole 9
4.2 Abkürzungen 9
5 Eigenschaften pulverbettbasierter Schmelzverfahren (PBF-Verfahren) 9
5.1 Allgemeines 9
5.2 Bauteilgröße 10
5.3 In Bezug auf das PBF-Verfahren zu berücksichtigende Vorteile 10
5.4 In Bezug auf das PBF-Verfahren zu berücksichtigende Einschränkungen 11
5.5 Wirtschaftlichkeit und Zeiteffizienz 11
5.6 Merkmalbedingte Randbedingungen (Insel, Überhang, Treppenstufeneffekt) 12
5.6.1 Allgemeines 12
5.6.2 Inseln 12
5.6.3 Überhang 13
5.6.4 Treppenstufeneffekt 13
5.7 Maß-, Form- und Lagegenauigkeiten 14
5.8 Datenqualität, Auflösung, Darstellung 14
6 Konstruktionsleitlinien für die elektronenstrahlbasierte Pulverbettfusion von Metallen (PBF-EB/M) 15
6.1 Allgemeines 15
6.1.1 Auswahl der PBF-EB/M 15
6.1.2 Entwurfs- und Prüfzyklen 15
6.2 Werkstoff- und Gefügecharakteristika 15
6.3 Orientierung, Position und Anordnung des Aufbaus 16
6.3.1 Allgemeines 16
6.3.2 Pulververteilung 16
6.3.3 Gestaltung von Stützstrukturen 17
6.3.4 Bauteilverschachtelung 21
6.3.5 Bauteil-Konstruktionsaspekte für Bauplatten 22
6.3.6 Curl-Effekt 22
6.3.7 Schmelzparameter 23
6.4 Anisotropie/Heterogenität des Materials und Teileeigenschaften 24
6.4.1 Allgemeines 24
6.4.2 Kornmorphologie 24
6.4.3 Porosität 24
6.4.4 Intermetallische Diffusionsschicht 25
6.4.5 Chemische Heterogenität 25
6.4.6 Thermische Geschichte 25
6.5 Oberflächen 26
6.6 Folgeprozesse zur Nachbearbeitung 26
6.6.1 Allgemeines 26
6.6.2 Veredelung von Bauteiloberflächen 26
6.6.3 Entfernung von Pulverresten 26
6.6.4 Entfernung von Stützkonstruktionen 27
6.6.5 Form- und Lagetoleranzen 27
6.6.6 Wärmebehandlung 27

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

6.7 Konstruktionsaspekte . . . 28
6.7.1 Allgemeines . . . 28
6.7.2 Hohlräume . . . 28
6.7.3 Spalten . . . 28
6.7.4 Wanddicken . . . 28
6.7.5 Bohrungen und Kanäle . . . 28
6.7.6 Integrierte Kennzeichnungen . . . 29
6.8 Anwendungsbeispiele . . . 29
6.8.1 Topologieoptimierte, unter Verwendung der Stapel-Bauanordnung gedruckte Halterung (zur Verfügung gestellt von GE Arcam) . . . 29
6.8.2 Hüftpfanne in Stapel-Konstruktion (zur Verfügung gestellt von LimaCorporate Spa) . . . 31
6.8.3 Optimierte Konstruktion eines Ellenbogen-Implantats (zur Verfügung gestellt von LimaCorporate Spa) . . . 32
6.8.4 Leichtbaurohr-Konstruktion (zur Verfügung gestellt von JEOL) . . . 33
Literaturhinweise . . . 35

Bilder

Bild 1 — Orientierung der Bauteiloberflächen in Bezug zur Bauplattform . . . 8
Bild 2 — Inseln *I* (links) und Überhang *a* (rechts) während des Bauprozesses von Bauteil *P* in Richtung der *z*-Achse *Z* . . . 13
Bild 3 — Auswirkung des Treppenstufeneffekts bei unterschiedlichen Schichtdicken . . . 14
Bild 4 — Inconel 718-Mikrogefüge für zwei verschiedene PBF-EB/M-Prozessbedingungen weisen Unterschiede in der sich ergebenden Kornmorphologie auf: (a) Kornverlängerung in Baurichtung (b) gleichachsige Körner . . . 16
Bild 5 — Beispiele für die Auslegung der Stützen bei in z-Richtung verschachtelten Bauteilen (d. h. gestapelte Bauteile). . . . 22
Bild 6 — Beispiele zur Vermeidung des Curl-Effekts bei der Belichtung großer Flächen . . . 23
Bild 7 — Schematische Darstellung der (a) standardmäßigen Schmelzschritte, nämlich Konturieren und Füllen (alias Schraffieren) und (b) Mehrfachpunkt-Schmelzen. . . . 24
Bild 8 — Stapel-Bauanordnungen für (a) die ursprüngliche Halterungskonstruktion (b) die topologieoptimierte Konstruktion. . . . 30
Bild 9 — Beispiel LimaCorporate DELTA TT Hüftpfanne: (a) Beispiel für eine Stapel-Bauanordnung, (b) Nahaufnahme zweier ineinandergestapelter Pfannen, (c) fertige Hüftpfanne mit gefertigten Merkmalen, die hohe Präzision erfordern. . . . 31
Bild 10 — Beispiel LimaCorporate TEMA Ellenbogen-Humerusschaft: (a) Teilekonstruktion wie gebaut, (b) bearbeitetes Bauteil. . . . 32
Bild 11 — Leichtbaurohr-Konstruktion und fertiges Bauteil . . . 33

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole . . . 9
Tabelle 2 — Anordnung von kritischen Elementen im Bauraum der Maschine . . . 17
Tabelle 3 — Leitfaden zur Anwendung von Stützkonstruktionen . . . 19
Tabelle 4 — Beispiele für Stützkonstruktionen . . . 21
Tabelle 5 — Auftragsinformationen für die Stapel- und Einzelschicht-Bauanordnungen der ursprünglichen und der topologieoptimierten Halterungskonstruktionen. . . . 30
Tabelle 6 — Informationen zum Auftragsbeispiel . . . 31

