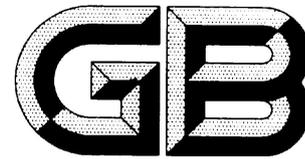


ICS 77.160;25.030

CCS H 72



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXX-2025

增材制造 粉末床熔融铝合金

Additive manufacturing—aluminum alloy by powder bed fusion

(讨论稿)

202×-××-××发布

202×-××-××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。

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专利的责任。

本文件由中国有色金属工业协会提出。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）和全国增材制造标准化技术委员会（SAC/TC 562）共同归口。

本文件起草单位：中车工业研究院有限公司、xx

本文件主要起草人：

增材制造 粉末床熔融铝合金

1 范围

本文件规定了粉末床熔融铝合金的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存、随行文件和订货单内容。

本文件适用于粉末床熔融工艺制造的铝合金产品。

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 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 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 1182 产品几何技术规范（GPS） 几何公差形状、方向、位置和跳动公差标注

GB/T 1800.1 产品几何技术规范（GPS） 极限与配合第1部分：公差、偏差和配合的基础

GB/T 1804 一般公差 未注工程的线性和角度尺寸的公差

GB/T 3246 变形铝及铝合金制品组织检测方法

GB/T 3850 致密烧结金属材料与硬质合金 密度测定方法

GB/T 3880 一般工业用铝及铝合金板、带材

GB/T 4161 金属材料 平面应变断裂韧度 K_{Ic} 试验方法

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 6061.1 表面粗糙度比较样块

GB/T 6398 金属材料 疲劳试验 疲劳裂纹扩展方法

GB/T 19943 无损检测 金属材料 X 和伽马射线照相检测 基本规则

GB/T 22315-2008 金属材料 弹性模量和泊松比试验方法

GB/T 29069 无损检测 工业计算机层析成像（CT）系统性能测试方法

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 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 39254 增材制造 金属制件机械性能评价通则

GB/T 42914 《铝合金产品断裂韧性试验方法》

GB/T XXX 增材制造用铝合金粉

GJB 2367A 渗透检验

HB 5287 金属材料轴向加载疲劳试验方法

3 术语和定义

GB/T 35351 界定的术语和定义适用于本文件。

4 产品等级

产品等级按 GB/T 35022 要求分为三个等级：H—工程用重要零件（安全优先）；M—非安全优先的功能零件；L—设计或原型阶段零件。不同等级产品的性能测试项目按 GB/T 35022 要求进行。

5 技术要求

5.1 原材料

产品的原材料为增材制造用 AlSi7Mg、AlSi10Mg 及 AlMgSiMnScZr 铝合金粉，其化学成分、粒度分布、松装密度、振实密度、流动性、平均球形度、空心粉率和表面质量应符合 GB/T xxx 的规定，质量由供方保证。

5.2 基板

产品成形过程中选用的基板应符合铝合金板材的通用标准。

5.3 热处理

产品的热处理工艺制度应符合表 1 的规定。

表 1 热处理工艺制度

材料牌号	热处理工艺制度
AlSi7Mg	(200~300)℃ ± 10℃，保温 (1~2) h，空气冷却。
AlSi10Mg	按 GB/T 39247 中 6.6.3 的规定进行。
AlMgSiMn ScZr	(280~350) ± 10℃，保温 (4~10) h，空气冷却。
	热等静压 HIP: (280~350) ± 10℃，150-180MPa，保温 (1~4) h，炉冷到 100℃，空气冷却。

5.4 供应状态

产品供应前应经过粉末清理、基材分离、支撑去除、热处理和表面处理。供应状态可为沉积态、去应力退火态或热等静压态。需方对最终成形零件供应状态有特殊要求时，应由供需双方协商确定，并在订货单中注明。

5.5 化学成分

产品的化学成分应符合表 2 的规定。

5.6 相对密度

产品实体结构部分的相对密度应不小于 99%。

5.7 尺寸及允许偏差

产品的尺寸采用精度的量具测量，检验位置及方法由供需双方协商确定。

5.8 显微组织

产品的显微组织应符合表 3 的规定。

表 3 显微组织

产品等级		显微组织		
		AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMnScZr
H 要求	XY			
	XZ			
M 推荐	XY			
	XZ			
L 无要求	XY	-	-	-
	XZ	-	-	-

5.9 力学性能

5.9.1 硬度

产品的硬度应按表 4 的规定进行。

表 4 硬度

产品等级	维氏硬度 HV			布氏硬度 HB		
	AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMnScZr	AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMnScZr
H						
M						
L						

