

DIN 65123

ICS 25.030; 49.025.99; 77.160

Einsprüche bis 2017-03-13

Entwurf**Luft- und Raumfahrt –
Verfahren zur Prüfung von additiv mit Pulverbettverfahren hergestellten
metallischen Bauteilen**

Aerospace Series –

Methods for inspection of metallic components, produced with additive powderbed fusion processes

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-01-13 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 nl@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 Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin, 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 18 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)
DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Besonderheiten von additiv durch Pulverbettverfahren hergestellte metallische Produkte	4
4.1 Allgemeines	4
5 Prüfungen	7
5.1 Allgemeines	7
5.2 Prüfungen an Bauteile und Begleitproben	7
5.3 Zerstörungsfreie Prüfverfahren	8
5.3.1 Anforderungen an das Personal	8
5.3.2 Sichtprüfung	8
5.3.3 Maßprüfung	8
5.3.4 Eindringprüfung	8
5.3.5 Magnetpulverprüfung	9
5.3.6 Wirbelstromprüfung	9
5.3.7 Aktive Thermographie	9
5.3.8 Rauheitsmessung	10
5.3.9 Durchstrahlungsprüfung	10
5.3.10 Computertomographie	10
5.3.11 Ultraschallprüfung - Impuls-Echo-Verfahren	11
5.3.12 Ultraschallprüfung - Phased-Array-Verfahren	11
5.3.13 Ultraschallprüfung - Ultraschallmikroskopie	12
5.4 Zerstörende Prüfverfahren	12
5.4.1 Allgemeines	12
5.4.2 Chemische Zusammensetzung	12
5.4.3 Metallographische Prüfung	12
5.4.4 Härteprüfung	13
5.4.5 Quasistatische Kennwerte	13
5.4.6 Bruchzähigkeit (K_{Ic})	14
5.4.7 Ermüdungsrisswachstum (ΔK_{th}), Risswachstumskurve (da/dN -Kurve)	14
5.4.8 Dauerschwingversuch	14
5.4.9 Weitere zerstörende Prüfverfahren	14
6 In-situ-Prozessüberwachung	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Optische Überwachung	15
6.2.1 Schmelz- und Erstarrungsprozess	15
6.2.2 Pulverauftrag	15
Literaturhinweise	16

Vorwort

Diese Norm wurde von interessierten Experten des NA 131-02-06 AA „Additive Fertigungsverfahren in der Luft- und Raumfahrt“ des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gibt Informationen über die Prüfung von additiv gefertigten, metallischen Produkten (Bauteile und Proben), die durch Pulverbettverfahren hergestellt wurden. Zerstörende und zerstörungsfreie Prüfverfahren werden hinsichtlich ihrer Eignung bewertet. Für additiv gefertigte Produkte, die aus metallischen Drähten oder Stäben hergestellt sind, wird auf die einschlägigen schweißtechnischen Normen (z. B. DIN 29595) verwiesen.

Diese Norm ist für den Bereich der Luft- und Raumfahrt anzuwenden, sie kann jedoch auch für andere Bereiche vereinbart werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

E DIN 35225, *Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau — Prüfung von Bedienern für pulverbettbasierte Laserstrahlanlagen zur additiven Fertigung*

DIN EN 4179, *Luft- und Raumfahrt — Qualifikation und Zulassung des Personals für zerstörungsfreie Prüfungen*

DIN ISO 24394, *Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau — Prüfung von Schweißern und Bedienern von Schweißeinrichtungen — Schmelzschweißen von metallischen Bauteilen (ISO 24394:2008 + Amd. 1:2013)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Additive Fertigung
Prozess zum Fügen von Materialien zur Herstellung von Bauteilen oder Objekten aus 3D-Modelldaten, üblicherweise Schicht-für-Schicht, im Gegensatz zu subtraktiven und umformenden Herstellungsmethoden.

[QUELLE: E DIN 35225:2016, Begriff 3.x]

3.2 Verantwortliche Entwicklungsstelle
Organisation, die für die konstruktive Ausführung verantwortlich ist.

[QUELLE: in Anlehnung an DIN ISO 24394, Begriff 3.7]

4 Besonderheiten von additiv durch Pulverbettverfahren hergestellte metallische Produkte

4.1 Allgemeines

Bedingt durch den schichtweisen Aufbau der Produkte können diese besondere Eigenschaften und Merkmale aufweisen.

Nachfolgend sind die wichtigsten charakterisiert:

Oberflächenrauigkeit

Die Oberflächenrauigkeit ist von folgenden Faktoren abhängig: Schichtdicke des Pulverauftrags, Positionierung und Orientierung des Produktes im Bauraum, Pulverkornfraktion, Werkstoff und den Prozessparametern.

Lagenfehler

Hierbei handelt es sich beispielsweise um ungenügende Verschmelzung einzelner Pulverlagen oder mangelnde Überlappungen. Dabei ist insbesondere zwischen Lagenfehler aufgrund der Belichtungsstrategie, der Wärmeeinbringung und des Pulverauftrags zu unterscheiden. Weitere Einflussgrößen sind maschinen- und pulverseitig zu berücksichtigen.



Bild 1 — Beispiel für Hohlräume, überwiegend durch fehlerhaften Lagenaufbau hervorgerufen (Laserstrahl-Pulverbettverfahren, Titan 6AlV4)

Risse

Es sind folgende Rissarten zu unterscheiden:

- Spannungsrisse, verursacht durch Temperaturgradienten innerhalb oder zwischen den aufgeschmolzenen Schichten.
- Heißrisse, verursacht durch Erstarrungsgradienten innerhalb oder zwischen den aufgeschmolzenen Schichten.