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO/ASTM 52911-3:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 261 „Additive manufacturing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 438 „Additive Fertigungsverfahren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/ASTM DIS 52911-3:2021 wurde von CEN als prEN ISO/ASTM 52911-3:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 261, *Additive manufacturing*, in Zusammenarbeit mit dem ASTM-Komitee F42, *Additive Manufacturing Technologies*, auf Basis eines Partnerschaftsvertrags zwischen ISO und ASTM International mit dem Ziel, einen gemeinsamen Satz von ISO/ASTM-Normen zur additiven Fertigung zu schaffen, erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 52911 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

Einleitung

Die Pulverbettfusion von Metallen (PBF/M) ist ein additives Fertigungsverfahren (AM-Verfahren), das zusätzliche Fertigungsmöglichkeiten neben anderen etablierten AM-Verfahren bietet. PBF/M bietet die Möglichkeit, Fertigungsdauer und -kosten zu senken und die Funktionalität von Bauteilen zu erhöhen. Bei den konventionellen, seit Langem etablierten Fertigungsverfahren wie Trennen, Fügen und den formgebenden Verfahren (z. B. spanende Bearbeitung, Schweißen oder Spritzguss) sind Anwendern die Stärken und Schwächen bekannt und sie werden bei der Konstruktion und bei der Auswahl des Fertigungsverfahrens angemessen berücksichtigt. Bei der PBF/M und AM im Allgemeinen verfügen Konstrukteure und Fertigungsplaner nur über einen begrenzten Erfahrungsschatz. Ohne die Einschränkungen konventioneller Verfahren bietet der Einsatz von PBF/M-Verfahren den Konstrukteuren und Herstellern ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit und dies erfordert ein Verständnis der Möglichkeiten und Einschränkungen des Verfahrens.

Die Normenreihe ISO 52911 bietet Leitfäden für verschiedene Techniken der Pulverbettfusion (PBF). Neben diesem Dokument zu PBF-EB/M umfasst die Serie ISO 52911-1 zur laserbasierten Pulverbettfusion von Metallen (PBF-LB/M) und ISO 52911-2 zur laserbasierten Pulverbettfusion von Polymeren (PBF-LB/P). Abschnitt 1 bis Abschnitt 5 in jedem Dokument der Reihe sind gleich und enthalten allgemeine Informationen einschließlich Terminologie und PBF-Verfahren. Die darauffolgenden Abschnitte legen den Schwerpunkt auf die spezifische Technik.

Dieses Dokument unterstützt Anwender der Technologie, wie Konstrukteure und Fertigungsingenieure bei der Auslegung von Teilen, die mithilfe von PBF-EB/M hergestellt werden müssen. Es hilft Anwendern bei der Teilekonstruktion die Vorteile der PBF-EB/M auszuschöpfen und die prozessabhängigen Beschränkungen zu berücksichtigen. Darüber hinaus baut es auf ISO/ASTM 52910 auf und ergänzt die Anforderungen, Leitlinien und Empfehlungen für die AM-Konstruktion um das PBF-Verfahren.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Merkmale der Elektronenstrahl-Pulverbettfusion von Metallen (PBF-EB/M) fest und bietet detaillierte Konstruktionsempfehlungen.

Einige der grundlegenden Prinzipien gelten auch für andere additive Fertigungsverfahren (AM-Verfahren) angewendet werden, vorausgesetzt, dass die prozessspezifischen Merkmale berücksichtigt werden.

Dieses Dokument bietet eine Überprüfung von Konstruktionsleitfäden auf dem Stand der Technik im Zusammenhang mit pulverbettbasiertem Schmelzen (PBF), indem relevantes Wissen zu diesem Verfahren zusammengeführt und der Anwendungsbereich von ISO/ASTM 52910 erweitert wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO/ASTM 52900, *Additive manufacturing — General principles — Fundamentals and vocabulary*

ISO 17296-2, *Additive manufacturing — General principles — Part 2: Overview of process categories and feedstock*

ISO/ASTM 52915, *Specification for additive manufacturing file format (AMF) Version 1.2*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/ASTM 52900 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— IEC Electropedia: verfügbar unter https://www.electropedia.org/

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter https://www.iso.org/obp

3.1
Curl-Effekt
Wärme- und Eigenspannungseffekte
<Aspekte des durch thermischen Einfluss hervorgerufenen Verzugs> Maßverzug durch Abkühlen und Erstarren des geschmolzenen Materials nach dem Aufbau oder durch schlecht abgeleitete Wärmebelastung

3.2
Downskin-Fläche
Überhangfläche
D
(Teil-)Fläche, bei der die Projektion des Normalenvektors $\vec{n}$ auf der z-Achse negativ ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

3.3
Downskin-Winkel
Überhangwinkel
δ
Winkel zwischen der Bauplattformebene und der *Downskin-Fläche* (3.2), bei der der Wert zwischen 0° (parallel zur Bauplattform) und 90° (senkrecht zur Bauplattform) liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.4
Upskin-Fläche
Aufbaufläche
U
(Teil-)Fläche, bei der der Normalenvektor $\vec{n}$ im Verhältnis zur z-Achse positiv ist

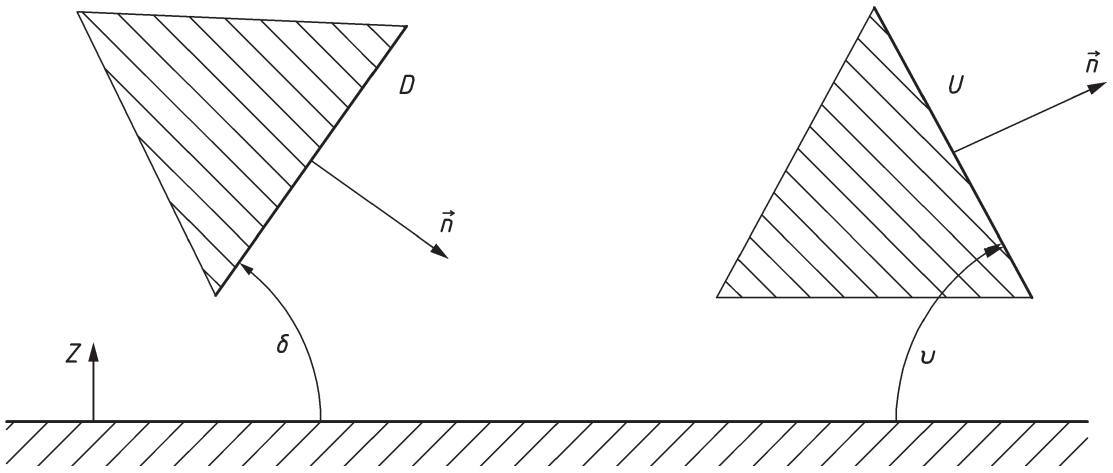
Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.5
Upskin-Winkel
Aufbauwinkel
υ
Winkel zwischen der Bauplattformebene und der *Upskin-Fläche* (3.4), bei der der Wert zwischen 0° (parallel zur Bauplattform) und 90° (senkrecht zur Bauplattform) liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Quelle: VDI 3405 Blatt 3:2015 [1].

