



中华人民共和国国家标准

GB/T 39252—2020

增材制造 金属材料粉末床熔融工艺规范

Additive manufacturing—Specification for powder bed fusion process of
metal materials

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。
请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。
本标准由中国机械工业联合会提出。
本标准由全国增材制造标准化技术委员会(SAC/TC 562)归口。

本标准起草单位:湖南华曙高科技有限责任公司、广东汉邦激光科技有限公司、西安赛隆金属材料有限责任公司、无锡市产品质量监督检验院、北京鉴衡认证中心有限公司、中机生产力促进中心、中国航空综合技术研究所、中国航发北京航空材料研究院、西安航天发动机有限公司、广东省材料与加工研究所、中国计量大学、鑫精合激光科技发展(北京)有限公司、珠海天威飞马打印耗材有限公司、机械科学研究总院集团有限公司、南京理工大学、南京中科煜宸激光技术有限公司、浙江亚通焊材有限公司、四川荷斐斯科技发展有限公司、西门子(中国)有限公司、青岛理工大学、中国工程物理研究院机械制造工艺研究所、安徽拓宝增材制造科技有限公司、西北有色金属研究院、深圳市威勒科技股份有限公司、山东创瑞增材制造产业技术研究院有限公司、哈尔滨福沃德多维智能装备有限公司、上海探真激光技术有限公司。

本标准主要起草人:许小曙、刘建业、汤慧萍、朱应陈、贾存锋、薛莲、栗晓飞、梁家誉、杨欢庆、黄正华、杨幽红、唐平、王会杰、张涛、单忠德、刘婷婷、华晨、史金光、程丰、李长鹏、兰红波、杨家林、李海斌、张成林、王建、徐峰、徐玄、吕忠利、刘锦辉、徐志明。



增材制造 金属材料粉末床熔融工艺规范

1 范围

本标准规定了金属材料粉末床熔融工艺的一般要求、工艺过程、质量检验和技术资料交付。
本标准适用于以激光和电子束为能量源的金属材料粉末床熔融工艺。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 6003.1 试验筛 技术要求和检验 第1部分:金属丝编织网试验筛

GB 8702 电磁环境控制限值

GB/T 11651 个体防护装备选用规范

GB 15577 粉尘防爆安全规程

GB/T 15605 粉尘爆炸泄压指南

GB 25493 以激光为加工能量的快速成形机床 安全防护技术要求

GB/T 35022 增材制造 主要特性和测试方法 零件和粉末原材料

GB/T 35351 增材制造 术语

GB/T 37698 增材制造 设计 要求、指南和建议

GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范

GB/T 39247 增材制造 金属制件热处理工艺规范

GB/T 39254 增材制造 金属制件机械性能评价通则

ISO/ASTM 52921 增材制造术语 坐标系统和测试方法 (Standard terminology for additive manufacturing—Coordinate systems and test methodologies)

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

随炉样品 sample along with part

在零件或实物成形的同时,额外制备的同制造批次样坯或试样。

4 一般要求

4.1 人员

操作者应接受培训,考核合格后才能操作设备,培训应由设备厂商或已接受培训并合格的人员来实施。

注:培训内容包括但不限于粉末床熔融设备和辅助设备的操作、维护、校准、软件使用、安全防护、原材料处理、后处理、数据处理、异常情况处理等。

4.2 设备

4.2.1 设备组成

粉末床熔融设备通常包括但不限于能量源(激光或电子束源)、扫描系统、粉末供给系统、成形腔、铺粉系统、气氛保护系统、循环过滤系统、预热系统、冷却系统、取件系统(非全自动)、真空系统(适用于电子束为能量源的设备)、控制系统等。

4.2.2 设备验收

粉末床熔融设备的检验验收应按照设备厂家提供的验收标准或供需双方协定的相关标准验收,合格后才能使用。

4.2.3 维护保养

4.2.3.1 操作者应根据粉末床熔融设备的使用说明书制定维护保养计划,维护保养内容按设备厂商使用说明书或相关标准要求执行。

4.2.3.2 应定期对能量源、扫描系统等进行校准。

4.2.3.3 维护或校准结果应记录,记录的保存时间按设备厂商使用说明书要求。

4.3 原材料

4.3.1 性能

金属粉末的主要性能指标包括:化学成分、粒度及粒度分布、流动性、氧含量、球形率、松装密度、空心粉率等。金属粉末的牌号和化学成分应符合相关标准要求,或者在制造前由供需双方协商确定。金属粉末检验指标应根据工艺要求确定,其他特殊要求需供需双方协商确定。除供需双方协商确定外,检验方法应按照 GB/T 35022 规定的要求执行。

