

Additive manufacturing processes – User safety on operating the manufacturing facilities – Laser beam melting of metallic parts

Einsprüche bis 2018-11-30

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal <http://www.vdi.de/einspruchsportal>
- in Papierform an
VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL)
Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweise	2
3 Begriffe	2
4 Abkürzungen	4
5 Potenzielle Gefährdungen beim Laser-Strahlschmelzen	4
5.1 Wareneingangskontrolle bzw. Pulverprüfung im Rahmen der Wiederaufbereitung.....	4
5.2 Lagerung von Pulvermaterialien.....	5
5.3 Pulvervorbereitung und Wiederaufbereitung von Pulver (Sieben).....	5
5.4 Anlagenvorbereitung.....	5
5.5 Bauprozess – Betrieb der Maschine	5
5.6 Schritte der Bauteilentnahme	5
5.7 Schritte der Bauteilnachbearbeitung	6
5.8 Abfalllagerung	7
6 Potenzielle Gefährdungen bei Reinigung, Wartung, Umbau und Instandhaltung	7
6.1 Reinigung für Pulverwechsel	7
6.2 Wechsel der Umluftfilter	8
6.3 Reinigung der Räumlichkeiten.....	8
6.4 Eingriff in die Anlage im Rahmen von Vermessung und Kalibrierung (Überbrückung).....	8
6.5 Umbauten und Eingriff in Anlagen (Überbrückung).....	8
6.6 Externe Dienstleister und Besucher	8
7 Gefährdungsbeurteilung und Rangfolge der Schutzmaßnahmen	8
7.1 Gefährdungsbeurteilung.....	8
7.2 Rangfolge der Schutzmaßnahmen.....	9

Inhalt	Seite
8 Empfehlungen für die arbeitssichere Prozessgestaltung	9
8.1 Wareneingangskontrolle bzw. Pulverprüfung im Rahmen der Wiederaufbereitung	10
8.2 Lagerung von Pulvermaterialien und bauliche Anforderungen an die Pulverlagerung.....	10
8.3 Pulvervorbereitung und Wiederaufbereitung von Pulver (Sieben).....	10
8.4 Anlagenvorbereitung	10
8.5 Bauprozess – Betrieb der Maschine.....	11
8.6 Schritte der Bauteilentnahme.....	11
8.7 Schritte der Bauteilnachbearbeitung	12
8.8 Abfalllagerung	13
9 Empfehlungen für die Gestaltung der Arbeiten bei Reinigung, Wartung, Umbau und Instandhaltung	13
9.1 Reinigung für Pulverwechsel.....	13
9.2 Wechsel der Umluftfilter	13
9.3 Reinigung der Räumlichkeiten	14
9.4 Umbauten und manueller Eingriff im Automatikbetrieb (Überbrückung)	14
9.5 Externe Dienstleister und Besucher	14
10 Persönliche Schutzausrüstung (PSA) und Verhaltenshinweise	14
10.1 Handschutz	14
10.2 Hautschutz	15
10.3 Atemschutz	15
10.4 Kleidung und Schuhe.....	15
Anhang A Checkliste für den arbeitssicheren Technologieeinstieg	16
Anhang B Beispielhafte Lastenrechnung zur Lüftungsdimensionierung	17
Schrifttum	18

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

Diese Richtlinie beschreibt ein einheitliches Vorgehen, um den sicheren Betrieb von additiven Fertigungsanlagen, die Metallpulver mit dem Laser-Strahlschmelzverfahren (siehe VDI 3405 und VDI 3405 Blatt 2) verarbeiten, zu gewährleisten. Die Relevanz und Anwendbarkeit bestehender Vorschriften benachbarter Technologiefelder wie dem Schweißen, der Pulvermetallurgie und der Nanopartikel wird im Einzelfall bewertet. Es werden relevante technische Regeln, Vorschriften und Gesetze zusammengestellt und Empfehlungen erarbeitet, wie diese bei den unterschiedlichen Schritten des Laser-Strahlschmelzens praktisch umgesetzt werden können.

