

团 体 标 准

T/CAMMT XXXX—XXXX

增材制造 多光束粉末床熔融设备技术条件

Technical specification for multi-beam powder bed fusion equipment

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施



中国机械制造工艺协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	错误!未定义书签。
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	错误!未定义书签。
4 设备构成与一般要求	错误!未定义书签。
5 安全防护及环境保护	错误!未定义书签。
6 加工和装配质量	错误!未定义书签。
6.1 零部件加工和装配	错误!未定义书签。
6.2 清洁度	错误!未定义书签。
6.3 重要基础结构件	错误!未定义书签。
6.4 主要件	错误!未定义书签。
6.5 光路系统	错误!未定义书签。
7 加工精度检验	错误!未定义书签。
7.1 分区加工精度检验	错误!未定义书签。
7.2 多光束拼接精度检验	错误!未定义书签。
8 设备运转试验	错误!未定义书签。
8.1 设备运动检查	错误!未定义书签。
8.2 光路检查	错误!未定义书签。
8.3 加热检查	错误!未定义书签。
8.4 设备负荷运转试验	错误!未定义书签。
8.5 风场试验	错误!未定义书签。
9 标志与技术文件	错误!未定义书签。
10 包装、运输与贮存	错误!未定义书签。
10.1 包装	错误!未定义书签。
10.2 运输	错误!未定义书签。
10.3 贮存	错误!未定义书签。

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：

本文件主要起草人：

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。

增材制造 多光束粉末床熔融设备技术条件

1 范围

本文件规定了多激光束粉末床熔融设备的组成，安全防护要求，技术要求，检验方法，标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于以金属粉末为成形材料的双激光束及以上的激光粉末床熔融设备(以下简称“设备”)。

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 191 包装储运图示标志
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 7247.4 激光产品的安全 第4部分：激光防护屏
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13741 激光辐射光束直径测试方法
- GB/T 13863 激光辐射功率和功率不稳定性测试方法
- GB/T 14896.7 特种加工设备 术语 第7部分：增材制造设备
- GB/T 17421.1 机床检验通则 第1部分 在无负荷或精加工条件下机床的几何精度
- GB/T 17421.2 机床检验通则第2部分：数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定
- GB 25493 以激光为加工能量的快速成形设备 安全防护技术要求
- GB 26503 快速成形机床 安全防护技术要求
- GB/T 35351 增材制造 术语
- GB/T 39329 增材制造测试方法标准测试件精度检验
- GB/T 43141 激光增材制造机床通用技术条件
- JB/T 8356 机床包装 技术条件
- JB/T 14664 激光选区熔化成形机床 精度检验

3 术语和定义

GB/T 35351以及GB/T 14896.7中界定的术语和定义适用于本文件。

4 设备组成和环境要求

4.1 设备组成

设备应具有多光路系统、成形室、机械运动系统、电气及控制系统，也可具有供粉与回收系统，组成及主要功能见表1。

表1 设备组成及功能

名称	组成	功能
多光路系统	应包含两套及以上激光器、扫描振镜、透镜等，应配有激光防尘装置。	提供高能量激光束作用于成形面，为粉末材料熔化提供能量源。
成形室	应包含成形平台、传感器、密封装置、气氛保护装置、排烟除尘装置等。	提供一个不受外界影响的稳定成形环境。
机械及运动系统	应包含机架、升降运动机构、铺粉机构等	保证各机械组成部分协调运行，准确可靠地完成整机功能，提供均匀的粉末层。
电气及控制系统	应包含软件和电气系统。	控制设备各系统及器件稳定运行，并对控制参数及设备状态进行监测、记录与保存。

