

团 体 标 准

T/CAMMT 95—2025

粉末床增材制造超洁净墨路循环系统工艺 规范

Process specification for ultra clean ink circulation system in powder bed additive
manufacturing

2025-12-18 发布

2025-12-18 实施



中国机械制造工艺协会 发布

前 言

本文件按照 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。

本文件由中国机械制造工艺协会提出。

本文件由中国机械制造工艺协会标准化工作委员会归口。

本文件主要起草单位：南京航空航天大学无锡研究院、南京航空航天大学、中国机械科学研究总院集团有限公司、潍柴动力股份有限公司、通用技术集团机床工程研究院有限公司，中国机械总院集团沈阳铸造研究所有限公司、南京长江工业技术研究院有限公司、中国航发哈尔滨东安发动机有限公司、上海航天精密机械研究所

本文件主要起草人：杨浩秦、单忠德、闫丹丹、陈子宇、汪俊、刘丰、孔祥浩、孙玉成、刘萌、郭智、姜二彪、刘志中、黄健、时皓铭、张学良、吴润谋、邹文兵、惠大可、刘孝福

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。

本文件版权归中国机械制造工艺协会所有。未经事先书面许可，本文件的任何部分不得以任何形式或任何手段进行复制、发行、改编、翻译、汇编或将本文件用于其他任何商业目的等。

粉末床增材制造超洁净墨路循环系统工艺规范

1 范围

本文件规定了粉末床增材制造超洁净墨路循环系统运行流程、技术要求、质量控制与检验等。本文件适用于粉末床增材制造过程中使用的超洁净墨路循环系统的设计与制造。

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 2684 铸造用砂及混合料试验方法
 GB/T 22237 表面活性剂 表面张力的测定
 GB/T 35351 增材制造 术语
 GB/T 39331 增材制造 数据处理通则
 GB 39800.1 个体防护装备配备规范 第1部分：总则
 GB/T 42156 铸造砂型 3D 打印设备 通用技术规范
 ASTM D1475—2013 液态涂料、墨水和相关产品密度的试验方法

3 术语和定义

GB/T 35351、GB/T 39331、GB/T 42156 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

粉末床增材制造 powder bed additive manufacturing

一种增材制造技术，将混有固化剂的粉末材料（粒度范围：20–100 μm）逐层铺设在成形平面上，并根据切片信息喷射一定黏度的粘结剂进行固化，逐层堆叠形成三维实体的技术。