Anmerkung 3 zum Begriff: Quelle: VDI 3405 Blatt 3:2015 [1].



Legende

δ Downskin-Winkel	U Upskin-Flächen (rechts)
$\vec{n}$ Normalenvektor	υ Upskin-Winkel
D Downskin-Flächen (links)	Z_ Baurichtung

Bild 1 — Orientierung der Bauteiloberflächen in Bezug zur Bauplattform

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

Die in Tabelle 1 angegebenen Symbole werden in diesem Dokument verwendet.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Bezeichnung	Einheit
a	Überhang	mm
D	Downskin-Fläche	mm^2
I	Insel	mm^2
$\vec{n}$	Normalenvektor	—
U	Upskin-Fläche	mm^2
δ	Downskin-Winkel	°
υ	Upskin-Winkel	°

4.2 Abkürzungen

In diesem Dokument werden die nachfolgend aufgeführten Abkürzungen verwendet.

CT	COMPUTERTOMOGRAPHIE
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine (de: digitale Bildgebung und -kommunikation in der Medizin)
PBF-EB/M	elektronenstrahlbasierte Pulverbettfusion von Metallen
HIP	heißisostatisches Pressen
PBF-LB	laserbasierte Pulverbettfusion
PBF-LB/M	laserbasierte Pulverbettfusion von Metallen (auch bezeichnet als z. B. Laser-Strahlschmelzen, selektives Laserschmelzen)
PBF-LB/P	laserbasierte Pulverbettfusion von Polymeren (auch bezeichnet als z. B. Laser-Strahlschmelzen, selektives Laserschmelzen)
MRT	bildgebende Kernspintomographie

5 Eigenschaften pulverbettbasierter Schmelzverfahren (PBF-Verfahren)

5.1 Allgemeines

Die spezifischen Eigenschaften der jeweilig eingesetzten Fertigungsverfahren sollten berücksichtigt werden, um ein Bauteil optimal zu gestalten. In 5.2 bis 5.8 sind Beispiele für die Besonderheiten der AM-Verfahren aufgelistet, die es in Konstruktions- und Prozessplanungsphasen zu beachten gilt. Hinsichtlich der Metallverarbeitung kann zwischen z. B. laserbasierter PBF (auf Metalle und Polymere angewendet) und elektronenstrahlbasierter PBF (ausschließlich auf Metalle angewendet) unterschieden werden.

Bei der PBF von Polymeren werden in nahezu jedem Fall Laser geringer Leistung zum Sintern von Polymerpulvern verwendet. Die Elektronenstrahl-Pulverbettfusion wird für gewöhnlich nicht für Polymere in Betracht gezogen, da sich die Negativladung des Elektronenstrahls in nicht leitfähigem Polymerpulver ansammelt und Abstoßungsreaktionen auslöst, die den Zusammenhang der Pulverschicht ruinieren und jegliches kontrolliertes Sintern oder Schmelzen unmöglich machen. Wie die PBF von Polymerpulvern umfasst auch die PBF von Metallen verschiedene Verarbeitungstechniken. Wie Polymere, erfordert die PBF von Metallen häufig die Ver-

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

wendung zusätzlicher Stützkonstruktionen (siehe 6.3.3). Bei PBF-Verfahren von Metallen dürfen Laser geringer Leistung zum Verbinden von Pulverteilchen verwendet werden, indem nur die Oberfläche der Pulverteilchen geschmolzen wird oder Energiestrahlen mit hoher Leistung (ungefähr 200 W bis 1 kW), um die Pulverteilchen vollständig zu schmelzen und zu verschmelzen.

PBF-EB/M und PBF-LB/M bieten ähnliche Möglichkeiten, wobei die Unterschiede zwischen diesen beiden Prozessen im Allgemeinen dazu führen, dass PBF-EB/M im Vergleich zu PBF-LB/M schnellere Bauraten bei niedrigerer Merkmalauflösung unterstützt. Die Strahlenergie des Elektronenstrahls weist (aufgrund einer Hochenergiequelle von 3 kW bis 6 kW) eine höhere Intensität auf und der Mechanismus zur Strahlrasterung (d. h. Elektromagnetik bei PBF-EB/M, Optik bei PBF-LB/M) unterscheidet sich bei den beiden PBF-Verfahren. Bei PBF-EB/M wird zudem tendenziell ein größerer Strahlenpunkt, eine größere Pulvergrößenverteilung und eine größere Schichtdicke verwendet. Im Allgemeinen sind Teile bei der PBF-EB/M geringeren Wärmebelastungen ausgesetzt (da die Pulverschichten vor dem Schmelzen vorgewärmt werden) und weisen schnellere Bauraten auf, im Vergleich zur PBF-LB/M ist die allgemeine Mindestgröße für Merkmale sowie die Oberflächenrauheit größer.

5.2 Bauteilgröße

Die Bauteilgröße wird nicht nur durch die Arbeitsfläche/das Arbeitsvolumen der PBF-Maschine begrenzt. Auch die Bildung von Rissen und Verformungen aufgrund von Eigenspannungen kann die maximale Bauteilgröße begrenzen. Ein weiterer wichtiger praktischer Faktor, der die maximale Bauteilgröße begrenzen kann, sind die Fertigungskosten, die in einem direkten Verhältnis zu Größe und Volumen des Bauteils stehen. Die Fertigungskosten können minimiert werden, indem die Bauteilposition und Bauorientierung in einer Weise gewählt werden, die das Verschachteln von möglichst vielen Bauteilen ermöglicht. Das Pulvervolumen, das benötigt wird, um das Bett auf das erforderliche Volumen zu füllen (Bauteiltiefe x Bettfläche) können auch in Betracht gezogen werden. Protokolle zur Wiederverwendung von Pulver haben eine erhebliche Auswirkung auf die Kosten. Falls Wiederverwendung unzulässig ist, wird das gesamte Pulver, ungeachtet des erstarrten Volumens verworfen.