5.9.2 拉伸

经热处理后，产品的室温拉伸应符合表 5 的规定。

表 2 化学成分

牌号	化学成分（质量分数） %																	
	主元素						杂质元素，不大于											
	Al	Mg	Si	Sc	Zr	Mn	Mn	Fe	Ti	Ni	Cu	Pb	Zn	Sn	Be	O	N	H
AlSi7Mg	余量	(0.45~ 0.75) ±?	(6.50~ 7.50) ±?	-	-	-	0.30	0.20	0.25	0.05	0.05	0.05	0.012	0.05	0.01	0.065	0.05	0.005
AlSi10Mg	余量	(0.17~ 0.50) ±?	(9.0~ 11.0) ±?	-	-	-	0.10	0.20	0.15	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	-	0.10	0.10	0.050
AlMgSiMn ScZr	余量	(4.0~ 9.0) ±?	(0.02~ 1.0) ±?	(0.4~ 1.0) ±?	(0.2~ 0.8) ±?	(0.2~ 0.8) ±?	-	0.55	0.10	0.10	0.05	0.05	0.10	-	-	0.10	0.01	0.008

注：如需方对产品的化学成分有特殊要求，可由供需双方协商确定。

表 5 室温拉伸

性能 材料 产品等级	取样 方向	抗拉强度 R_m /MPa			规定塑性延伸强度 $R_{P0.2}$ /Mpa			断后伸长率 A/%			断面收缩率 Z/%		
		AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMn ScZr	AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMn ScZr	AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMn ScZr	AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMn ScZr
H	XY	≥260	≥280	≥520	≥180	≥200	≥490	≥8	≥8	≥8	≥10	≥10	≥10
	Z	≥240	≥260	≥510	≥170	≥190	≥480	≥8	≥8	≥8	≥10	≥10	≥10
M	XY												
	Z												
L	XY												
	Z												

注：如需方对拉伸性能有特殊要求，可由供需双方协商确定。

性能试样的取向定义如图 1 所示。

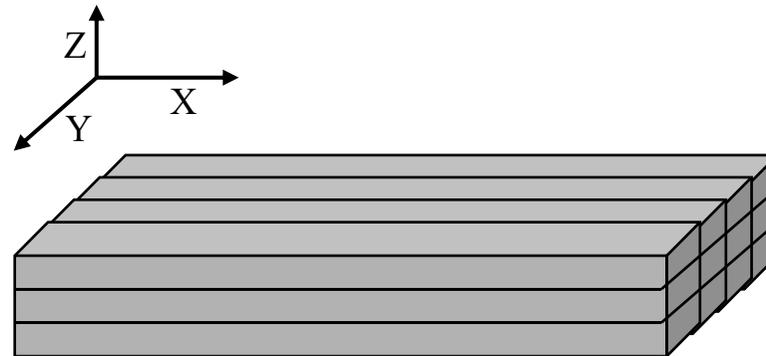


图 1 性能试样取向定义示意图

5.9.3 冲击

产品的室温冲击应按表 6 的规定进行。

表 6 冲击

产品等级		A/J		
		AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMnScZr
H 要求	XY			
	XZ			
M 要求	XY			
	XZ			
L 推荐	XY			
	XZ			

5.9.4 疲劳

产品的室温高周疲劳强度应按表 7 的规定进行。

表 7 室温高周疲劳强度

产品等级		试验条件: $kt=1, \dots$ 疲劳强度/MPa		
		AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMnScZr
H 要求	XY			
	XZ			
M 无要求	XY	-	-	-
	XZ	-	-	-
L 无要求	XY	-	-	-
	XZ	-	-	-

5.9.5 断裂韧度

产品的室温断裂韧度应按表 8 的规定进行。

表 8 室温断裂韧度

产品等级		$K_{IC}/\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$		
		AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMnScZr
H 要求	L-T			
	T-L			
M 无要求	L-T	-	-	-
	T-L	-	-	-
L 无要求	L-T	-	-	-
	T-L	-	-	-

5.9.6 疲劳裂纹扩展速率

产品的疲劳裂纹扩展速率应按表 9 的规定进行。

表 9 室温疲劳裂纹扩展速率

产品等级		$da/dN/\text{mm} \cdot \text{cycle}^{-1}$		
		AlSi7Mg	AlSi10Mg	AlMgSiMnScZr
H	L-T			

要求	T-L			
M 无要求	L-T	-	-	-
	T-L	-	-	-
L 无要求	L-T	-	-	-
	T-L	-	-	-

5.9.7 弹性模量和泊松比

产品的弹性模量和泊松比应按表 10 的规定进行。

表 10 弹性模量和泊松比

产品等级		AlSi7Mg		AlSi10Mg		AlMgSiMnScZr	
		弹性模量 E/GPa	泊松比 ν	弹性模量 E/GPa	泊松比 ν	弹性模量 E/GPa	泊松比 ν
H 要求	XY						
	XZ						
M 无要求	XY	-	-	-	-	-	-
	XZ	-	-	-	-	-	-
L 无要求	XY	-	-	-	-	-	-
	XZ	-	-	-	-	-	-