4.2 环境要求

设备应在良好的通风环境下工作，工作条件应满足下列要求：

- a) 环境温度：5℃～35℃；
- b) 相对湿度：≤75%；
- c) 大气压力：常压；
- d) 振动：无明显振动源。

5 安全防护要求

5.1 设备的安全防护应符合 GB 25493 的规定。

5.2 激光辐射安全防护应符合 GB/T 7247.1 的规定，成形室门应有激光安全联锁，确保正常运行时成形室门不能打开。

5.3 根据设备使用场所的通风性能，设备周边宜设置氧气浓度检测装置，避免因惰性气体泄漏造成缺氧事故。

5.4 设备厂家应在操作说明书中注明滤芯更换的安全操作规程，并对可能存在的防爆风险进行提示。

5.5 设备视窗玻璃的激光防护等级应符合 GB/T 7247.4 中对防护屏的规定。

5.6 设备的其他机械安全防护应符合 GB/T 26503 的规定。

6 技术要求

6.1 外观

设备外观质量应符合 GB/T 43141 的要求。

6.2 多光路系统

6.2.1 多光束光斑尺寸：激光光斑尺寸应具有一致性，误差不大于±5%，

6.2.2 激光功率稳定性：在正常工作时，单个激光束功率波动应小于3%，多个激光束功率差异应小于5%。

6.2.3 多光束拼接精度：多激光拼接位置使用不同激光打印同一条直线和“十”字，直线夹角≤0.002度；“十”字中心偏差≤0.1mm。

6.2.4 光路冷却应符合 GB/T 43141 的要求。

6.3 成形室

- 6.3.1 整体密封性：在 1.5 标准大气压下保压 30 分钟，压降不高于 5Pa。
- 6.3.2 氧含量控制：成形室内应配置氧含量传感器，氧含量体积浓度不超过 500 ppm。
- 6.3.3 风场均匀性：测试成形室内不同点的风速，验证不同位置的风场均匀性，差异不大于 50%。
- 6.3.4 排烟除尘效果：工作时成形面无明显烟尘沉降。

6.4 机械及运动系统

- 6.4.1 机械及运动系统应至少有两个运动轴（刮刀运动轴、升降平台运动轴），刮刀运动方式为往复运动或回转运动；运动轴的有效工作行程不应小于使用说明书的标称值。
- 6.4.2 运动轴几何精度技术要求见表 2

表2 运动轴几何精度要求

项目	技术要求
铺粉运动直线度	任意 500 mm 测量长度上误差为 0.05mm
成形面与刮刀平行度	任意 500 mm 测量长度上误差为 0.1mm
Z 轴运动与基板成形面垂直度	任意 500 mm 测量长度上误差为 0.05mm
成形平台平面度	任意 500 mm 测量长度上误差为 0.1 mm

- 6.4.3 运动轴定位精度与重复定位精度见表 3。

表3 运动轴定位精度要求

项目	技术要求（不同测量长度）		
	≤500 mm	500-1500	>1500 mm
Z 轴双向定位精度	0.05 mm	0.10 mm	0.18 mm

- 6.4.4 成形平台承重能力应满足设备标称成形范围及可打印材料的最大承载重量，设备供应商在说明书中应提供成形平台的承重参数。

6.5 电气及控制系统

- 6.5.1 设备电气及控制系统应符合 GB/T 43141 的要求。
- 6.5.2 设备应具备设置激光工作数量的功能。

6.6 空运转

设备空运转应符合GB/T 43141的要求。

6.7 负荷运转

6.7.1 加工精度

- 6.7.1.1 尺寸精度：成形测试件尺寸误差 $\leq \pm 0.1$ mm。
- 6.7.1.2 相对密度：测试件的相对密度偏差不大于 0.5%。
- 6.7.1.3 力学性能：同一成形方向拉伸性能差异不大于 20%。

6.7.2 最大成形效率

设备供应商应在设备说明书中提供最大成形效率参数。

6.7.3 成形稳定性

设备累计工作48 h以上，间隔时间不超过30 min、间隔次数不超过3次，运转应正常、稳定。

7 检验方法

7.1 检验条件

7.1.1 除特别声明的检测项目外，其余检测项目应在第4.2章的工作环境要求下进行。

7.1.2 设备检测期间施加于设备的电源电压应在额定电压的±5%范围内。

7.1.3 在对设备进行检验之前，应根据制造商/供应商的推荐值对设备进行水平调整。

7.1.4 所有检测仪器及量具应经过计量检定合格并在有效期内。

7.2 外观检验

采用目视方法对设备外观进行检查。

7.3 光路系统检验

7.3.1 光斑尺寸检验

光斑尺寸测试方法按照GB/T 13741的规定。计算公式按照公式(1)进行计算：

$$\omega = \frac{|R_a - R_b|}{R_b} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

