



上海市地方标准

DB31/T 1410—2023

增材制造用钛及钛合金粉末材料通用规范

General specification for additive manufacturing used titanium and titanium alloy
powders materials

2023 - 06 - 11 发布

2023 - 10 - 01 实施

上海市市场监督管理局

发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 通用要求 2

5 试验方法 4

6 验收规则 5

7 其他 7

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这些专利的责任。

本文件由上海市经济和信息化委员会提出并组织实施。

本文件由上海市增材制造标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：上海材料研究所、中国航发商用航空发动机有限责任公司、中国商飞上海飞机设计研究院、中天上材增材制造有限公司。

本文件主要起草人：杨启云、倪晓晴、付俊、李肇晨、张亮、吴文恒、王亚琴。

增材制造用钛及钛合金粉末材料通用规范

1 范围

本文件规定了增材制造用钛及钛合金粉末材料的通用要求、试验方法、验收规则等。
本文件适用于增材制造用钛及钛合金粉末材料（以下简称“粉末”）。

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 1479.1 金属粉末 松装密度的测定 第1部分：漏斗法
GB/T 1480 金属粉末 干筛分法测定粒度
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 3620.1 钛及钛合金牌号和化学成分
GB/T 3620.2 钛及钛合金加工产品化学成分允许偏差
GB/T 4698（所有部分） 海绵钛、钛及钛合金化学分析方法
GB/T 5162 金属粉末 振实密度的测定
GB/T 5314 粉末冶金用粉末 取样方法
GB/T 19077 粒度分布 激光衍射法
GB/T 35351-2017 增材制造 术语
YS/T 1262 海绵钛、钛及钛合金化学分析方法 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法
YS/T 1297 钛及钛合金粉末球形率测定方法

3 术语和定义

GB/T 35351-2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

球形颗粒 **sphericity particle**

粉末颗粒的长轴长度与短轴长度之比不大于1.2的颗粒。

3.2

球形率 **sphericity ratio**

球形颗粒数量占粉末颗粒总数量的比例。

3.3

空心粉 hollow particle

内部含有封闭或半封闭气孔的金属粉末。

3.4

空心粉率 hollow particle ratio

空心粉颗粒数量占粉末颗粒总数量的比例。

注：空心粉率以%表示。

4 通用要求

4.1 外观质量

粉末外观应呈银灰色，无目视可见的夹杂物、团聚粉末，无明显的氧化粉末。

4.2 化学成分

4.2.1 粉末材料的化学成分应符合表1、表2的规定，对于表中未列入的牌号，化学成分应符合 GB/T 3620.1 的规定，需方有特殊要求时，由供需双方协商确定。

4.2.2 需方对粉末的化学成分进行复验时，化学成分允许偏差应符合 GB/T 3620.2 的规定。

表1 化学成分（主要成分）

牌号	主要成分（质量分数）								
	%								
	Ti	Al	Si	V	Cr	Fe	Zr	Mo	Sn
TA0	余量	—	—	—	—	—	—	—	—
TA1	余量	—	—	—	—	—	—	—	—
TA2	余量	—	—	—	—	—	—	—	—
TA7	余量	4.0~6.0	—	—	—	—	—	—	2.0~3.0
TA15	余量	5.5~7.1	≤0.15	0.8~2.5	—	—	1.5~2.5	0.5~2.0	—
TA17	余量	3.5~4.5	≤0.15	1.5~3.0	—	—	—	—	—
TA19	余量	5.5~6.5	0.06~0.10	—	—	—	3.6~4.4	1.8~2.2	1.8~2.2
TB6	余量	2.6~3.4	—	9.0~11.0	—	1.6~2.2	—	—	—
TC4	余量	5.50~6.75	—	3.5~4.5	—	—	—	—	—
TC4 ELI	余量	5.5~6.5	—	3.5~4.5	—	—	—	—	—
TC11	余量	5.8~7.0	0.20~0.35	—	—	—	0.8~2.0	2.8~3.8	—
TC17	余量	4.5~5.5	—	—	3.5~4.5	—	1.5~2.5	3.5~4.5	1.5~2.5
TC18	余量	4.5~5.7	≤0.15	4.0~5.5	0.5~1.5	0.5~1.5	≤0.30	4.0~5.5	—
TC21	余量	5.2~6.8	Nb: 1.7~2.3	—	0.9~2.0	—	1.6~2.5	2.2~3.3	1.6~2.5