3.2

树脂喷墨打印系统 resin inkjet printing system

基于微滴喷射技术，通过喷头将具有粘性和可塑性的高分子化合物墨滴精确喷射到打印工作平台上，将粉末材料粘结成形的技术。

3.3

超洁净墨路循环系统 ultra clean ink circulation system

通过多次过滤和循环，确保分子大小固定的墨滴进入喷头，喷墨时介质的质量与喷涂工件表面高精度的一种系统结构。

4 超洁净墨路循环系统运行流程

粉末床增材制造超洁净墨路循环系统，通过多次的墨路循环和过滤实现固定大小分子的墨滴喷射，流程如图1所示。

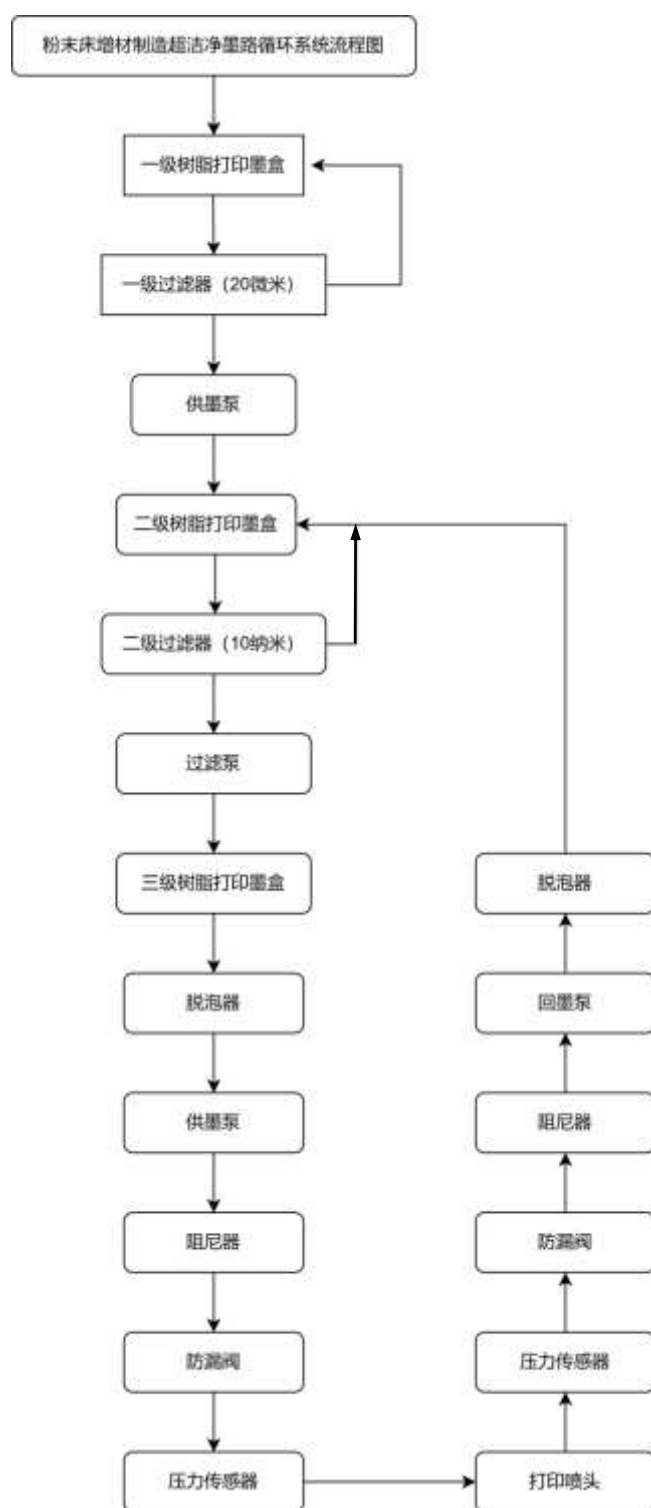


图1 粉末床增材制造超洁净墨路循环系统运行流程图

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 人员

操作者应为粉末床增材制造超洁净墨路打印系统的专业培训合格人员,同时具备常用三维建模软件、墨路打印系统和 3D 打印设备操作技能,未经培训或培训不合格人员不应操作设备。从事打印及后处理工作的人员要佩戴防护用品进行工作。

专业培训内容包括:粉末床打印的设备的操作、维护和校准、墨路系统软件使用、打印数据模型预处理、异常情况处理、设备易耗零部件检修及更换和故障排除、安全培训等。

5.1.2 设备

粉末床增材制造超洁净墨路系统包括墨路温度监测装置、墨路压力检测装置、墨路液位检测装置、过滤循环装置等。设备应配备合格证、用户使用说明等,且包含定期检查的项目、周期和标准等。

5.1.3 原材料

根据打印模型的性能和铸造要求,选择合适打印墨水。常用有丙烯酸、呋喃树脂、酚醛树脂和无机粘结剂等,墨水工艺参数参见附录 A。

墨水宜使用密闭、耐腐蚀、阻燃的容器存放在干燥、避光、温度在 15℃~30℃、无腐蚀的环境下,应采取必要措施防止墨水在使用、贮存、运输、清理等过程中被污染。除供需双方协商确定外,墨水的成分检验方法应按照 GB/T 22237、ASTM D1475 有关规定执行。

5.1.4 环境

粉末床制造超洁净墨路系统设备应在下列环境条件下正常运行:

环境温度 20℃~30℃;空气湿度在 35%~50%以内。场地应具备良好的通风和照明条件,保持打印区域整洁有序。

5.1.5 安全

墨路循环打印成形过程安全应符合 GB/T 42156 的规定。操作人员应按照 GB 39800.1 的规定使用劳动保护用品。

5.2 超洁净墨路循环系统

5.2.1 应能独立控制弯月面压力和墨水流量。

5.2.2 连接到循环供墨系统的每个打印头应承受相同的弯月面压力、墨水流速和温度。

5.2.3 在靠近喷墨打印头的位置测量墨水压力、温度,确保喷墨打印头处的墨水黏度符合规定。

5.2.4 当循环墨水供应系统连接多个喷墨打印头时,从压力歧管到每个打印头的墨水管路的长度和阻抗应相同,墨水管路的供墨和回墨歧管的压降应相同。

5.2.5 通过低压脉动特性的泵或压力脉冲衰减器(阻尼器)应能将压力脉冲降至最低。

5.3 墨路

5.3.1 墨盒

墨路系统通过三个墨盒实现墨路的循环过滤打印。其中,

a) 一级墨盒为标准的墨桶;