5.3 In Bezug auf das PBF-Verfahren zu berücksichtigende Vorteile

Die PBF-Verfahren können vorteilhaft bei der Bauteilfertigung eingesetzt werden, wenn die folgenden Punkte zutreffen:

— Integration mehrerer Funktionen in dasselbe Bauteil

— Bauteile können endkonturnah gefertigt werden (d. h. nah an der endgültigen Form und Größe).

— Die Freiheitsgrade der Gestaltung von Bauteilen sind typischerweise höher. Fertigungstechnische Restriktionen konventioneller Verfahren entfallen üblicherweise, z. B. für:

  — Werkzeugzugänglichkeit und

  — die Bearbeitung von Freistichen.

— Es kann eine große Bandbreite an komplexen Geometrien hergestellt werden, wie

  — Freiformgeometrien, z. B. organische Strukturen,

  — topologisch optimiert Strukturen, um die Masse zu reduzieren und mechanische Eigenschaften zu optimieren,

  — Füllstrukturen, z. B. Wabenstruktur und

  — poröse Gitterstrukturen auf der Oberfläche ansonsten solider Komponenten z. B. osteosyntethischen Strukturen in der Medizinproduktbranche.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

— Der Grad der Bauteilkomplexität ist – anders als bei den meisten konventionellen Fertigungsverfahren – weitgehend unabhängig von den Fertigungskosten.

— Montage- und Fügevorgänge können durch Bauteil-Konsolidierung reduziert werden, wodurch möglicherweise eine einteilige Gestaltung erreicht wird.

— Die Gesamteigenschaften des Bauteils können lokal durch Einstellung der Prozessparameter gezielt konfiguriert werden.

— Verkürzung der Hauptzeit vom Entwurf bis zur Bauteilfertigung.

5.4 In Bezug auf das PBF-Verfahren zu berücksichtigende Einschränkungen

Bedingt durch das AM-Verfahren gibt es verfahrenstypische Nachteile, die bei der Produktgestaltung berücksichtigt werden sollten.

— Es können Schrumpfungen, Eigenspannungen oder Verformungen durch Temperaturunterschiede entstehen. Um diese Auswirkungen zu minimieren, kann das Pulverbett vorgewärmt werden (dabei handelt es sich um das Normalverfahren PBF-EB/M).

— Die Oberflächengüte von additiv gefertigten Bauteilen wird typischerweise durch den schichtweise erfolgenden Aufbau (Treppenstufeneffekt) und die Größenverteilung des verwendeten Pulvers beeinflusst. In Abhängigkeit vom Anwendungsfall kann eine Nachbearbeitung erforderlich sein.

— Die Abweichungen der Maßhaltigkeit, der Form- und der Lagegenauigkeit von Bauteilen sollten beachtet werden. Daher sollte gegebenenfalls ein Aufmaß zur Nachbearbeitung vorgesehen werden. Erforderliche geometrische Genauigkeiten können durch gezielte Nachbearbeitungsverfahren eingestellt werden.

— Bei der Prozessplanung sollten anisotrope Eigenschaften berücksichtigt werden, die durch den schichtweise erfolgenden Aufbau typischerweise auftreten können.

— Nicht alle für konventionelle Verfahren verfügbaren Werkstoffe sind bislang für PBF-Verfahren geeignet.

— Werkstoffeigenschaften können von erwarteten Werten abweichen, die aus anderen Techniken, wie Schmieden und Gießen bekannt sind. Werkstoffeigenschaften können aufgrund verfahrenstechnischer Einstellungen und Steuerung erheblich beeinflusst werden.

— Die übermäßige Nutzung und/oder die übermäßige Abhängigkeit von Stützkonstruktionen können sowohl zu hoher Materialverschwendung als auch zu einem erhöhten Risiko von Fehlern beim Aufbau führen.

— Die Entfernung von nicht geschmolzenem Pulver nach der Verarbeitung ist erforderlich und bei PBF-EB/M ist dieses Pulver aufgrund des Pulverbettvorwärmens bei der Verarbeitung oft nicht lose, sondern leicht gesintert.

5.5 Wirtschaftlichkeit und Zeiteffizienz

Falls die Geometrie es zulässt, ein Bauteil so im Bauraum zu platzieren, dass es möglichst kostengünstig gefertigt werden kann, so gibt es von der geplanten Stückzahl abhängige Optimierungskriterien.

— Die Bauhöhe wirkt sich erheblich auf die Bauzeit und die Baukosten aus. Die Bauteilorientierung sollte so gewählt werden, dass eine möglichst geringe Bauhöhe resultiert. Bei der Entscheidung der Teileausrichtung müssen jedoch auch zusätzliche und manchmal konkurrierende Faktoren berücksichtigt werden. Zwei solcher zusätzlichen Überlegungen sind beispielsweise die Vereinfachung der Nachbearbeitung wie die Entfernung von Pulver und Stützen sowie Gewährleistung, dass für die Teilefunktion kritische Merkmale ordnungsgemäß gebaut werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

— Ist die Fertigung einer größeren Stückzahl geplant, so sollte der Bauraum möglichst effizient genutzt werden. Die Bauteilorientierung sollte so gewählt werden, dass die Anzahl der durchzuführenden Baudurchläufe reduziert wird. Es können auch Strategien zur dreidimensionalen Verschachtelung angewendet werden, um das verfügbare Bauvolumen zu maximieren.

— Wenn die Orientierung gleicher Bauteile zur bestmöglichen Anordnung unterschiedlich ist, d. h. einen Aufbau in verschiedenen Winkeln zur Folge hat, können die mechanischen Eigenschaften je nach Bauteil voneinander abweichen.