表2 化学成分（杂质）

牌号	杂质（质量分数），不大于						
	%						
	Fe	C	N	H	O	其他元素	
						单一	总和
TA0	0.15	0.10	0.03	0.015	0.13	0.10	0.40
TA1	0.25	0.10	0.03	0.015	0.18	0.10	0.40
TA2	0.30	0.10	0.05	0.015	0.20	0.10	0.40
TA7	0.50	0.08	0.05	0.015	0.18	0.10	0.40
TA15	0.25	0.08	0.05	0.015	0.13	0.10	0.30
TA17	0.25	0.08	0.05	0.015	0.13	0.10	0.30
TA19	0.25	0.05	0.05	0.0125	0.13	0.10	0.30
TB6	—	0.05	0.05	0.0125	0.12	0.10	0.30
TC4	0.30	0.08	0.05	0.015	0.18	0.10	0.40
TC4 ELI	0.25	0.08	0.05	0.012	0.12	0.10	0.30
TC11	0.25	0.08	0.05	0.012	0.13	0.10	0.40
TC17	0.25	0.05	0.05	0.0125	0.07~0.12	0.10	0.30
TC18	—	0.08	0.05	0.015	0.16	0.10	0.30
TC21	0.15	0.08	0.05	0.015	0.13	0.10	0.40
注：其他元素一般包括Al、V、Sn、Mo、Cr、Mn、Zr、Ni、Cu、Si、Y（牌号中含有的合金元素应去除），其中Y元素质量分数应不大于0.005%；产品出厂时供方可不检验其他元素，需方要求并在合同中注明时予以抽检。							

4.3 粒度

粉末按用途分为3类，其粒度应符合表3的规定。需方有特殊要求时，由供需双方协商确定。

表3 粒度

类别	粒度规格	粒度组成（质量分数）	粒度（D ₅₀ ）分布	用途
I 类	≤63 μm	>63 μm不大于5%	25 μm≤D ₅₀ ≤45 μm	适用于粉末床熔融（选区激光熔化）增材制造领域
II 类	45 μm ~150 μm	≤45 μm不大于5% >150 μm不大于5%	63 μm≤D ₅₀ ≤105 μm	适用于粉末床熔融（电子束熔融）增材制造领域
III类	30 μm ~250 μm	≤30 μm不大于5% >250 μm不大于5%	53 μm≤D ₅₀ ≤212 μm	适用于定向能量沉积增材制造领域

