

DB14

山 西 省 地 方 标 准

DB14/T 3424—2025

增材制造 金属选区激光熔化成形生产指南

2025-04-19 发布

2025-07-19 实施

山西省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

5 生产过程的要求 3

6 质量要求与检测方法 6

前 言

本文件按GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由山西省国防科学技术工业局提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对本文件的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省军民通用标准化技术委员会（SXS/TC35）归口。

本文件起草单位：太原航空仪表有限公司、太原科技大学、中北大学。

本文件主要起草人：张昕、郎贺明、翟剑雯、安寅平、杜文杰、陈俊卿、张英豪、任瑞波、张家华、白培康、赵占勇、李玉新、王利卿、李忠华。

增材制造 金属选区激光熔化成形生产指南

1 范围

本文件给出了增材制造金属选区激光熔化成形生产指南的总体要求、生产过程要求和质量检测要求。
本文件适用于金属选区激光熔化成形增材制造生产的部件或组件从原材料、生产过程和后处理的全过程管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 228.1 金属材料拉伸试验 第1部分：室温试验方法
GB/T 2039 金属材料单轴拉伸蠕变试验方法
GB/T 3075 金属材料疲劳试验轴向力控制方法
GB/T 3246.1 变形铝及铝合金制品组织检验方法第1部分：显微组织检验方法
GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
GB/T 3488.1 硬质合金 显微组织的金相测定
GB/T 5168 钛及钛合金高低倍组织检验方法
GB/T 5817 粉尘作业场所危害程度分级
GB/T 6060.2 表面粗糙度比较样块 磨、车、镗、铣、插及刨加工表面
GB/T 6611 钛及钛合金术语和金相图谱
GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 13299 钢的显微组织评定方法
GB/T 14999.1 高温合金试验方法：第一部分纵向低倍组织及缺陷浸试验
GB/T 14999.2 高温合金试验方法：第一部分横向低倍组织及缺陷浸试验
GB/T 18851.1 无损检测渗透检测 第1部分：总则
GB/T 25745 铸造铝合金热处理
GB/T 29070 无损检测工业计算机层析成像（CT）检测通用要求
GB/T 35351 增材制造 术语
GB/T 37584 钛及钛合金制件热处理
GB/T 39191 不锈钢和耐热钢件热处理
GB/T 39192 高温合金件热处理
GJB 1187A 射线检验

3 术语和定义

GB/T 35351界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数据处理 data processing

对三维数据模型进行成形角度设置、成形位置选择、辅助结构添加、切片处理和工艺参数设置等的处理过程。

3.2

支撑 support

为了在制造过程中为制件提供底座和力学支撑而创建的独立于制件几何的结构。

4 总体要求

4.1 操作人员

4.1.1 从事增材制造的人员应按照增材制造技术从业人员相关要求和选区激光熔化成形专用设备相关要求进行培训，经过培训考核合格后持证上岗。

4.1.2 从事热处理的人员应熟悉本职业务，具有一定的专业理论知识和实践经验，按照本行业相应规定经过培训、考核，取得合格证，持证上岗。

4.2 设备

4.2.1 金属选区激光熔化成形生产设备应具备以下条件：

- a) 选区激光熔化成型设备应具备合格证明、运转正常，具备良好的密封性、稳定的激光源和光路系统、精密铺粉系统、气路循环系统，激光防护装置、惰性气体检测装置；其中激光源可配置多源激光源，提升生产效率；铺粉系统机械精度宜在 $\pm 5\ \mu\text{m}$ 。
- b) 设备应配有完整的使用说明、点检记录和运行记录；
- c) 选区激光熔化成形设备应保持内外洁净、通风良好，金属粉尘应符合 GB 5817 的规定；
- d) 选区激光熔化成形设备应一直备有防辐射、防粉尘等防护用品；
- e) 需定期进行检验校对和保养，保证正常无误后继续使用。

4.2.2 对金属选区激光熔化成形的制件进行热处理的设备应具备以下条件：

- a) 用于选区激光熔化成形制件热处理工艺的加热设备为真空炉或惰性气体炉。炉内支架、夹具、托盘和通风装置等应保证每一制件均能按本标准进行热处理；
- b) 所有与制件接触的托盘、支架或夹具一般由耐热金属制成。在加热过程中，夹具应保证制件周围的加热介质能自由流动。

4.3 原材料

4.3.1 粉末一般要求

选区激光熔化成形使用的原材料粉末应为实心固体颗粒状态，无目视可见的杂物，松装密度和振实密度可根据具体使用需求进行要求。粉末粒度D90不大于 $63\ \mu\text{m}$ ，化学成分应符合国标牌号要求或使用需求。

4.3.2 粉末的使用

原材料粉末的使用应符合以下要求：

- a) 粉末在使用前应经过对应目数的筛网过筛；
- b) 不同批次粉末可混合使用，过筛混合均匀后，应重新进行检测，粉末化学成分、粒径应符合要求，检测合格后使用；