— Die Verwendung von im System verbleibendem Pulver ist abhängig von Anwendung, Werkstoff und besonderen Anforderungen. Pulverwechsel können ineffizient und zeitaufwendig sein. Obwohl sie beim Wechsel der Werkstoffart notwendig sind, können Pulver aus Aufbauten desselben Werkstoffs wiederverwendet werden, sofern dies nach den geltenden Festlegungen zulässig ist. Es ist wichtig, anzumerken, dass sich die Wiederverwendung von Pulver auf die Pulvergrößenverteilung, die Oberflächeneigenschaften und die Zusammensetzung der Legierung auswirken kann, was im Gegenzug die endgültigen Bauteileigenschaften beeinflusst. Zudem können sich die Eigenschaften von wiederverwendbarem Pulver bei PBF-EB/M und PBF-LB/M unterscheiden. Wie oft ein Pulver wiederverwendet werden kann, hängt von den in den Material- und Teilespezifikationen dargelegten Anforderungen und dem vom Anwender und Maschinenhersteller implementierten Schema zur Wiederverwendung von Pulvern ab.

— Viele mangelhaft gestaltete Bauteile (insbesondere die für konventionelle Prozesse mit geringer oder keiner Anpassung ausgelegten) erfordern eine spezifische Orientierung, um entweder die Verwendung von Stützen zu minimieren oder die Wahrscheinlichkeit eines erfolgreichen Aufbaus zu erhöhen. Allerdings sollten Bauteile, die für die additive Fertigung entworfen wurden, so ausgelegt sein, dass die Bauorientierung offensichtlich und/oder festgelegt ist.

5.6 Merkmalbedingte Randbedingungen (Insel, Überhang, Treppenstufeneffekt)

5.6.1 Allgemeines

Aufgrund des schichtweise erfolgenden Aufbaus von AM-Bauteilen, kann zu einem beliebigen Zeitpunkt des Aufbaus eine Trennung von Elementen auftreten. Das ist durch die Bauteilgeometrie bedingt. Diesbezüglich können die in 5.6.2 bis 5.6.4 beschriebenen Fälle als kritisch (das Niveau der Kritikalität ist abhängig von der zu betrachtenden PBF-Technik) identifiziert werden.

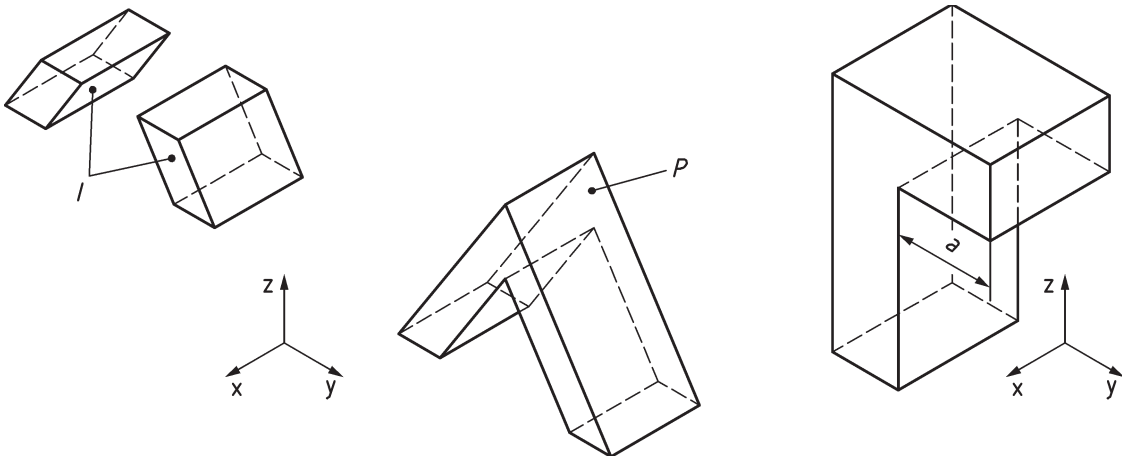
5.6.2 Inseln

Inseln (*I*) sind Besonderheiten, die erst im späteren Verlauf des Bauprozesses zu einem Bauteil (*P*) verbunden werden. Die Herstellung dieser Verbindungen sollte bei der Bauteilgestaltung berücksichtigt werden. Bauteile, die in ihrer gesamten Gestalt stabil sind, können so während des Bauprozesses einen instabilen Zustand einnehmen (siehe Bild 2, links und Mitte).

ANMERKUNG Inseln sind möglicherweise nicht gegen mechanische Belastungen im Pulverauftragsprozess geschützt. Das kann zu Deformationen der Inseln führen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03



ANMERKUNG Quelle: VDI 3405 Teil 3:2015 [1].

Bild 2 — Inseln *I* (links) und Überhang *a* (rechts) während des Bauprozesses von Bauteil *P* in Richtung der *z*-Achse *Z*

5.6.3 Überhang

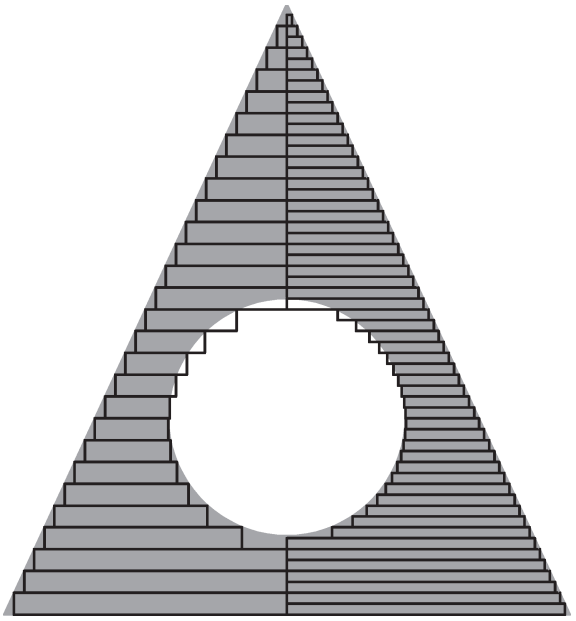
Bei Flächen mit einem Überhang-Winkel von 0° ergibt sich ein Überhang mit der Länge *a* (siehe Bild 2, rechts). Bei kleinen Überhängen ist z. B. keine Zusatzgeometrie in der Form von Stützkonstruktionen notwendig. Hier trägt sich der auskragende Bereich während der Fertigung selbst. Die zulässigen Werte für *a* sind abhängig vom spezifischen PBF-Verfahren, dem Werkstoff und den verwendeten Prozessparametern. Erhebliche Überhänge können zu einem Zusammenfall oder einer Verformung an Länge *a* und dies wiederum zum Stillstand der Maschine führen.