5.10 表面质量

5.10.1 产品的外观呈金属色，表面粗糙度 Ra 值应满足设计数模或文件要求。

5.10.2 产品表面应无目视可见的缺损、掉块等缺陷。

5.10.3 在不超出尺寸允许偏差的前提下，允许采用喷砂、打磨、机加工等方法改善表面质量。

5.10.4 产品表面应清理干净，不应有毛刺、飞边等。产品非加工表面不允许有表面污染；若产品需要机加工，允许存在不超过机加工余量范围且经机加工可以完全去除的表面污染。

5.10.5 产品表面不允许有裂纹、穿透性缺陷等缺陷。待加工表面上允许存在不超过机械加工余量范围的除裂纹以外的如气孔、夹杂等其他缺陷。非加工表面和加工后的表面（螺纹表面除外）上允许存在的缺陷应不超过表 11 的规定。有特殊情况时，供需双方协商确定。直径和深度小于 0.3mm 的缺陷不计。非圆孔洞取各向尺寸的平均值作为直径。

表 11 表面质量

质量级别	受检面积 mm^2	单个孔洞			成组孔洞			线性缺陷			缺陷边沿距轮廓边沿、孔沿的最小距离 mm
		最大尺寸	最大深度	最多数量	最大尺寸	最大深度	最多数量	最大尺寸	最大深度	最多数量	
		mm		个	mm		组	mm		个	
I	25×25	高于 II 级									
II		0.5	0.5	4	2.5	0.5	2	1.0	0.5	2	5.0
III		1.0	1.0	5	3	1.0	2	1.2	0.8	2	4.0

注：如需方对产品的表面质量有特殊要求，可由供需双方协商确定。

5.11 内部质量

5.11.1 产品内部应无裂纹、未熔合等线性缺陷或穿透性缺陷。

5.11.2 产品内部的气孔和缩孔等缺陷应不超过表 12 的规定。不允许存在带尖角的气孔和缩孔，不允许存在链状气孔和密集状气孔。不允许存在 X 射线检查可见的夹杂物。

5.11.3 因结构盲区或检验设备限制产生的无法检验部位，应在无损检测图中明确，并由技术部和质量部会签。

表 12 内部质量

缺陷	验收标准
单个缺陷最大尺寸 mm	1.5mm 或 $1/3\delta$ （如果小于 0.2mm 时，取 0.2mm），取最小值
缺陷之间最小距离 mm	4D
任何方向 75mm 内气孔的最大累积长度	6.0mm 或 $1/3\delta$ ，取最小值
未熔合	不允许
裂纹	不允许