Die Neigung zur Rissbildung ist abhängig von der Materiallegierung.

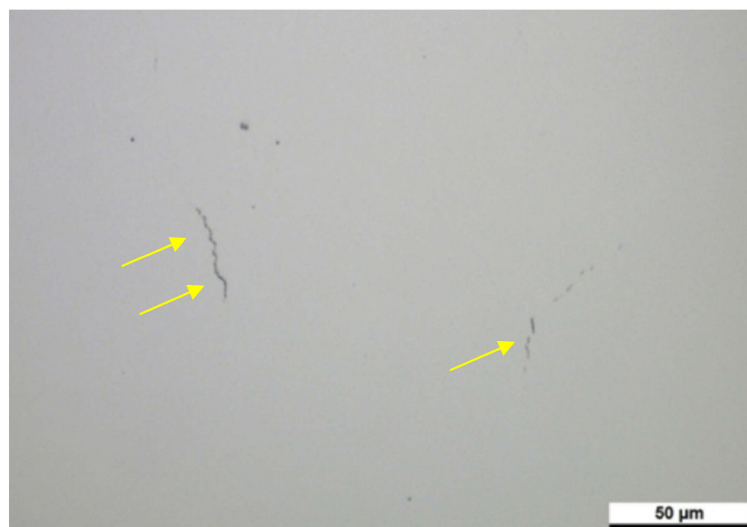


Bild 2 — Beispiel für Mikrorisse an der Oberfläche (Laserstrahl-Pulverbettverfahren, Titan 6AlV4)

Hohlräume

Es ist zwischen verschiedenen Arten von Hohlräumen zu unterscheiden:

- Hohlräume durch Schwindung aufgrund der Materialschrumpfung werden Lunker genannt. Diese können beliebige Formen annehmen, sind in der Regel jedoch scharfkantig umgrenzt.
- Hohlräume aufgrund der Bildung von Gasen während des Herstellprozesses äußern sich als Poren, deren Form meist kugelig erscheint. Häufig sind solche Poren zu mehreren linienartig aneinandergereiht (Porenkette).
- Hohlräume aufgrund von fehlerhaftem Lagenaufbau oder ungenügender Aufschmelzung können zwischen den einzelnen Schichten auftreten.

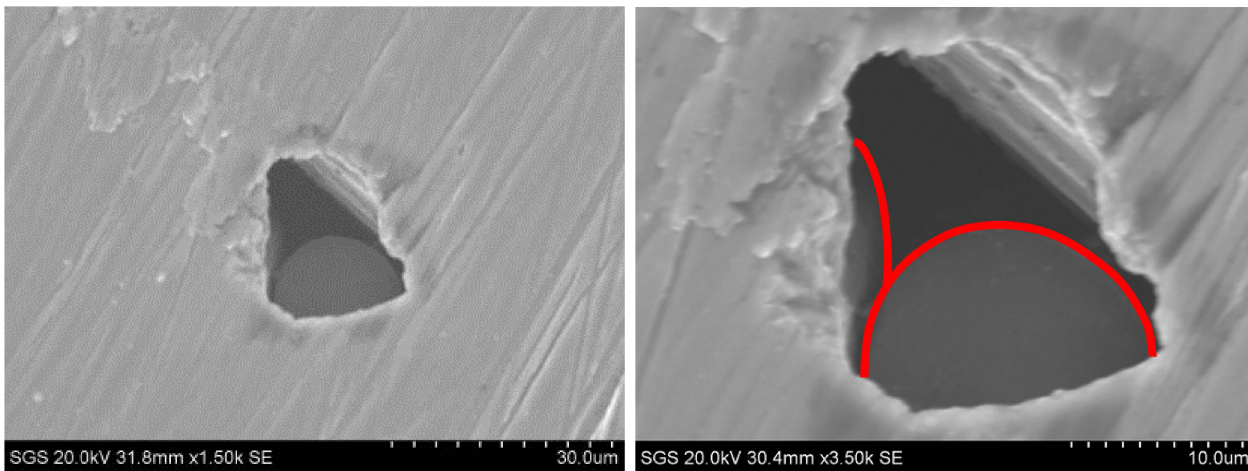


Bild 3 — Beispiel für einen Hohlraum durch nicht aufgeschmolzenes Pulver

In der Praxis ist auch mit Mischformen der oben genannten Hohlraumarten zu rechnen.

Poren, Lunker

Poren sind gasgefüllte Hohlräume, die sowohl innerhalb des Materials als auch an dessen Oberfläche auftreten können. Aufgrund ihres Entstehungsmechanismus sind Poren meist kugelig oder auch rundlich langgezogen (Schlauchporen). Wenn Poren örtlich gehäuft vorhanden sind, spricht man auch von Porennestern bzw. Porenketten. Gründe für das Entstehen von Poren können sein:

- Gasentwicklung während des Schmelzvorganges aufgrund des Freiwerdens von Verschmutzungen oder Oxiden im Pulver
- Verwirbelung des Schmelzbades, hervorgerufen z.B. durch Schutzgasströmung oder thermodynamische Effekte.

Lunker sind Hohlräume, die durch Schrumpfeffekte des Materials während der Abkühlung hervorgerufen sind. Sie sind unregelmäßig und meist scharfkantig geformt. Bei der additiven Fertigung nach dem Pulverbettverfahren können Lunker auch durch fehlerhafte Lagenbeschichtung oder unvollständiges Schmelzen der Pulverlage entstehen (siehe auch: „Lagenfehler“).

Hohlräume können auch auftreten, falls das verwendete Pulver bereits innere Hohlräume aufgewiesen hat.