4.3.2 重复使用

使用过的粉末过筛后经检测符合 4.3.1 的要求时可以重复或混合使用,并重新编制批号,注明重复使用次数和混合比例,筛网应符合 GB/T 6003.1 的规定;使用过的粉末过筛后经检测不符合 4.3.1 的要求时,由供需双方协商确定其使用或采用环保方式处理。

4.3.3 交付及贮存

4.3.3.1 粉末供应商应提供粉末的安全技术说明书和质量证明书,质量证明书应包括但不限于粉末牌号、批号以及物理和化学性能等指标。

4.3.3.2 粉末宜使用密闭、防静电、阻燃的容器存放在干燥、阴凉、无腐蚀的环境下,粉末贮存应按照粉末供应商提供的环境条件要求执行。

4.3.3.3 应采取必要措施防止粉末在使用、贮存、运输、筛分、清理等过程中被污染。

4.4 环境

4.4.1 工作环境

粉末床熔融设备和粉末推荐的工作环境如下:

- a) 环境温度:5℃~35℃;
- b) 相对湿度:≤75%。

4.4.2 场地要求

安装设备的场地应具备良好的通风和照明条件,应按照 GB 50019 的规定执行。地面承载力应符合设备厂商的要求。

4.4.3 磁场

磁场要求主要适用于以电子束为能量源的粉末床熔融设备,其所处环境的磁场强度应不影响电子束聚焦和扫描偏转控制。

4.5 安全

4.5.1 以激光为能量源的粉末床熔融设备安全防护应符合 GB 25493 的规定。

4.5.2 以激光为能量源的粉末床熔融设备成形腔的防爆泄压装置应符合 GB/T 15605 的规定。

4.5.3 以电子束为能量源的粉末床熔融设备其周围电磁辐射应符合 GB 8702 的规定。

4.5.4 粉末床熔融设备应保持良好接地。

4.5.5 粉末在使用、贮存、清理、筛分等过程中的操作及相关设备防爆安全应符合 GB 15577 的规定。

4.6 人员防护

4.6.1 操作人员应按照 GB/T 11651 的规定使用劳动保护用品。

4.6.2 必要时,建议在使用保护气体的操作场所为操作人员配备呼吸保护装置。

5 工艺过程

5.1 流程图

典型的金属材料粉末床熔融工艺流程见图 1。

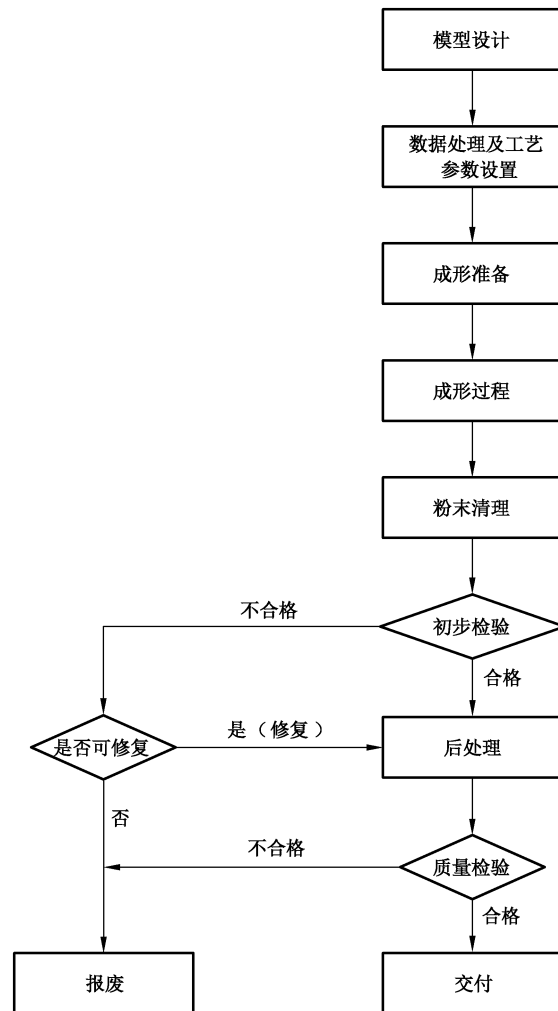


图 1 典型的工艺流程图

5.2 模型设计

5.2.1 设计者可以通过三维软件建模或对实体进行扫描等方式获得零件模型。

5.2.2 零件的模型设计应符合 GB/T 37698 的有关规定。

5.3 数据处理及工艺参数设置

5.3.1 数据处理应包括但不限于文件编辑、格式转换、支撑设计、切片、扫描路径规划等。

5.3.2 数据文件的格式应符合设备要求,模型文件应为粉末床熔融设备软件能识别的格式,如 STL、AMF、3MF、OBJ 等。操作者在执行数据处理(如格式转换、切片等)过程中应保证数据不丢失、可追溯,并完整记录相关内容,记录的内容参见附录 A。