- b) 二级墨盒根据回墨与过滤的需求,设计相应数量的回墨管、排气管、吸墨管、进墨管、脱泡管、溢墨管及消泡板,墨盒应内置液位传感器与温度传感器时刻检测墨盒内液体的位置与温度;
- c) 三级墨盒根据供墨与过滤的需求,设计相应数量的供墨管、排气管、进墨管、溢墨管及消泡板,墨盒应内置液位传感器与温度传感器时刻检测墨盒内液体的位置与温度。

5.3.2 防溢墨装置

墨路系统应在每一回路的供墨回墨控制单元设计溢墨回流管,在二级墨盒和三级墨盒的液位最高处设计溢墨回流管,在总墨路箱体底部设计溢流管道。当系统出现故障时,溢墨能够接回一级墨盒中,重新过滤和循环。

5.3.3 电气元件布局

墨路系统中的电气元件应根据墨路循环流程图进行合理的空间布局,墨路循环系统中电路控制与液路控制布线应分开,所有电气元件安装应避免墨盒附近。

5.4 墨路系统装配要求

5.4.1 墨路循环系统中与墨水直接接触的零部件材料应具有耐腐蚀性,未与墨水直接接触的零部件材料宜采用Q235材料,零部件采用镀镍表面处理。

5.4.2 供墨系统中的二级墨盒与三级墨盒宜采用316不锈钢材料,盒内涉及管路焊接与传感器安装,宜采用激光焊接(满焊)工艺。焊接后应采用激光酸洗,去除焊接产生的弧斑,在盒子加工完成后应进行水压测试。

5.4.3 系统中所有管路接口都应采用聚四氟软管进行连接,软管与墨盒中的墨管、电气元件的接头处都采用过盈配合进行管路的密封。

5.4.4 系统在进行装配前,所有的管路与加工零部件需进行超声波清洗,确保无杂质,设备零部件安装完成后需采用清洗剂对循环的墨路系统进行内部清洗,等清洗剂全部排空后,方可进行墨路循环打印测试。装配工艺过程参见附录B。工艺记录单参见附录C。

6 质量控制与检验

6.1 墨路循环系统墨水

6.1.1 墨水流速

压力设置调节能够将墨水的流量控制在(110~150) mL/min,并独立控制弯月面压力和流量。

6.1.2 墨水温度

循环供墨系统应能够将墨水加热或冷却到正确的温度,当达到打印所需的黏度,系统稳定打印状态下供墨稳定墨水温度在30℃,喷头回流墨水温度在40℃~45℃。

6.1.3 墨水压力

打印头进墨管和出墨管之间的平均压力决定弯月面的压力值。进墨口由于流经打印头的液体路径是对称的,因此,弯月面压力应保持在(-10~-20) mbar范围内。弯月面压力仅为进墨口压力和出墨口压力的平均值。

6.1.4 墨水黏度

墨路循环系统中墨水的黏度宜在(10 - 50) mPa·s 范围,可根据打印模型的性能要求,调节墨路循环系统中的温度,通过温度对墨水的黏度进行调节。

6.2 检测方法

6.2.1 系统密封性

墨路循环系统中所有的密封容器,在加工完成后应进行耐腐性测试和耐压测试,密封容器内放置与比墨水腐蚀度高的次氯酸钠溶液,进行耐腐性测试。密封容器采用专业水压设备进行测试,耐压压力0.5MPa,保压1h。

6.2.2 系统洁净度

墨路系统中的结构件与管路在进行安装前应进行超声波清洗,设备安装完成后,应对循环系统进行内部循环清洗,经过多次内部的循环清洗,检测排出的液体无任何杂质后,方可进行墨路循环打印。