Die Motivation für die Erstellung dieser Richtlinie besteht auch darin, dass es in der Vergangenheit zu gefährlichen Zwischenfällen kam, die beispielsweise zu Bränden und Verpuffungen geführt haben. Anwendern soll mit diesem Dokument ein Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, das Antworten oder Hinweise auf möglichst alle Fragen gibt, die im Zuge der Erarbeitung oder Aufrechterhaltung eines sicheren Betriebs von Laser-Strahlschmelzanlagen aufkommen.

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie wendet sich vorrangig an Betreiber von Laser-Strahlschmelzanlagen bzw. an Personen oder Unternehmen, welche die Beschaffung und den Betrieb einer Laser-Strahlschmelzanlage planen. Die Richtlinie wendet sich auch an Organisationen, die Betreiber dieser Anlagen bezüglich der Sicherheitsvorkehrungen beraten, an Lieferanten von Anlagen und von Ausrüstung zum sicheren

Betrieb sowie an Logistikdienstleister für die Handhabung von Gefahrgut.

Die Richtlinie gilt für Laser-Stahlschmelzanlagen mit CE-Kennzeichen, die für den sicheren Betrieb gekapselt sind (siehe Definition in Abschnitt 3: gekapselte Anlage).

Betreiber (= Arbeitgeber) von Laser-Strahlschmelzanlagen sind verpflichtet, vor Aufnahme der Tätigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen (§ 3 ArbSchG, § 6 GefStoffV, § 3 OStrV) und zu dokumentieren. Hierbei soll das vorliegende Dokument praxistauglich und verständlich unterstützen.

Die Richtlinie wurde spezifisch für das Laser-Strahlschmelzen erstellt. Teile dieser Richtlinie können dennoch auch für verwandte additive Fertigungsverfahren wie das Elektronen-Strahlschmelzen relevant sein.

2 Normative Verweise

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

VDI 3405:2014-12 Additive Fertigungsverfahren; Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen (Additive manufacturing processes, rapid manufacturing; Basics, definitions, processes)

VDI 3405 Blatt 2:2013-08 Additive Fertigungsverfahren, Strahlschmelzen metallischer Bauteile, Qualifizierung, Qualitätssicherung und Nachbearbeitung (Additive manufacturing processes, rapid manufacturing; Beam melting of metallic parts; Qualification, quality assurance and post processing)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die Begriffe nach VDI 3405 sowie die folgenden Begriffe:

Akzeptanzkonzentration

Konzentration eines Stoffs in der Luft am Arbeitsplatz, die über seine →ERB dem →Akzeptanzrisiko entspricht und bei Unterschreitung mit einem niedrigen, hinnehmbaren Risiko assoziiert wird [in Anlehnung an TRGS 910, 2(3)]

Anmerkung: Die Akzeptanzkonzentration ist eine stoffspezifische Größe.

Akzeptanzrisiko

statistische Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Krebserkrankung

Anmerkung 1: Das Akzeptanzrisiko ist eine stoffübergreifende Größe.

Anmerkung 2: Das Akzeptanzrisiko ist in TRGS 910, 2(2) mit 4:100000 festgelegt.

A-Staub (alveolengängige Fraktion)

Anteil des einatembaren Staubs, der so fein ist, dass er bis in die kleinsten Verzweigungen der Lunge, in die Alveolen vordringen kann [in Anlehnung an DIN EN 481, 2.11]

Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)

Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffs in der Luft am Arbeitsplatz in Bezug auf einen gegebenen Referenzzeitraum [§2(8) GefStoffV]

Anmerkung: Der Arbeitsplatzgrenzwert gibt an, bei welcher Konzentration eines Stoffs akut oder chronisch schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen nicht zu erwarten sind (in Anlehnung an § 2 Absatz 8 GefStoffV).