5.3.3 应根据零件的结构、性能要求、成形时间、支撑去除、粉末清理难易程度等因素确定其成形方向和摆放位置。同时,应检查各零件之间的间隙,保证各零件之间不发生相互干涉。

5.3.4 对于需要添加支撑结构的零件,应考虑支撑的类型、数量以及支撑的去除等因素。

5.3.5 试样可在零件上直接取样,也可单独成形随炉样品。

5.3.6 应确定随炉样品的数量、成形方向和摆放位置。

5.3.7 零件以及试样的方向和位置描述应符合 ISO/ASTM 52921 中的规定。

5.3.8 根据材料类型和零件性能设置相应参数,可参考粉末床熔融设备厂商提供的工艺参数包。

5.4 成形准备

5.4.1 原材料

用于成形制造的原材料应符合 4.3 的要求。

5.4.2 保护气体

根据工艺要求确定是否需要保护气体(如氮气、氩气、氦气等),使用保护气体时其纯度应不小于 99.9%。

5.4.3 设备

5.4.3.1 粉末床熔融设备应处于完好状态。

5.4.3.2 成形平台的材料应与原材料具有良好的冶金相容性,厚度、平面度和粗糙度满足工艺要求,在使用前应清除表面的杂质、油污。成形平台按要求安装固定后,成形平台与铺粉器之间的平行度和距离应符合粉末床熔融设备厂家的规定。

5.4.3.3 添加不同牌号或批次的粉末前应将成形室清理干净,避免产生交叉污染。

5.4.3.4 确保成形室保护气体类型、氧含量、真空度(电子束)、气体压力及成形平台预热温度等满足成形工艺条件。

5.5 成形过程

5.5.1 成形过程由计算机辅助完成。

5.5.2 应对主要工艺参数进行记录,具体的工艺参数监控和记录由供需双方协商确定。

5.5.3 成形过程中如出现中断,应对中断状态进行记录和评估,并根据评估结果进行处置。

5.5.4 工艺参数对零件成形质量的影响参见附录 B。

5.6 粉末清理

5.6.1 成形完成后宜将零件在保护气氛或真空环境下冷却到环境温度或者特定温度下再进行粉末清理。

5.6.2 粉末清理可采用防静电毛刷、防爆吸尘器、高压气等进行清理。粉末清理过程中不应损坏零件。

5.6.3 清理粉末操作过程中的安全及人身防护应符合 4.5、4.6 的要求。

5.7 初步检验

5.7.1 成形完成后对零件进行初步检验,包括但不限于外观缺陷、外形尺寸、表面质量等。

5.7.2 在不影响客户预期使用要求情况下,可以通过对零件采用修补、变形校正、机械加工等补救方式来满足要求。

5.8 后处理

5.8.1 热处理

5.8.1.1 成形后的零件及随炉样品可根据需要进行去应力退火处理。

5.8.1.2 根据零件的使用要求或供需双方的技术协议采用相应的热处理以改善组织性能。

5.8.1.3 对内部质量有特殊要求的零件可进行热等静压处理。

5.8.1.4 热处理应符合 GB/T 39247 的有关规定。

5.8.2 零件移除

从成形平台移除零件时不应破坏零件和影响零件性能。常用的零件移除方法有机械加工、手工去除等。

5.8.3 去支撑

如需去除支撑时不应破坏零件和影响零件性能。常用的去支撑的方法有机械加工、手工去除等。

5.8.4 表面处理

成形后的零件表面是否需要处理由供需双方协商确定,常见的表面处理方法有喷砂、打磨、抛光、磨粒流、精磨、机械加工、电化学腐蚀等。

6 质量检验

6.1 要求

6.1.1 零件交付前应进行必要的质量检验,由供需双方协商确定抽检方式、检测项目以及技术指标作为交付和验收条件。

6.1.2 零件主要特性和测试方法应满足但不限于 GB/T 35022 的规定。

6.1.3 零件机械性能评价应符合 GB/T 39254 的规定。

6.2 复检

需方可根据双方协定按 6.1 的要求进行复检,复检结果不合格时,由供需双方协商解决。

7 技术资料交付

交付的零件应包含但不限于以下信息:

