

团 体 标 准

T/CAMMT XXXX—XXXX

增材制造 激光粉末床熔融 GH3230 和 GH3536 高温合金技术规范

Additive Manufacturing—Specification for GH3230 and GH3536 superalloys via
laser powder bed fusion

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	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	1
4.1 原材料	2
4.2 工艺文件准备	2
4.3 加工	2
4.4 后处理	2
4.5 外观质量	3
4.6 尺寸	3
4.7 化学成分	3
4.8 力学性能	4
4.9 金相组织	4
4.10 无损检测	4
5 试验方法	4
5.1 总则	4
5.2 试验方法的选取	4
6 检验规则	5
6.1 检查和验收	5
6.2 组批	5
6.3 检验项目及取样	5
6.4 检验结果的判定	5
7 包装、标志、运输、贮存及质量证明书	6
7.1 包装	6
7.2 标志	6
7.3 运输	6
7.4 贮存	6
7.5 质量证明书	6
8 合同（或订货单）内容	6
参考文献	8

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 激光粉末床熔融 GH3230 和 GH3536 高温合金技术规范

1 范围

本文件规定了增材制造激光粉末床熔融合金的要求、试验方法、检验规则和包装、标志、运输、贮存、质量证明书及合同（或订货单）等内容。

本文件适用于以激光粉末床熔融制造的GH3230及GH3536高温合金制件。

注：GH536同GH3536

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，仅所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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 1482 金属粉末 流动性的测定 标准漏斗法（霍尔流速计）
- GB/T 3075 金属材料 疲劳试验 轴向疲劳试验方法
- GB/T 3500 粉末冶金 术语
- GB/T 3850 致密烧结金属材料与硬质合金 密度测定方法
- 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/T 6398 金属材料 疲劳试验 疲劳裂纹扩展方法
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 18851.1 无损检测 渗透检测 第1部分：总则
- GB/T 19943 无损检测 金属材料X射线和伽玛射线 照相检测 基本规则
- 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 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 39247 增材制造 金属制件热处理工艺规范
- GB/T 39251 增材制造 金属粉末性能表征方法
- GB/T 39252 增材制造 金属材料粉末床熔融工艺规范
- GB/T 41507 增材制造 术语 坐标系和测试方法

3 术语和定义

GB/T 35351和GB/T 3500界定的术语和定义适用于本文件。

4 技术要求

4.1 原材料

- 4.1.1 金属粉末，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，检验方法应按照 GB/T 39251 规定的要求执行，或者在制造前由供需双方确定。粉末供应商应提供粉末的质量证明书，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。
- 4.1.2 金属粉末应不含夹杂物，加工后的零件化学成分应符合表 3 的规定。
- 4.1.3 除非零件供应商和用户另有协议允许原材料粉末合批，合批后的粉末化学成分应符合表 3 的要求。
- 4.1.4 使用过的粉末主要性能指标经检测合格时可重复或混合使用，且应注明重复使用次数和混合比例。
- 4.1.5 使用过的粉末应用筛网过筛去除粉末中的黏附粉块或污染物，筛网应符合 GB/T 6003.1 的规定。
- 4.1.6 粉末进货检验和使用过的粉末原材料的过程检验按照 GB/T 35022 或 GB/T 39251 进行测试或按照供需双方确定的方法进行。
- 4.1.7 任何包含使用过的粉末的粉末批或粉末合批都应视为使用过的粉末。

4.2 工艺文件准备

- 4.2.1 零件的原材料要求。
- 4.2.2 设备确认，包括软件版本、成型腔环境、设备校准信息。
- 4.2.3 数字文件可追溯性的保障措施，包括零件的设计历史记录。
- 4.2.4 启动成形过程所有的步骤，包括成形平台的选择，设备清粉和粉末处理。
- 4.2.5 设备操作员要求。
- 4.2.6 记录设备成形过程的数据文件，影响零件成形质量的参数上、下限及其他过程验证控制。
- 4.2.7 每个成形周期的零件数量，零件在成形平台上的位置、成形方向以及支撑结构。
- 4.2.8 零件的处理步骤。
- 4.2.9 后处理工艺包括后处理的工艺顺序和每个工序的要求。
- 4.2.10 热处理要求。
- 4.2.11 供需双方确定的零件检验要求。

4.3 加工

- 4.3.1 零件的加工应按照 GB/T 39252 或供需双方的技术协议进行。
- 4.3.2 用于检测的测试试样可根据供需双方的协议，选取随炉样品或本体样品。
- 4.3.3 成形前应确定成形周期内需要设置的参数、参数的允许范围和参数变化影响的程度。成形过程中所有的变更都应该持续监控和记录。

