附件1：

**多通道高熔点金属增材制造设备技术参数与配置**

设备用途：此设备主要用于小尺寸复杂金属构件选择性激光熔化成形，无缺陷激光精密制造。

2. 设备组成：主要有光学系统、冷却系统、成形加工系统、控制系统、质量监控系统、循环过滤系统等组成。

3. 可成形材料：适用于钛合金、高温合金、铝合金、不锈钢等材料，提供不少于2种材料的成熟材料工艺参数包。

4. 光学系统

4.1 ★激光器采用单模光纤激光器，激光功率≥500W，输出功率范围：10%-100%，激光波长：1060~1080nm，M2≤1.1；

4.2 ★激光器数量：2个

4.3 ★采用F-theta lens聚焦；聚焦光斑直径满足50-70μm内；

4.4 全幅面尺寸95%校准点定位精度优于≤±0.05mm；

4.5 光学系统中包含振镜，场镜；重复精度＜2μrad，响应时间快，跟随误差≤0.15ms；

4.6 ★光束整形：在设备打印过程中，可使用衍射光学元件（DOE）将高斯光整形为平顶光或环形光。高斯光斑聚焦直径满足55±5μm，可实现高斯光与整形后光斑的切换，切换后光斑能量分布稳定，无明显抖动或偏移，从而大幅降低了气孔、未熔合等内部缺陷的形成概率，提升打印零件的几何精度与力学性能。

5. 冷却系统：激光器冷却方式采用水冷，实时监控水冷机状态，异常情况报警，水冷机控温精度达到±0.1℃。

6. 成形加工系统

6.1 ★最大有效成形尺寸：≥160mm×160mm×200mm（W×D×H）（不含基板，基板厚度不低于20mm），加工精度≤±0.2mm，理论最大成型速度 25cm³/h；

6.2 ★支持更小平台切换成形打印，成形尺寸不大于50mm\*50mm\*50mm（W×D×H），便于用户新材料研发，节约粉末**，使用整机加热系统基板最高预热温度不低于350℃；**

6.3 ▲成形缸体、平台及Z轴驱动单元整体采用静密封，成形缸和Z轴驱动系统都置于惰性气体空间内，Z轴运动机构全密封，避免粉末外溢，保障成形过程稳定及设备安全性。

6.4 设备成形舱可配置刚性刮刀和柔性刮刀，根据所做零件的材质和形状选用合适的刮刀以实现最佳成型效果；

6.5 采用下顶粉方式供粉，单向变速铺粉，铺粉层厚可调节范围20-100um；

6.6 ★基板最高预热温度不低于200℃；

6.7 ★设备具备良好的气密性，打印过程最低氧含量可控制在100ppm以内，打印过程中惰性气体消耗≤2L/min(工况下)；；

6.8 设备须具备一键准备、一键铺粉功能，实现一键打印操作；

6.9 集成送粉量智能控制功能，可实现自动根据当前打印截面智能调节送粉量，支持用户自主选择。

6.10惰性气体保护，可实现吹走烟尘及大颗粒，同时保护镜头不受烟尘污染。

6.11▲熔池监控：可实现打印过程中激光扫描层温度信息的采集，范围0-500°C，用于评估优化打印工艺。

6.12 ▲具备少支撑工艺，可实现少支撑打印。

7. 控制系统

7.1 采用PLC数字控制系统，具备网络接口，并能够实时反馈设备的运行情况如各轴扭矩，位置等信

息，具有数据采集、显示、储存等功能；

7.2 采用安全控制器进行了安全回路的设计，安全继电器等级可达到SIL3级；

7.3 设备控制操作均使用触摸屏操作，可实现自动及手动控制，自动控制和手动控制能够进行切换；

7.4 ★控制软件具有独立著作权，能实现设备增材打印、控制、监控等功能，软件控制系统自动化程度高、人机交互友好，方便完成对设备的运动控制、送粉、过滤和其他功能设置；

8. 质量监控系统

8.1 实时监测、显示并记录零件成形关键信息，以上信息应至少包含平台温度、舱内温度、舱内

压力、各轴扭矩位置、打印进度、以及成形舱内氧含量等；

8.2 ▲内置集成高清相机，可采集每层铺粉后和打印后的照片，实现铺粉质量实时监控，并可自主处理多种铺粉异常；如缺粉，可自动执行重铺，如出现刮刀卡停、小区域塌陷等，可及时报警停机，并记录状态信息，便于质量追溯；

8.3 ▲可实现刮刀扭矩实时监控及报警，扭矩数据可实时直观显示控制软件界面；

8.4 具有压力异常报警功能，且压力超标时可自动泄压；

8.5 ▲具备工作报表模块，可生成工作报表，工作报表包含零件信息、暂停信息、打印日志、操作日志、报警日志、工时记录、生产记录等，支持用户自由进行内容和时间筛选。工作报表可实现所有监控数据筛选至少任意2组以上数据对比分析，有利于客户质量分析对比追溯。