- c) 成形舱内、收粉桶内回收的粉末以及制件清理出的粉末允许过筛后循环使用，单批次粉末循环使用 10 次后，对粉末重新进行检测，检测合格后可使用；
- d) 成形舱残留粉末和循环系统中的粉末不允许循环使用；
- e) 领用的粉末应有质量保证单，材料应在专用库房存放，标识明显，通风干燥；
- f) 原材料粉末具有一定的可燃性，在粉末的装填、筛分、回收过程中，应根据设备操作要求，佩戴防静电设施，同时防止出现明火，引发安全生产事故。

4.3.3 粉末的贮存

金属粉末应存放于密闭的贮存容器中，若长时间不使用应向容器中充惰性保护气体并密封保存。装有金属粉末的密封容器应存放于干燥的室内环境中。

4.4 生产工艺

4.4.1 金属选区激光熔化成形选用的生产工艺应针对典型结构件开展相应合金材料的工艺性试验确认，对成形过程中的应力变形、成形缺陷进行控制，确保结构件的整体顺利成形。通过试制工艺试件来确认所设定的工艺参数符合设计需求和工艺控制要求。

4.4.2 金属选区激光熔化成形过程属于特殊过程，应根据使用需求做特殊过程确认。

4.5 环境

金属选区激光熔化成形生产环境应符合以下要求：

- a) 选区激光熔化成形车间应安装防激光辐射装置，激光器设备保证光学封闭，以确保操作人员安全；
- b) 选区激光熔化成形设备使用车间应保持洁净和通风良好，环境温度 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 60%；
- c) 选区激光熔化成形设备安装场地周围应无大的振动源，以保证设备的稳定性；
- d) 选区激光熔化成形设备使用车间所用电源电压应保持稳定，宜配置专用供电，应依照选区激光熔化成形设备、激光器等的电源说明书采用 $\text{AC}380\times(1\pm 0.05)\text{V}$ 或 $\text{AC}220\times(1\pm 0.05)\text{V}$ ，50Hz；
- e) 选区激光熔化成形设备使用现场噪声应控制在 GB 12348 相关要求的范围内；
- f) 选区激光熔化成形设备使用车间粉尘应符合 GB/T 5817 的相关规定及要求；
- g) 选区激光熔化成形设备生产现场应配有氧气浓度检测报警装置。

5 生产过程的要求

5.1 生产流程

金属选区激光熔化成形生产流程应遵循以下流程：

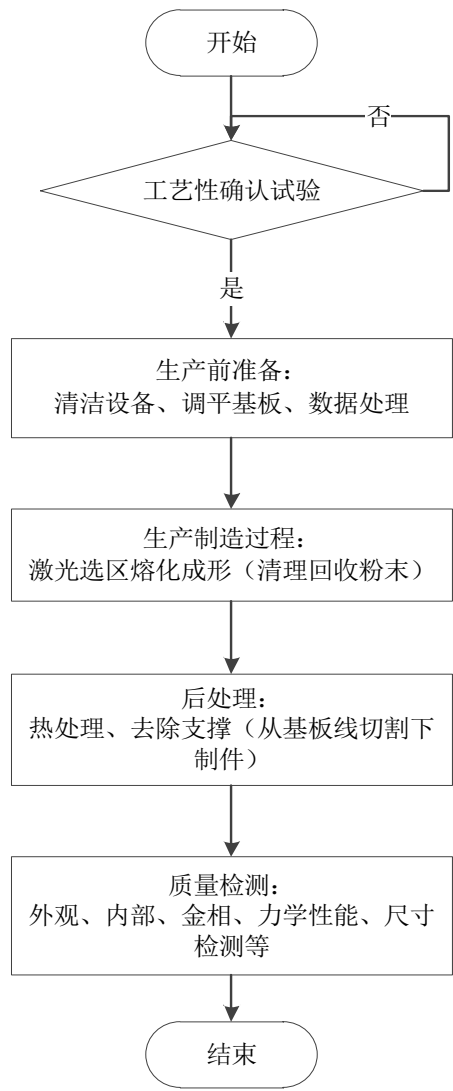


图 1 金属激光选区熔化成形生产流程

5.2 工艺性试验确认

- 5.2.1 工艺性试验确认主要包括性能试件的制备与试验，数据处理后形成的固化参数包，特殊过程确认。
- 5.2.2 因金属激光选区熔化成形的特殊特性，需根据使用方的使用需求、结合检验方法提供的技术文件要求，基于所使用的选区激光熔化成形设备，针对典型结构件开展相应合金材料的工艺性试验确认，对成形过程中的应力变形、成形缺陷进行控制，对材料力学性能和其他性能进行试验摸底，对采用的支撑结构进行验证，确保结构件的整体顺利成形。
- 5.2.3 数字模型的处理应符合对应设备的成型区域和参数要求。根据制件的三维模型特点，以制件成形完整性和不浪费粉末材料为原则对其进行辅助支撑结构设计和添加、层片信息处理、扫描路径设计及成形工艺参数（激光功率、扫描速度等）设置，生成选区激光熔化成形专用程序参数包。参数包保存名称应完整且易区分，可以包含但不限于制件图号、名称、材料牌号、版本号。
- 5.2.4 完成建模和处理后应进行仿真计算，以优化结构、加工风险排查、降低应力集中。应根据仿真结果对数据模型进行调整，以满足上述目的。