ω ——是光斑尺寸误差；

R_a ——是实际尺寸，单位为微米(μm)；

R_b ——是预期尺寸，单位为微米(μm)。

7.3.2 激光功率稳定性检验

用激光功率计测量成形位置中心点的激光功率实际值，激光功率稳定测试方法按照GB/T 13863的规定。激光功率波动是激光功率相对于平均值的变化百分比，通过公式(2)计算：

$$\phi = \left| \frac{P_{max} - P_{min}}{\frac{P_{max} + P_{min}}{2}} \right| \times 100\% \quad (2)$$

式中：

ϕ ——是激光功率波动；

P_{max} ——是测量到的最大激光功率，单位为瓦特(W)；

P_{min} ——是测量到的最小激光功率，单位为瓦特(W)。

7.3.3 多光束拼接精度检验

多光束拼接精度检验步骤如下：

- 使用校准纸粘贴在校准板上，校准纸粘贴需要无明显气泡，校准板放置在工作平面上；
- 在多激光搭接区，分别使用不同激光扫描同一条直线和“十”字，激光功率不大于额定功率的10%，扫描直线长度不小于10 mm；

c. 采用二次元影像测量仪测量直线夹角，角度值 ≤ 0.002 度；测量“十”字中心，偏移距离 ≤ 0.1 mm。

7.3.4 激光功率光路冷却检验

检查冷却系统能正常工作，符合GB/T 43141的要求。

7.4 成形室检验

7.4.1 成形室整体密封性要求检验

关闭舱门，关闭激光及气体循环系统，在1.5个标准大气压下采用差压式气密检漏仪检测成形室气密性，压降不高于5 Pa；或采用肥皂水检测成形室气密性，无气泡生成。

7.4.2 氧含量控制检验

设备进入稳定工作状态，读取氧含量传感器的数据。

7.4.3 风场均匀性检验

根据成形范围大小将成形室台面进行 $m \times n$ 区域分格，至少 9 个分格位置，常规设备规格推荐采用横三纵三。每个分格位置分别测量不少于 3 次，取平均值为该分格位置的风速测量值，所有分格的最大最小之差满足成形要求。

7.4.4 排烟除尘效果

采用目测法检查成形过程中烟尘在成形面无明显沉降。

7.5 机械及运动系统

7.5.1 采用的长度量具应有 0.1 mm 或更高的分辨率，分别检测线性运动轴的最大有效运行距离。

7.5.2 运动轴几何精度检验应按照 JB/T 14664 的规定进行。

7.5.3 设备的定位精度及重复定位精度应按照 JB/T 14664 的规定进行。

7.5.4 检查设备供应商说明书中承诺的承载参数是否满足最大成形范围内材料的最大重量。

7.6 电气及控制系统

7.6.1 按照使用说明书中的操作步骤，检查各指示灯、显示器、继电器等的工作状态，检查控制软件各项功能。

7.6.2 检查设备是否具备单激光至多激光的激光功率修改设置功能。

7.7 空运转试验

设备空运转试验应按照GB/T 43141的规定进行。

7.8 负荷运转试验

7.8.1 加工精度

7.8.1.1 在设备可成形材料中任选一种材料作为实验材料，按照 GB/T 39329 中鼓形测试件或 JB/T 14664 中测试件的规定在每个拼接区域使用相同工艺参数成形精度测试件，测量尺寸精度满足 6.7.1.1 的要求，测试件放置位置参考图 1。

7.8.1.2 在单激光区域和多激光拼接区域分别成形 10 mm×10 mm×10 mm 测试件，按照公式（3）进行相对密度计算，满足第 6.7.1.2 条的要求，测试件放置位置参考图 1。

$$d_t^t = \frac{\rho_t}{\rho_r} \quad (3)$$

式中：

d_t^t ——试样在 $t^\circ\text{C}$ 时的相对密度；

ρ_t ——试样在 $t^\circ\text{C}$ 时的密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)；