注 1: D 为最大缺陷尺寸；
注 2: δ 为制品最终或机械加工后的壁厚。

6 试验方法

6.1 原材料

产品的原材料按照 GB/T XXX 的规定进行。

6.2 基板

产品成形过程中选用的基板材质应符合 GB/T 3880 的规定。

6.3 热处理

产品的热处理按照 GB/T 39247 的规定进行。

6.4 取样

产品的取样分随炉试样和本体样品两类。随炉试样和本体样品的取样位置和方向按 GB/T 39254 的规定进行。

6.5 化学成分

产品的化学成分按照 GB/T XXX 的规定进行。

6.6 相对密度

产品的实测密度测定按照 GB/T 3850 的规定进行，由实测密度与理论密度的比值计算相对密度。

6.7 尺寸及允许偏差

测试方法依据 GB/T 1182 和 GB/T 1800.1 的规定进行。允许偏差及检验位置方法由供需双方协商确定。

6.8 显微组织

产品的显微组织检测按 GB/T 3246 的规定进行。

6.9 硬度

产品的硬度按 GB/T 4340.1（维氏）和 GB/T 231.1（布氏）的规定进行。

6.10 拉伸

产品的室温拉伸性能按 GB/T 228.1 的规定进行。

6.11 冲击

产品的室温冲击性能按 GB/T 229 的规定进行。

6.12 高周疲劳

产品的室温高周疲劳性能按 HB 5287 的规定进行。

6.13 断裂韧度

产品的室温断裂韧度性能按 GB/T 42914 的规定进行。

6.14 疲劳裂纹扩展速率

产品的室温疲劳裂纹扩展速率性能按 GB/T 6398 的规定进行。

6.15 弹性模量和泊松比

产品的室温弹性模量和泊松比按 GB/T 22315 的规定进行。

6.16 表面质量

6.16.1 产品的表面外观和颜色采用目视检测，表面粗糙度按 GB/T 6061.1 的规定进行。

6.16.2 产品的表面质量按 GJB 2367A 的规定进行。

6.17 内部质量

产品的内部质量采用射线检测或层析成像（CT）方法，按 GB/T 19943、GB/T 29069、GB/T 29070 的规定进行。

7 检验规则

7.1 检查和验收

7.1.1 产品应由供方和第三方进行检验，保证产品质量符合本文件及订货单的规定，并填写随行文件。

7.1.2 需方可对收到的产品按本文件及订货单的规定进行检验。如检验结果与本文件及订货单的规定不符时，应在收到产品之日起 45 天内以书面形式向供方提出，由供需双方协商解决。如需仲裁，仲裁取样在需方，由供需双方共同进行。

7.2 组批

产品应成批提交验收。每批应由同一材料牌号、同一生产工艺、同一供应状态的产品组成。

7.3 检验项目及取样

产品的检验项目及取样应符合表 13 的规定。

表 13 检验项目及取样

检验项目	取样规定	技术要求对应的章条号	试验方法对应的章条号
原材料	按 GB/T XXX 的规定进行	5.1	6.1
基板	产品制造选用设备上的基板，每批 1 件	5.2	6.2
化学成分	随炉试样或本体样品，每批 1 件	5.5	6.5
相对密度	随炉试样或本体样品，每批 1 件	5.6	6.6
尺寸及允许偏差	逐件	5.7	6.7
显微组织	随炉试样或本体样品，每批 2 件，XY、XZ 方向各 1 件。	5.8	6.8
硬度	随炉试样或本体样品，每批 2 件，XY、XZ 方向各 1 件。	5.9.1	6.9
拉伸	随炉试样或本体样品，每批至少 6 件，XY、XZ 方向各至少 3 件。	5.9.2	6.10
冲击	随炉试样或本体样品，每批至少 6 件，XY、XZ 方向各至少 3 件。	5.9.3	6.11
高周疲劳	随炉试样或本体样品，每批至少 40 件，XY、XZ 方向各至少 20 件。	5.9.4	6.12
断裂韧度	随炉试样或本体样品，每批至少 6 件，XY、XZ 方向各至少 3 件。	5.9.5	6.13
疲劳裂纹扩展速率	随炉试样或本体样品，每批至少 6 件，XY、XZ 方向各至少 3 件。	5.9.6	6.14
弹性模量和泊松比	随炉试样或本体样品，每批至少 6 件，XY、XZ 方向各至少 3 件。	5.9.7	6.15
表面质量	逐件	5.10	6.16
内部质量	逐件	5.11	6.17
需方对最终成形零件供应状态有特殊要求时，应由供需双方协商确定			

7.4 检验结果的判定

7.4.1 产品的化学成分、相对密度、显微组织、力学性能检验结果有一项不合格时，允许另取双倍数量的试样（不包括原受检样）对不合格项进行一次重复检验。若重复检验仍有任一结果不合格时，判定该批产品不合格。

7.4.2 产品的表面质量、内部质量、尺寸及允许偏差检验结果有一项不合格时，判该产品不合格。

8 标志、包装、运输、贮存、随性文件和订货单内容

8.1 标志

产品的包装上应有如下标志：

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

8.2 包装

产品采用塑料、纸质、木质及其他回收环保材质的袋/盒/箱等包装方式进行包装，具体由供需双方协商确定。包装容器应保证其在运输过程中的完整性，不易破损、受潮，禁止接触外来污染物。

8.3 运输

产品应在有遮盖物的条件下进行运输，运输过程应防止雨淋受潮，不应剧烈碰撞和机械挤压，搬运过程应轻装轻卸。

8.4 贮存

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

8.5 随行文件

每批产品应附有随行文件，其中除应包括供方信息、产品信息、本文件编号、出厂日期或包装日期外，还宜包括：

- a) 产品质量保证书，内容如下：
 - 产品的主要性能及技术参数；
 - 产品特点（包括制造工艺及原材料特点）；
 - 产品各项分析检验结果。
- b) 产品质量控制过程中的检验报告及成品检验报告；
- c) 产品使用说明：搬运、贮存方法等；
- d) 其他。

9 订货单内容

订购本文件所列产品的订货单至少应包括下列内容：

- a) 产品名称；
 - b) 产品牌号；
 - c) 产品数量；
 - d) 性能要求；
 - e) 技术图样；
 - f) 本文件编号；
 - g) 其他。
-