5.6.4 Treppenstufeneffekt

Bedingt durch die schichtweise erfolgende Fertigung wird die 3-D-Geometrie des Bauteils vor der Fertigung in eine 2,5-D-Darstellung überführt, mit diskreten Stufen in Baurichtung. Der resultierende Fehler durch die Abweichung dieser 2,5-D-Darstellung von der ursprünglichen Geometrie wird als Treppenstufeneffekt bezeichnet. Das Ausmaß wird maßgeblich durch die Schichtdicke beeinflusst (siehe Bild 3).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03



ANMERKUNG Quelle: VDI 3405 Teil 3:2015 [1].

Bild 3 — Auswirkung des Treppenstufeneffekts bei unterschiedlichen Schichtdicken

5.7 Maß-, Form- und Lagegenauigkeiten

Typischerweise sind keine Genauigkeiten erreichbar, die mit konventionellen schneidwerkzeuggebundenen Fertigungsverfahren erreicht werden können. Deshalb kann für die Erfüllung der (Kunden-)Anforderungen Nachbearbeitung erforderlich sein. Die Nachbearbeitung kann subtraktive Fertigung, Oberflächenbearbeitung, thermische Prozesse oder andere Bearbeitungsschritte nach ISO/ASTM 52910 [2] umfassen.

In dieser Hinsicht ist es besonders wichtig, die Prozessparameter, die die Eigenschaften des End-Bauteils beeinflussen werden, zu beachten und zu berücksichtigen. Beispielsweise können je nach Bauteilorientierung unterschiedliche Genauigkeiten erreicht werden. Durch den Aufbau in Schichten kann es zu richtungsabhängigen (anisotropen) Schrumpfungen des Bauteils kommen. Als weiteres Beispiel kann die Konsistenz des schichtweisen Aufbaus durch die Anordnung des Bauteils auf der Bauplattform beeinflusst werden.

5.8 Datenqualität, Auflösung, Darstellung

Die Anwendung von AM erfordert 3-D-Geometriedaten, die üblicherweise als ein tesseliertes Modell dargestellt werden; es können jedoch auch andere Darstellungen verwendet werden, wie Voxel- oder „Sliced-Layer"-Darstellungen. Bei tesselierten Daten beschreiben Dateien die Oberflächengeometrie eines Bauteils als Netz aus dreieckigen Maschen. Dabei werden die Eckpunkte der Dreiecke nach der Rechte-Hand-Regel sowie der jeweilige Normalenvektor erfasst. Als Datenaustauschformat hat sich das STL-Datenformat als Quasi-Industriestandard etabliert. Weitere Formate umfassen AMF (ISO/ASTM 52915) und 3MF (3D-Herstellungsformat), das von einem Branchenkonsortium unter der Führung von Microsoft gefördert wird.

In einer Tesselation werden gekrümmte Bauteilflächen durch Dreiecke angenähert und die gewählte Auflösung der Tesselation bestimmt die Geometriequalität des zu fertigenden Bauteils. Bei zu grober Auflösung werden die in der STL-Datei definierten Dreieckskanten auf der gefertigten Teileoberfläche sichtbar (d. h sie erscheint facettiert). Eine zu hoch aufgelöste Tesselation beansprucht jedoch viel digitalen Speicherplatz und verlangsamt den Datentransfer und die Verarbeitung durch prozessvorbereitende Software. Die Auflösung einer Tesselation wird in der Regel durch ein Toleranzmaß beeinflusst, das oft als „Sehnenhöhe" bezeichnet wird und das den maximalen Wert beschreibt, den ein Punkt auf der Bauteiloberfläche von dem erzeugten Dreieck abweichen darf. Daher führen geringere Genauigkeitswerte zu niedrigeren Abweichungen von der tatsächlichen Bauteiloberfläche. Auf Grundlage praktischer Erfahrung wird die Genauigkeit so eingestellt, dass sie mindestens

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

5-mal kleiner als die Auflösung des AM-Verfahrens ist. Infolgedessen wird eine Einstellung der Sehnenhöhe von 0,01 mm bis 0,02 mm für die meisten PBF-Verfahren empfohlen. Weitere Parameter stehen systemabhängig zur Einstellung der Vernetzungsgenauigkeit zur Verfügung.

AMF unterstützt die Darstellung von Informationen über die Geometrie hinaus. Beispielsweise werden bauteilbezogene Maßeinheiten (Millimeter, Meter, Zoll), Farben, Werkstoffe und Gitterstrukturen unterstützt. STL-Dateien enthalten ausschließlich die tesselierte Geometrie, während 3MF-Dateien einige der vom AMF bekannten Fähigkeiten zur Metadatendarstellung besitzen. Für die Kommunikation der Bauteilgröße ist es sehr wichtig, dass die Datenaustauschdatei Maßeinheiten enthält.

Falls die Bauteilgeometrie aus einer 3-D-Bildgebungsmodalität importiert wurde, wie CT oder MRT, dann sind die Daten aus Voxeln zusammengesetzt. Das DICOM-Format ist der Branchenstandard für medizinische Bildgebungsverfahren und für einige AM-Software-Werkzeuge sind diese Dateien direkt lesbar. Die Geometrieauflösung wird durch die Auflösung des Bildgebers gesteuert.

6 Konstruktionsleitlinien für die elektronenstrahlbasierte Pulverbettfusion von Metallen (PBF-EB/M)

6.1 Allgemeines

6.1.1 Auswahl der PBF-EB/M

PBF-EB/M weist verfahrenstypische Vor- und Nachteile auf. Die Technik bietet Möglichkeiten zu komplexer Konstruktion mit integrierten Funktionen in einem Bauteil, zu Werkstoffen mit Binnenstrukturen, und/oder Merkmalen mit Unterschnitten oder Strukturen, die nicht durch Schmieden, urformende oder trennende Metallbearbeitungsverfahren verwirklicht werden können. Die Flexibilität von PBF-EB/M bietet Möglichkeiten für die Kleinserienfertigung von Einzelteilen mit Eigenschaften, die nicht mit anderen Verfahren umgesetzt werden können.