ρ_r ——参比物在 $t^\circ\text{C}$ 时的密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)；

7.8.1.3 在单激光区域和多激光拼接区域分别成形拉伸测试件，同一区域拉伸测试件不少于3件，按照GB/T 228.1的规定，测试力学性能满足第6.7.1.3条的要求，测试件放置位置参考图1。

例如：六激光设备测试件放置位置如图1所示

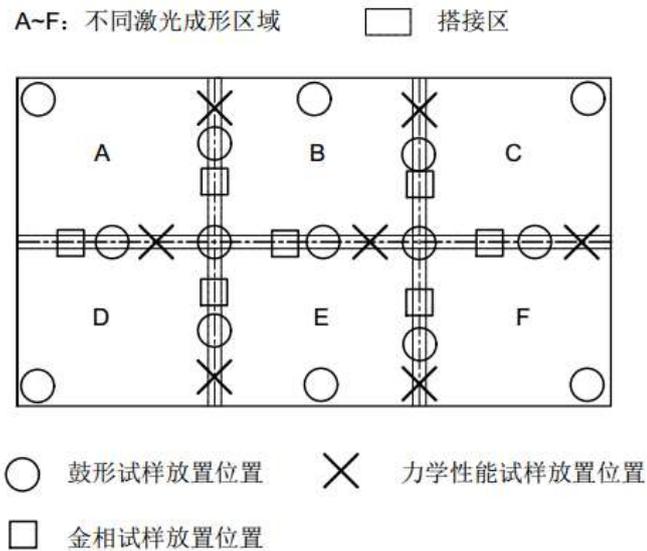


图1 六激光设备测试件放置示意图

7.8.2 最大成形效率

按照设备供应商在使用说明书或技术文件中提供的多激光最大成形效率参数进行制件，成形效率按照公式(4)计算：

$$\eta = V/t \quad (4)$$

式中：

η ——成形效率，单位为立方厘米/小时 (cm^3/h)；

V ——成形制件体积，单位为立方厘米 (cm^3)；

t ——工作时间，单位为小时 (h)。

7.8.3 成形稳定性

在最大成形效率下进行成形加工，设备累计工作48 h以上，间隔时间不超过30 min、间隔次数不超过3次，目视检查设备运转的流畅性及成形制件的稳定性。

8 标志

8.1 设备铭牌

设备上应在显著位置粘贴符合GB/T 13306规定的标牌，标牌的材质、字迹应保证在其使用期内不易磨灭。铭牌内容应至少包括但不限于下列内容：

- a) 设备名称及型号；
- b) 承重参数
- c) 电源、功率
- d) 出厂日期或出厂编号；
- e) 制造厂名称。

8.2 警告标志

8.2.1 在设备的明显位置应张贴激光警示标志。

8.2.2 所有安全警告标志及其颜色、尺寸、印刷应符合 GB 2894 的规定。

9 包装、运输与贮存

9.1 包装

9.1.1 设备主机的包装应符合 JB/T 8356 的规定。

9.1.2 设备包装箱内应附有以下文件：

- a) 使用说明书；
- a) 合格证明书；
- b) 检测报告；
- c) 随行备件、附件及装箱清单。

9.1.3 包装应采取防水、防潮、防震、防冲击等保护措施。

9.1.4 设备外包装箱上的“防雨、防潮、防震”等包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

9.2 运输

9.2.1 运输设备时，应避免雨雪直接淋袭，且不应与易燃、易爆、易腐蚀的物品混装。

9.2.2 装卸设备时，应小心轻放，不允许倒置、碰撞。

9.2.3 激光器、振镜及特供的功率计等应符合该类设备的运输要求。

9.3 贮存

9.3.1 设备应贮存在通风、干燥和无腐蚀性的环境中，无强烈振动和强磁场。

9.3.2 设备贮存防锈期限不应少于 1.5 年。

中国机械制造工艺协会

团体标准

标准名称

T/CAMMT xxx—20xx

※

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

打印日期：20xx年xx月xx日

网址：www.cammt.org.cn

邮箱：cammt_standard@163.com