4.4 后处理

4.4.1 表面处理

成形后的零件经供需双方协商确定后可进行表面处理，以达到约定的尺寸、表面粗糙度等指标。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。

4.4.2 热处理

- 4.4.2.1 根据供需双方的协议可对零件进行固溶处理。
- 4.4.2.2 零件热处理的温度及保温时间参照 GB/T 39247 的规定，表 1 列出了零件的热处理的参数。

表 1 激光粉末床熔融零件热处理推荐参数

合金牌号	热处理状态	热处理温度	保温时间	冷却方式
GH3230	固溶	1150℃~1250℃	≥1h	空冷
	时效	800℃~1100℃	3h~10h	空冷
GH3536	固溶	1150℃~1200℃	2h~4h	空冷

4.4.2.3 热等静压

热等静压参数见表 2，也可由供需双方协商确定。

表 2 激光粉末床熔融零件热等静压推荐参数

合金牌号	热等静压温度	保温时间	热等静压压力	传压介质	冷却方式
GH3230、 GH3536	1120℃~1200℃	3h~5h	≥100MPa	惰性气氛	惰性气氛冷却至425℃

4.5 外观质量

4.5.1 产品不得有缺损、掉块、裂纹等缺陷，表面应平整一致。

4.5.2 需要通过焊接修复的零件在修复前应经过用户的批准。

4.5.3 需方对外观质量有特殊要求应在合同(或订货单)中注明，按照合同(或订货单)的约定进行。

4.6 尺寸

4.6.1 产品的尺寸应符合供需双方签订的技术图样。

4.6.2 允许通过机加工达到技术图样要求。

4.7 化学成分

零件的化学成分应符合表3的要求。

表 3 零件的化学成分要求

牌号	化学成分（质量分数）/%							
	C	Cr	Co	W	Mo	Al	Ti	Ni
GH3230	0.05~0.15	20.00~ 24.00	≤5.00	13.00~ 15.00	1.00~3.00	0.20~0.50	≤0.1	余
GH3536	0.05~0.15	20.50~ 23.00	0.50~ 2.50	0.20~ 1.00	8.00~10.00	≤0.50	≤0.15	余
	Fe	La	B	Si	Mn	S	P	Cu
GH3230	≤3.00	0.005~0.05	≤0.015	0.25~ 0.75	0.30~1.00	≤0.015	≤0.03	≤0.50
GH3536	17.00~ 20.00		≤0.010	≤1.00	≤1.00	≤0.015	≤0.025	≤ 0.500

4.8 力学性能

- 4.8.1 在不同成形方向的室温力学性能应满足表 4 的要求。
- 4.8.2 应根据 GB/T 41507 提供测试件在成形平台的位置描述和成形方向。
- 4.8.3 用于检测的拉伸试样应按照 GB/T 228.1 的要求制备。
- 4.8.4 用于拉伸试验的测试件可以从块体上加工取样，也可以是近净成形的拉伸试样，成形方向为 X、Y 和 Z 方向或供需双方确认的其他方向。

表 4 室温力学性能

牌号	热处理状态	抗拉强度 (MPa)		0.2%屈服强度 (MPa)		断后伸长率 (%)	
		X、Y方向	Z方向	X、Y方向	Z方向	X、Y方向	Z方向
GH3230	成型态	≥940	≥890	≥740	≥670	≥13	≥14
GH3536		≥745	≥710	≥580	≥545	≥20	≥30
GH3230	固溶	≥860	≥750	≥370	≥300	≥30	≥20
GH3536		≥690	≥690	≥275	≥275	≥30	≥40

注：力学性能要求适用于材料不同热处理状态。

4.9 金相组织

根据零件供需双方的协议对零件进行金相组织检测，验收标准应在合同或协议中说明。

4.10 无损检测

需方要求并在合同（或订货单）中注明时，成型态和最终成形零件可进行超声检测、射线检测、X 层析成像（CT）检测等，表面抛光或机加工后的产品还可进行荧光渗透检测，验收标准应在合同或协议中说明。

5 试验方法

5.1 总则

所需检验项目由供需双方协商决定，具体试验方法的选取参照 5.2。

5.2 试验方法的选取

- 5.2.1 化学成分分析按相应的现行国家标准、行业标准规定的方法或能保证标准规定准确度的其他方法进行。
- 5.2.2 硬度按 GB/T 230.1 或 GB/T 231.1 的规定进行。
- 5.2.3 室温力学性能按 GB/T 228.1 的规定进行。
- 5.2.4 疲劳测试按照 GB/T 3075 或 GB/T 4337 的规定进行。
- 5.2.5 疲劳裂纹扩展测试按照 GB/T 6398 的规定进行。
- 5.2.6 冲击性能按照 GB/T 229 的规定进行。
- 5.2.7 金相组织按 GB/T 13298 的规定进行。
- 5.2.8 粉末流动性按 GB/T 1482 的规定进行。
- 5.2.9 密度按 GB/T 3850 的规定进行。