- a) 供应商信息(名称、地址和联系方式);
- b) 零件名称和材料牌号或成分;
- c) 零件合格证明文件;
- d) 执行标准编号;
- e) 零件数量;
- f) 生产日期;
- g) 后处理记录;
- h) 产品包装、运输、贮存等要求。

附 录 A
(资料性附录)
记 录

A.1 软件信息

记录成形过程中所涉及的软件名称、版本等信息,如设计软件、预处理软件(如切片软件、支撑软件等)、控制软件以及操作系统等。

A.2 数据信息

记录零件成形数据,主要包含零件模型数据和数据处理等信息。

A.3 成形过程记录

成形过程记录包含但不限于以下信息:

- a) 原材料厂家、牌号、性能以及批号;
- b) 粉末重复使用情况,包括筛分、重复使用次数、合批次数、合批比例等;
- c) 成形平台材质、厚度;
- d) 保护气体种类、纯度、流量;
- e) 以激光为能量源的成形工艺参数,包括成形腔氧含量、成形平台预热温度、铺粉层厚、激光功率、扫描速度、扫描策略、光斑尺寸等;
- f) 以电子束为能量源的成形工艺参数,包括电子束束流大小、扫描速度、扫描策略、成形室真空度、铺粉层厚、成形平台预热温度等;
- g) 电子束成形完成后成形腔温度;
- h) 后处理,包括所有的机械加工、化学处理、热处理等;
- i) 中断及处置信息。

附 录 B

(资料性附录)

工艺参数对零件成形质量的影响

表 B.1、表 B.2 分别给出了以激光、电子束为能量源的增材制造金属粉末床熔融工艺参数对零件成形过程和质量的影响。

表 B.1 工艺参数对零件成形质量的影响:激光类

序号	工艺参数	描述	对成形过程和质量的影响
1	成形平台预热温度	成形前对成形平台加热到达的温度	成形平台温度影响冷却速率、微观结构和性能,避免零件受热不均变形
2	保护气体	成形腔体保护气体的类型和纯度	影响零件化学成分和性能
3	成型室氧含量	成形腔和回收循环系统的氧气含量	高氧含量会导致材料一些元素氧化
4	铺粉速度	铺粉器在成形区域的移动速度	铺粉速度会影响粉床初始密度、零件微观组织和表面质量等
5	铺粉层厚	熔融前铺展在成形平面上的粉末厚度	影响零件表面质量、强度和致密度等
6	激光功率	激光器的输出功率	影响零件致密度、表面质量等
7	扫描间距	相邻扫描线之间的距离	影响零件的密度和表面粗糙度
8	扫描速度	成形时,激光在成形平面移动的速度	影响零件密度、零件质量和成形效率等
9	光斑尺寸	激光在成形平面的聚焦光斑	影响零件成形精度和成形效率等
10	扫描策略	激光在成形平面移动的轨迹	影响零件成形质量和成形效率等

表 B.2 工艺参数对零件成形质量的影响:电子束类

序号	工艺参数	描述	对成形过程和质量的影响
1	光斑直径	电子束在成形平面的聚焦光斑尺寸	影响零件表面质量和性能
2	成形平台预热温度	成形前对成形平台加热所达到的温度	影响零件的成形质量
3	扫描策略	电子束在成形平面移动的轨迹	影响零件成形质量和成形效率等
4	铺粉层厚	铺粉器完成一个行程后在工作面上产生的粉末厚度	影响零件成形质量、成形效率和致密度
5	粉末预热	每次铺粉完成后对粉末的加热	影响零件成形质量,减小热应力
6	熔化功率/扫描速度	依据成形材料性质制定的最佳比值	影响零件致密度和力学性能
7	扫描速度	电子束在成形平面移动的速度	影响零件成形质量和效率
8	保护气体	成形过程的保护气体	粉末的保护作用,防止电离和氧含量的增加,影响零件性能
9	栅压	成形时需要的电压	影响零件的成形质量和成形效率

参 考 文 献

- [1] GB/T 35021 增材制造 工艺分类及原材料
 - [2] ISO/ASTM 52901:2017 Additive manufacturing—General principles—Requirements for purchased AM parts
 - [3] ASTM F3049-14 Standard Guide for Characterizing Properties of Metal Powders Used for Additive Manufacturing Processes
-