6.2.3 墨水洁净度

将墨路循环系统喷头处喷出的墨水,用干净的器皿进行收集,查看墨水中是否存在颗粒状杂质、纤维、气泡等,墨水分子的大小,应在喷头孔径之内。

6.2.4 性能测试

粉末床增材制造超洁净墨路循环系统加工打印砂型的强度(抗压、抗拉强度)、砂型发气量和透气性的测定应参照GB/T 2684的测量方法执行。其中砂型的抗拉强度不小于1MPa,抗压强度不小于2MPa,透气性 ≥ 200 ,发气量在12 mL/g~18mL/g。



附录 A
(资料性)
墨水工艺参数参考设置范围

粉末床增材制造超洁净墨路循环系统墨水工艺参数参考设置范围见表 A.1。

表 A.1 墨水工艺参数参考设置范围

参数名称	粘接剂类型	墨水黏度 (mPa · s)	喷射压力 (MPa)	干燥时间 (s)	固化温度 (°C)	固化时间 (h)
硅砂	酚醛树脂、呋喃树脂	100-500	0.2-0.5	10-30	150-250	1-3
陶粒砂	机硅树脂、环氧树脂	150-600	0.3-0.6	15-40	180-280	1.5-3.5
宝珠砂	丙烯酸酯类树脂、聚氨酯树脂	200-800	0.4-0.7	20-50	160-260	1-3
铬铁矿砂	碱性酚醛树脂	20-550	0.25-0.55	12-35	160-240	1-3

附录 B
(资料性)
装配工艺过程

粉末床增材制造超洁净墨路循环系统设备装配工艺过程见表 B.1。

表 B.1 装配工艺过程

工序	工序名称	工序内容	工艺装备
1	零件清洗与检查	使用超声波清洗机对所有待装配零件进行清洗，去除油污、铁屑等杂质。检查零件的尺寸精度、形状精度及表面质量，剔除不合格零件并做好记录	[超声波清洗机、量具（卡尺、千分尺等）]
2	基础件就位	将设备的箱体搬运至装配工位，使用水平仪调整其水平度，并箱体底部进行固定	[叉车、水平仪]
3	电气元件安装	将供墨泵、回墨泵、过滤器、脱泡器、电磁阀、等电器元件安装在箱体内，调整其相对位置，为后期的接管做准备，并按规定扭矩拧紧连接螺栓	[扭矩扳手、]
4	墨盒装配	将液位传感器、温度传感器安装在二级墨盒和三级墨盒上，调整其安装位置，并按照规定扭矩拧紧连接螺栓，墨盒装配完成后需检查墨盒上盖与墨盒本体的密封性。	[扭矩扳手、水压测试机]
5	管路安装	按照墨路循环系统原理图，连接墨管、供墨泵、回墨泵、过滤器、缓冲器、脱泡器、电磁阀等元件，注意密封件的安装质量，防止泄漏。完成后进行系统压力测试，墨路系统压力保持在-10--20MPa 范围内，保压时间不少于 60min，检查有无泄漏现象。	[斜口钳、压力测试表]
6	电气系统装配	根据电气原理图，安装电气控制柜、布线、连接各类电气元件（如电机、传感器、控制器等），确保线路连接正确、牢固，接地可靠。完成后进行电气绝缘测试，绝缘电阻不低于 [X] MΩ	[兆欧表、螺丝刀、钳子等电工工具]
7	调试前检查	对已装配完成的设备进行全面检查，包括各部件的连接是否牢固、运动部件是否灵活、液路系统是否正常、电气系统是否通电正常等，对发现的问题及时进行整改	[各类检查工具]
8	设备调试	启动设备，观察管路墨水与喷头的运行状态，检查各部件的工作情况，根据调试情况，对设备进行必要的调整。	[墨路控制系统软件]
9	打印试验	在设备上安装墨水，进行打印试验，测试设备在打印状态的性能指标，如弯月面压力、墨水流量、墨水温度等，记录打印数据并与设计要求进行对比分析，对不符合要求的指标进行调整和改进。	[墨路控制系统软件]

中国机械制造工艺协会

团体标准

粉末床增材制造超洁净墨路循环系统

工艺规范

T/CAMMT 95—2025

※

中国机械制造工艺协会标准化工作委员会编印

北京市海淀区首体南路2号1207室(100044)

电话：010-88301523

网址：www.cammt.org.cn

邮箱：cammt_standard@163.com

打印日期：2025年12月18日

版权专有 侵权必究