Die Vorteile in der Gebrauchsphase sind ein wichtiger Beweggrund bei der Wahl von PBF-EB/M, auch wenn PBF-EB/M in der Fertigungsphase Nachteile birgt.

Wichtige Einschränkungen können die Verfügbarkeit der erforderlichen Werkstoffe sein, die begrenzte Größe des Bauteils, die Annahme des Verfahrens für kritische Anwendungen, die Fertigungskosten und die möglicherweise erforderlichen Nachbearbeitungen.

Einige weitere Technologien, die in einem ähnlichen Anwendungsfeld wie PBF-EB/M eingesetzt werden könnten, sind Folgende: PBF-LB/M, gerichtete Energieeinbringung bei Metallen oder Gießen mit einer additiv gefertigten, verlorenen Gussform.

6.1.2 Entwurfs- und Prüfzyklen

Die Bauteiloptimierung kann durch die gegenwärtigen Grenzen des PBF-EB/M-Verfahrens eingeschränkt sein. Das könnte je nach Werkstoff, je nach Maschine und je nach Dienstanbieter unterschiedlich sein. Oft bedeutet das, dass die praktische Prüfung von Bauteil-Merkmalen Bestandteil des Entwurfszyklus ist.

6.2 Werkstoff- und Gefügecharakteristika

Die für die PBF-EB/M verwendeten Werkstoffe stammen zum Großteil aus der Gruppe der Metalle und metallischen Legierungen (siehe Anhang A). Die bevorzugten Produktionsverfahren für Metallpulver umfassen üblicherweise Plasma- oder Gasverdüsung in einer Schutzgasatmosphäre. Weil Metallpulver je nach Lieferanten erhebliche Unterschiede aufweisen können, sollte die Auswahl sorgfältig getroffen werden. Die Pulvergrößenverteilung, chemische Zusammensetzung, Oberflächeneigenschaften und Morphologie sind nur einige Beispiele von Rohpulvereigenschaften, die bei der Auswahl berücksichtigt werden müssen.

Die erfolgreiche Verarbeitung der einzelnen Materialien im Prozess hängt von verschiedenen Einflussparametern ab; hierzu zählen die Schweißbarkeit, die Schmelztemperatur, die Wärmeleitfähigkeit, die Schmelzviskosi-

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

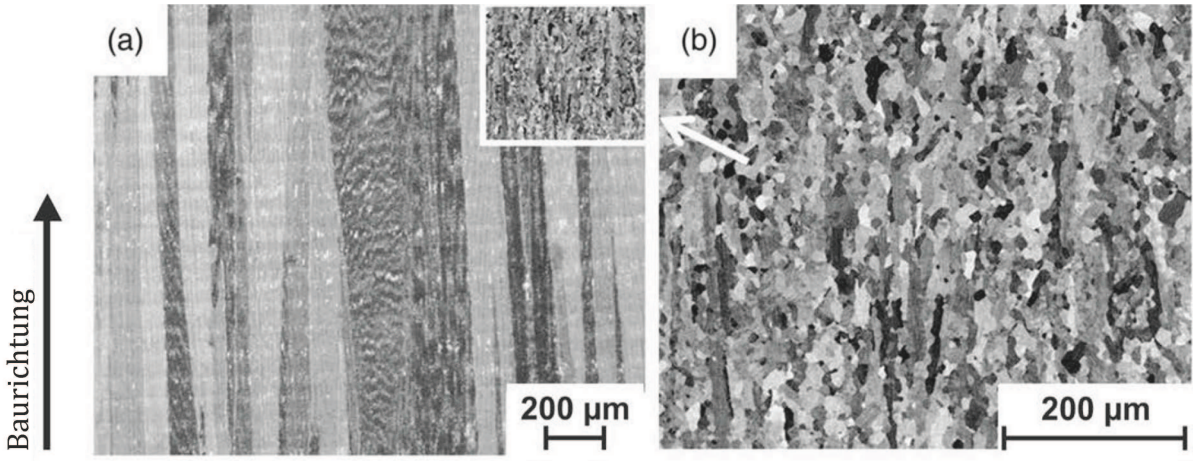
tät und der Benetzungswinkel (in Bezug auf die Oberflächenspannung der Schmelze [3]). Sämtliche dieser Faktoren beeinflussen die Eigenschaften des zu fertigenden Bauteils. Deshalb erfordert die Gestaltung für PBF-EB, dass auch die Prozessumgebung berücksichtigt wird.

Es wird empfohlen, sich für die aktuellste Liste von Materialklassen, die für PBF-EB/M-verfügbar sind, an die Maschinen und Pulverhersteller zu wenden. Im Zuge der Weiterentwicklung der AM-Technologie wird davon ausgegangen, dass beständig neue Werkstoffe zur Verfügung stehen werden. Da bereits Metallpulver für Verfahren wie Pulvermetallurgie, Metallpulverspritzguss und Auftragsschweißen zur Verfügung stehen, kann davon ausgegangen werden, dass auch eine Anwendung in der PBF-EB/M möglich sein könnte.

Eine relative Dichte des Bauteils von annähernd 100 % ist möglich [4]. Bild 4 zeigt, wie kleine Änderungen an PBF-EB/M-Verfahren wesentliche Auswirkungen auf das Mikrogefüge haben können.

Das durch ein PBF-EB/M-Verfahren erzeugte Gefüge unterscheidet sich von dem in Knetwerkstoffen, und ist in großem Maße abhängig von der Prozessumgebung, einschließlich der vorstehend aufgeführten Faktoren. Die mechanischen Eigenschaften des Bauteils korrelieren direkt mit dem gebildeten Makro- und Mikrogefüge.

Nachträgliche Wärmebehandlungen von Bauteilen, die durch PBF-EB/M gefertigt wurden, werden üblicherweise für die Abstimmung von Werkstoffeigenschaften verwendet.