- 5.2.10 射线检测按 GB/T 19943 的规定进行。
- 5.2.11 渗透检测按 GB/T 18851.1 的规定进行。
- 5.2.12 层析成像检测按 GB/T 29070 的规定进行。
- 5.2.13 产品尺寸采用相应精度的量具测量，检验位置及方法按供需双方约定进行。
- 5.2.14 外观质量采用目视检查，必要时，结合相应精度的量具进行检验。

6 检验规则

6.1 检查和验收

- 6.1.1 产品应由供方进行检验，保证产品质量符合本标准及合同（或订货单）的规定，并填写质量证明书。
- 6.1.2 需方应对收到的产品按本标准及合同（或订货单）的规定进行检验。如检验合格与本标准及合同（或订货单）的规定不符时，应在收到产品之日起3个月内向供方提出，由供需双方协商解决。

6.2 组批

产品应成批提交验收。每批应由同一牌号、同一工艺、同一规格、同一状态的产品组成。

6.3 检验项目及取样

- 6.3.1 产品的检验项目及取样应符合表5的规定。

表5 检验项目及取样要求

检验项目	取样规定	要求的章条号	试验方法章条号
外观质量	逐件检验	4.5	5.2.14
尺寸	逐件检验	4.6	5.2.13
化学成分	本体取样或随炉制样，逐批取样	4.7	5.2.1
力学性能	本体取样或随炉制样，逐批取样	4.8	5.2.2~5.2.6
金相组织	本体取样或随炉制样，检验频次由供需双方商定	4.9	5.2.7
无损检验	逐批抽检	4.10	5.2.10~5.2.12

- 6.3.2 供需双方应对力学试样的数量、取样位置、取样时间和试样热处理工艺等进行约定。若供需双方未做约定，则按供方确定的方案进行。

- 6.3.3 随炉样的热处理工艺与零件的热处理方式一致，随炉样的数量和放置位置应以测试结果能够准确代表成形零件性能为依据。

6.4 检验结果的判定

- 6.4.1 化学成分、金相组织检验结果不合格时，允许另取双倍试样（不包括原受检样）对不合格项进行一次重复检验。若重复检验仍不合格，则判该批产品不合格。

- 6.4.2 力学性能、无损检验、尺寸、外观质量检验不合格时，判该件不合格。

7 包装、标志、运输、贮存及质量证明书

7.1 包装

除非有其他注明,以本标准采购的零件应按照供方的常规或惯例进行包装,但应遵从保证零件贮存、运输和使用安全的原则。

7.2 标志

在产品的包装上应做如下标志(或贴标签):

- a) 供方质量部门印记;
- b) 产品牌号、名称;
- c) 供应状态;
- d) 产品净重;
- e) 产品批号。

7.3 运输

产品应在有遮盖物的环境下进行运输,运输过程应防止雨淋受潮、严禁剧烈碰撞和机械挤压,搬运过程应轻装轻卸。

7.4 贮存

产品应贮存在干燥、阴凉、无腐蚀性物质侵蚀的室内,严禁与氧化剂、酸类、碱类一起存放。

7.5 质量证明书

每批产品应附有产品质量证明书,其上宜注明:

- a) 供方名称;
- b) 产品名称;
- c) 牌号;
- d) 批号;
- e) 净重和数量;
- f) 供应状态;
- g) 各项分析检验结果和供方质量部门印记;
- h) 本标准编号;
- i) 包装日期。

8 合同(或订货单)内容

订购本标准所列材料的合同(或订货单)应包括以下内容:

- a) 产品名称;
- b) 产品牌号;
- c) 产品数量;
- d) 产品性能要求;
- e) 技术图样;
- f) 产品模型 STL 文件尺寸单位;

- g) 取样方法;
- h) 后处理工艺要求;
- i) 热处理要求;
- j) 本标准编号;
- k) 其他要求。

参考文献

- [1] ASTM F3055-14a Standard Specification for Additive Manufacturing Nickel Alloy (UNS N07718) with Powder Bed Fusion
 - [2] ASTM F3056-14e1 Standard Specification for Additive Manufacturing Nickel Alloy (UNS N06625) with Powder Bed Fusion
-

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

网址：www.cammt.org.cn

打印日期：20xx年xx月xx日

邮箱：cammt_standard@163.com