Betreiber

juristische Person, die für den sicheren Betrieb einer Anlage verantwortlich und haftbar ist

Anmerkung: Der Betreiber der Anlage ist Arbeitgeber im Sinne von § 2(3) ArbSchG und nach § 3(1) ArbSchG verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes unter Berücksichtigung der Umstände zu treffen, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit beeinflussen. Er hat die Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen und erforderlichenfalls sich ändernden Gegebenheiten anzupassen. Dabei hat er eine Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten anzustreben. Hierzu gehört z.B.:

- nach § 1(1) GefStoffV den Menschen und die Umwelt vor stoffbedingten Schädigungen zu schützen
- nach § 2(2) BetrSichV die sichere Verwendung der Anlage, das heißt insbesondere das Montieren und Installieren, Bedienen, An- oder Abschalten oder Einstellen, Gebrauchen, Betreiben, Instandhalten, Reinigen, Prüfen, Umbauen, Erproben, Demontieren, Transportieren und Überwachen
- nach § 1(1) OStrV der Schutz der Beschäftigten bei der Arbeit vor tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch optische Strahlung aus künstlichen Strahlungsquellen

Betriebsanweisung

schriftliche Anweisung des Arbeitgebers an die Beschäftigten zur sicheren Durchführung von Tätigkeiten

Anmerkung: Die Betriebsanweisung ist ein wichtiger Bestandteil der organisatorischen Schutzmaßnahmen als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung. Der →Betreiber hat als Arbeitgeber nach §4(7) ArbSchG den Beschäftigten geeignete Anweisungen zu erteilen.

E-Staub (einatembare Fraktion)

Massenanteil aller im Atembereich vorhandenen Teilchen, der durch Mund und Nase eingeatmet wird [in Anlehnung an DIN EN 481, 2.3]

ERB (Expositions-Risiko-Beziehung)

Zusammenhang zwischen der Stoffkonzentration (inhalative Aufnahme) und der statistischen Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Krebserkrankung

Anmerkung: Die aus experimentellen oder epidemiologischen Studien abgeleitete ERB bildet die Grundlage für die Extrapolation in den Bereich geringerer Risiken, der in der Praxis im Allgemeinen weder tierexperimentell überprüft noch epidemiologisch beobachtet werden kann. Bezugszeitraum für das Risiko ist die gesamte Lebenszeit (Lebenszeitrisko). Das Risiko ist die statistische Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer berufsbedingten Krebserkrankung während des gesamten Lebens (siehe TRGS 910, 2(1)).

gekapselte Anlage

Laser-Strahlschmelzanlage, die aufgrund ihrer Bauweise kein ungefiltertes Austreten von Prozessgasen (→Schweißrauch) ermöglicht

Gefährdungsbeurteilung

Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdung zur Festlegung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes

Anmerkung: Der Arbeitgeber hat nach § 5(1) ArbSchG verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Die Verpflichtung wird weiter konkretisiert durch § 6 GefStoffV, § 3 BetrSichV und § 3 OStrV.

Beispiel: Ein Beispiel findet sich unter [1].

KMR-Stoffe (CMR-Stoffe)

Stoffe mit kanzerogener, mutagener oder reproduktionstoxischer Wirkung

Anmerkung 1: Zu den wichtigsten Vertretern der KMR-Stoffe im Bereich der Metalle zählen Nickel, Cobalt und Chrom (insbesondere als Chrom VI) und deren Verbindungen. Diese Metalle sind in einigen relevanten Legierungen für das Laser-Strahlschmelzen enthalten. Krebs erzeugende Verbindungen können sich während des Prozesses bilden.

Anmerkung 2: Für KMR-Stoffe gilt das ERB-Konzept und somit die Toleranz- und Akzeptanzkonzentrationen (siehe TRGS 910). Weitere Bestimmungen zu Schutzmaßnahmen enthält § 10 GefStoffV.

Kondensat

abgelagerter, hochfeiner →Schweißrauch

Anmerkung: Kondensat lagert sich hauptsächlich in Filtern oder auf Anlagenkomponenten ab.

Schweißrauch

welding fumes

gas- oder luftgetragene Partikel, die während des Schweißvorgangs entstehen [in Anlehnung an DIN EN ISO 15012-4, 3.10]

Anmerkung: Schweißrauche sind ein komplexes Gemisch von partikelförmigen Stoffen. Die chemische Zusammensetzung der eingesetzten (Zusatz-)Werkstoffe bestimmt die Zusammensetzung der Schweißrauche.

Toleranzkonzentration

Konzentration eines Stoffs in der Luft am Arbeitsplatz, die über die →ERB des Stoffs dem →Toleranzrisiko entspricht und bei Überschreitung mit einem hohen, nicht hinnehmbaren Risiko assoziiert wird [in Anlehnung an TRGS 910, Nummer 2(5)]