ANMERKUNG Quelle: GE Arcam

Bild 4 — Inconel 718-Mikrogefüge für zwei verschiedene PBF-EB/M-Prozessbedingungen weisen Unterschiede in der sich ergebenden Kornmorphologie auf: (a) Kornverlängerung in Baurichtung (b) gleichachsige Körner

6.3 Orientierung, Position und Anordnung des Aufbaus

6.3.1 Allgemeines

Die Orientierung, Position und Anordnung von Bauteilen beeinflusst bei der PBF-EB/M die Prozesskosten, die Prozessstabilität sowie verschiedene Bauteileigenschaften. Faktoren, die bei der Bestimmung der geeigneten Orientierung, Position und Anordnung helfen, werden in 6.3.2 bis 6.3.7 dargelegt.

6.3.2 Pulververteilung

Die meisten PBF-Systeme nutzen für die Pulverbeschichtung ein System, bei dem das Pulver durch eine Verteilereinrichtung (z. B. Keramik-, Metall- oder Silikonklinge oder Walze oder Kohlebürste) vom Pulvervorrat über den Bauraum in den Pulverüberlauf geschoben wird. In Abhängigkeit der Schichtdicke ist diese Art der Verteilung oft mit einem Schaben oder Stören des Beschichtungssystems am aufzubauenden Bauteil verbunden. Bauteile sollten daher so orientiert, positioniert und angeordnet werden, dass beim Schaben möglichst geringe Reibkräfte entstehen. Manche Verteilereinrichtungen (z. B. gezackte Blechrechen) haben sich, aufgrund der

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03

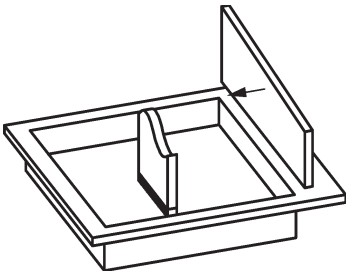
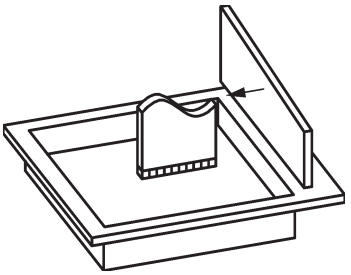
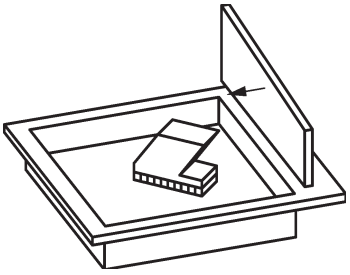
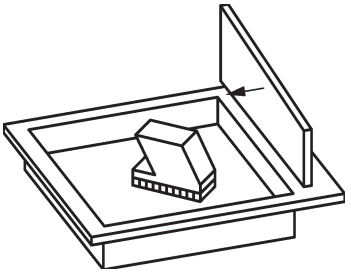
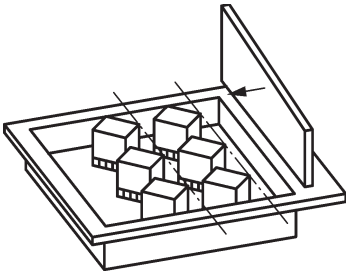
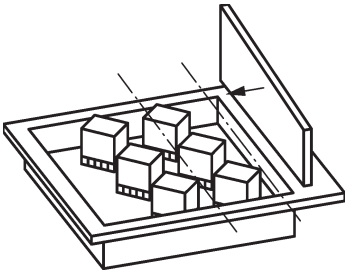
verminderten Reibung zwischen Verteilereinrichtung und Bauteil, als unempfindlicher gegenüber dem Schaben erwiesen. Bei dieser Art von Verteilereinrichtung können die Überlegungen dieses Abschnitts größtenteils ignoriert werden. Zusätzlich zur Art der Verteilereinrichtung kann die Verteilung in einem vorhandenen PBF-System sowohl uni- als auch bidirektional stattfinden. Bei bidirektionalen Verteilereinrichtungen kann sich die Einhaltung der in diesem Abschnitt dargelegten Überlegungen schwieriger gestalten. Außerdem kann sich Verschleiß an der Verteilereinrichtung aufgrund der Reibung zwischen Verteilereinrichtung und Bauteil negativ auf das Verfahren auswirken (z. B. Dicke und Kontinuität der Pulverschicht). Folgende Punkte sollten diesbezüglich berücksichtigt werden (siehe Tabelle 2):

— Längliche Geometrien sollten nicht parallel zum Verteiler orientiert werden, sondern mit der Verteilungsrichtung.

— Kritische Geometrien sollten möglichst nicht gegen die Verteilungsrichtung wachsen.

— Mehrere Bauteile sollten so positioniert werden, dass die Kontaktlänge mit dem Verteilersystem minimiert wird (mit Versatz angeordnet, siehe letzte Reihe in Tabelle 2).

Tabelle 2 — Anordnung von kritischen Elementen im Bauraum der Maschine

Beschreibung	Schlecht	Gut
Längliche Geometrien sollten so orientiert sein, dass die Kontaktlänge mit dem Verteilersystem minimiert wird.		
Kritische Geometrien (unidirektionales Rechen) sollten so orientiert sein, dass das Aufbiegen von Bauteilen verhindert wird, falls ein Kontakt zwischen Verteilersystem und Bauteil besteht. Ein Winkel von 10° ist häufig geeignet.		
Mehrere Bauteile sollten so positioniert werden, dass die Kontaktlänge mit dem Verteilersystem minimiert wird (mit Versatz angeordnet).		
ANMERKUNG Quelle: VDI 3405 Teil 3:2015 [1].		

6.3.3 Gestaltung von Stützstrukturen

Das PBF-EB/M-Verfahren erfordert manchmal eine sichere Anbindung des Bauteils an die Bauplatte. Die Anbindungen können entweder direkt erfolgen (direkter Aufbau auf Bauplattform) oder durch Stützstrukturen. Stützstrukturen in PBF-EB/M-Verfahren dienen mehreren Funktionen, einschließlich

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO/ASTM 52911-3:2022-03