9. ▲循环过滤系统

采用圆柱式滤芯三级过滤，滤芯级别不低于H13级别。设计有可注水滤芯箱，防止滤芯更换过程中发生自燃，确保操作人员更换滤芯过程安全；

10. 数据处理软件

10.1 模型处理软件

10.1.1 ★选用Magics或具有同等功能模型处理软件；

10.1.2 支持\*.stl、\*.amf、\*.3mf、\*.obj等多种格式导入导出；

10.1.3 具备零件三角面片编辑优化功能，可实现对模型文件表面三角面片光滑、细化，以及重画网格；

10.1.4 支持自动及手动生成支撑；能快速、简单、自动创建和处理各种不同类型的支撑结构，如点状、线状、网柱状、轮廓,肋状,锥形,树状及综合支撑，同时具备斜角支撑, 支撑加厚，支撑投影区域缩放等功能；

10.1.5.▲具备不少于10种基础的CAD文件编辑功能，如删除面、锥化面、镜像、圆角、倒角、拉伸、偏移、镂空、布尔运算、适配孔等，完成编辑后可直接导出STP等CAD文件格式。

10.1.6.▲具备零件信息修复页，可实时查看模型文件上现有错误；

10.1.7.具备不少于11种打印前零件分析功能，必须具备零件碰撞检测功能；

10.1.8.▲自动摆放可设置避免重叠区域摆放设置；

10.2路径规划切片软件

10.2.1★路径规划切片软件具备独立著作权，具备至少2次版本迭代记录，与设备控制软件相兼容，能快速、自动生成切片数据；开放工艺参数（参数数量大于200）设定界面，用户可自行编辑设定，包括切片厚度、扫描速度、填充间距、扫描策略等，并可单独对各个参数进行快速设定和控制；

10.2.2▲变层厚打印（层厚为倍数关系）：可以实现同一版不同零件变层厚打印，以及同一零件不同高度的变层厚打印；

10.2.3▲具备平台、零件、综合、高效 4 种打印模式，同时可以自由调节零件的上表面区域、内填充区域、下表面区域的填充与外圈的扫描先后顺序，以及调节零件与支撑的扫描先后顺序；

10.2.4▲具备多种扫描模式，可实现高效扫描、高质量扫描以及智能化扫描等模式；

10.2.5▲软件可实现每层自由设置重熔次数，且重熔层的旋转角度可自由设置为继承填充的旋转角度；

10.2.6▲软件可实现参数包的分级加密处理，实现在不同使用场景下的参数管理需求；

10.3▲可实现离线状态下工时计算、路径预览、辅助路径查错等，与设备控制软件相兼容，具备独立著作权；

11. 安全设计保障

11.1▲设备设计制造应符合CE等标准，包括电气、机械指令标准，设备整机通过CE认证；

11.2▲设备整机设计参考ATEX防爆标准，整机通过ATEX防爆评估；

11.3▲整个激光防护系统安全可靠，具备针对激光防护系统第三方安全认可；

12. ▲辅助设备

12.1 配备满足设备需求的水冷机。

12.2 配备设备维护工具一套。

12.3 真空干燥箱1台，真空度≤133 Pa，内胆尺寸≥450mm×450mm×450mm（长×宽×高）。

12.4 配备防爆型工业吸尘器一台，功率（kW）≥2.2；最大风量≥300 m3/h；收集桶容积（L）≥90；吸入口径为Ø40mm；过滤效率≥99%；过滤面积≥2.2m2；过滤精度为0.3-1µm，提供防爆合格证；

13. 备品备件及耗材：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **货物名称** | **型号规格** | **数量** | **单位** |
| 1 | 钛合金基板 | 适用于本型号设备 | 2 | 块 |
| 2 | 不锈钢基板 | 适用于本型号设备 | 2 | 块 |
| 3 | 铝合金基材 | 适用于本型号设备 | 2 | 块 |
| 4 | 橡胶刮刀 | 适用于本型号设备 | 4 | 根 |
| 5 | 普通钢刮刀 | 适用于本型号设备 | 2 | 个 |
| 6 | 316L不锈钢粉末 | 15-53um | 20 | KG |
| 7 | AlSi10Mg铝合金粉末 | 15-53um | 20 | KG |
| 8 | TC4钛合金粉末 | 15-53um | 20 | KG |
| 9 | 纯钨 | 15-53um | 5 | KG |
| 10 | 圆柱滤芯F9 | 适用于本型号设备 | 2 | 个 |
| 11 | 圆柱滤芯H13 | 适用于本型号设备 | 1 | 个 |