5.2.5 工艺性试验确认应包含特殊过程确认，通过试制工艺试件来确认所设定的工艺参数符合设计需求和工艺控制要求。其中力学性能试件应按成形区域布置三横三竖制造。特殊过程确认与制造的制件的工艺过程完全相同。相同牌号的制件特殊过程确认在有效期内可只做一次。

5.2.6 工艺性试验确认和特殊过程确认完成后，方可进行正式产品制造。

5.3 生产前准备

5.3.1 设备清洁

5.3.1.1 使用清洁工具与设备对成形区域、供粉仓和收粉仓的侧壁进行清洁，使用湿式吸尘器对传感器探头和传动机构周围进行吸附处理，对振镜表面和观察窗口使用拭镜纸蘸取浓度 75%酒精进行擦拭。若与上批次成形粉末牌号相同，清洁次数不少于 3 次，若与上批次成形粉末牌号不同，清洁次数不少于 8 次。

5.3.1.2 对循环系统进行反吹处理，废料桶的废粉进行隔绝清理。

5.3.2 基板调平

成形使用基板应选用与成形材料牌号相同或相近的金属。调平刮刀与基板间隙，使用百分表与塞尺检测，要求不同的三个位置点与刮刀间隙不得超过0.05mm。

5.3.3 数据传输

数据传输就是把工艺性试验确认过程确定的固化参数包上传成形设备。

5.4 生产制造过程

5.4.1 开通惰性保护气源。

5.4.2 核对生产任务和参数包名称。

5.4.3 启动生产任务。

5.4.4 成形结束后清理制件周围与内腔的粉末，确保清理出制件后的多余粉末仍留在设备内，以供循环使用。清理过程中注意操作人员的防护。

5.4.5 对清理出的粉末根据不同粉末材料的技术要求进行过筛处理，处理后的粉末仍装入原包装桶保存，若长时间不使用应对粉末包装桶充入惰性保护气体。

5.4.6 生产过程中应对设备运行情况、铺粉完整效果、惰性气体压力、氧气浓度、铺粉率等参数定时巡检，并做好监控记录。

5.5 后处理

5.5.1 热处理

选区激光熔化成形后，对带基板的成形件进行去应力退火热处理，不同材料的热处理要求不同，具体应为：

- a) 铝合金材料热处理应按GB/T 25745及其他相关热处理技术要求；
- b) 钛合金热处理应按GB/T 37584及其他相关热处理技术要求；
- c) 高温合金热处理应按GB/T 39192及其他相关热处理技术要求；
- d) 不锈钢热处理应按GB/T 39191及其他相关热处理技术要求。

5.5.2 支撑去除

以电切削加工的方式把成形制件从基板切割下来，通过机加或人工的方法去除成形制件的支撑结构。

6 质量要求与检测方法

6.1 一般规定

金属激光选区熔化成形制件在成形结束后应对其进行质量检测，检测内容主要包括外观质量、内部质量、金相、力学性能、尺寸。

6.2 外观质量

目视检测制件表面质量，确认制件表面无明显传统表面缺陷；依据检验方法技术要求，用标块对比法或触针式仪器法按照GB/T 6060.2规定，进行表面粗糙度检验，制件表面粗糙度Ra值应满足检验方法要求。依据GB/T 18851.1规定，对成形制件表面进行荧光渗透检验，并根据检验方法技术文件要求出具表面荧光检测合格报告。

6.3 内部质量

产品内部质量无法直接检查，可通过射线透射设备进行检查：

a) 依据GB/T 3323或GJB 1187A射线检验规定，对选区激光熔化成形制件内部质量进行X射线探伤检测，并根据相应检验方法技术文件要求出具X射线探伤检测合格报告。

b) 依据GB/T 29070 工业CT检验规定，对钛合金选区激光熔化成形制件内部质量进行工业CT检测，并根据相应检验方法技术文件要求出具CT检测合格报告。

6.4 金相

按照GB/T 3488.1、GB/T 5168、GB/T 6611、GB/T 3246.1、GB/T 13299、GB/T 14999.1、GB/T14999.2进行制样及金相显微组织观察，放大倍数、观察组织结构等的要求符合相应结构制件制造技术文件要求，并出具相应显微组织检测报告。

6.5 力学性能

依据相应技术要求及产品设计技术要求，在成形制件或是辅助增加结构件上取相应技术要求的力学性能试样或随炉打印力学性能试样。以GB/T 228.1、GB/T 2039、GB/T 3075标准作为依据，进行力学性能测试，并出具相应力学性能检测报告。要求成形制件相应技术要求状态下的力学性能满足检验方法技术要求。

6.6 尺寸

选区激光熔化成形结构制件的外形尺寸由专职检验人员依据制件图纸和技术文件要求进行检验，检测结果应在型面及尺寸公差范围内。