4.4 流动性

粉末的流动性应符合表4的规定。

表4 流动性

单位为s/50 g

类别	流动性
I 类	≤35.0
II 类	≤30.0
III类	≤28.0

4.5 松装密度

粉末的松装密度应符合表5的规定。

表5 松装密度

单位为g/cm³

类别	松装密度
I 类	≥2.10
II 类	≥2.30
III类	≥2.40

4.6 振实密度

粉末的振实密度应符合表6的规定。

表6 振实密度

单位为g/cm³

类别	振实密度
I 类	≥2.4
II 类	≥2.5
III类	≥2.6

4.7 球形率

粉末的球形率指标宜由供需双方协商确定。

4.8 空心粉率

粉末的空心粉率指标宜由供需双方协商确定。

5 试验方法

5.1 外观质量

粉末外观质量宜采用目视检查。

5.2 化学成分

粉末化学成分分析应按GB/T 4698或YS/T 1262进行，仲裁分析应按GB/T 4698进行。

5.3 粒度

粉末粒度组成的测定应按GB/T 1480的规定进行，粒度分布应按照GB/T 19077的规定进行。

5.4 流动性

粉末流动性的测定应按GB/T 1482的规定进行。

5.5 松装密度

粉末松装密度的测定应按GB/T 1479.1的规定进行。

5.6 振实密度

粉末振实密度的测定应按GB/T 5162的规定进行。

5.7 球形率

粉末的球形率测定宜按YS/T 1297的规定进行。

按式（1）计算粉末的球形率：

$$S = \frac{n}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：
S——球形率，以百分数（%）表示，保留小数点后两位有效数字；
n——统计的空心粉颗粒数量（颗或个）；
N——统计的粉末颗粒总数量（颗或个）。

5.8 空心粉率

粉末空心粉率的测定按供需双方协商确定的方法进行，宜采用金相法或工业CT检测法。

按式（2）计算粉末的空心粉率：

$$K = \frac{n}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：
K——空心粉率，以百分数（%）表示，保留小数点后两位有效数字；
n——统计的空心粉颗粒数量（颗或个）；
N——统计的粉末颗粒总数量（颗或个）。

6 验收规则

6.1 检查和验收

6.1.1 粉末应由供方进行检验，保证粉末质量符合本文件及订货单的规定，并填写质量证明文件。

6.1.2 需方可对收到的粉末按本文件及订货单的规定进行验收。若检验结果与本文件及订货单的规定不符，应在收到粉末的三个月内向供方提出，由供需双方协商解决。

6.2 组批

粉末应成批提交验收，每批应由同一材料牌号、同一批次、同一生产工艺、同一粒度类别且连续生产的粉末组成。

6.3 检验项目及取样

6.3.1 每批粉末检验项目及取样应符合表7规定。

表7 检验项目及取样

检验项目	取样数量	取样方法	技术要求的章条号	试验方法的章条号
化学成分	每批1份，每份不少于50 g	按GB/T 5314的规定进行	4.1	5.1
粒度	每批1份，每份不少于100 g		4.2	5.2
流动性	每批1份，每份不少于200 g		4.3	5.3
松装密度	每批1份，每份不少于200 g		4.4	5.4
振实密度	每批1份，每份不少于200 g		4.5	5.5
球形率	每批1份，每份不少于50 g		4.6	5.6
空心粉率	每批1份，每份不少于50 g		4.7	5.7
外观质量	逐袋/桶	逐袋/桶	4.8	5.8

6.3.2 对于无法按 GB/T 5314 的规定进行取样的批量粉末，宜按以下的方法进行：同一生产批次随机抽取 1~2 个容器；不同生产批次的粉末材料，需分别抽取样检测。取样器依次在容器的上、中、下位置取样。将取样器中所抽取粉末倒入总样容器，保证不同深度取出的质量相同。取样数量应符合表 7 规定，将同一生产批次所抽取粉末充分混合后检测。若用户与供应商在合同中达成协议，应按照合同执行。

6.3.3 取出待检粉末后应及时检测，若不能及时检测，需对样品做好防护措施，在测试之前如干燥密封等。

6.3.4 将粉末样品装于干净、清洁、干燥的样品袋中密封并粘贴标签，注明样品名称、批次号和收样日期，分别用于检测以及留样存查。

6.4 检验结果判定

6.4.1 粉末的外观质量检验不合格时，应判该袋/瓶/桶粉末为不合格。

6.4.2 粉末的化学成分、粒度、流动性、松装密度、振实密度、球形率、空心粉率有任一项检验不合格时，则应在该批粉末中另取双倍数量的样品（不包括原受检样品）对该不合格项进行重复检验，若重复检验仍有结果不合格时，应判该批粉末为不合格。

7 其他

7.1 标志

粉末每个最小包装单位上应有标识，注明：

- a) 供方名称；
- b) 产品名称；
- c) 材料牌号；
- d) 生产批号；
- e) 生产日期；
- f) 粒度（类别）；
- g) 净重；
- h) 执行标准。

7.2 包装

包装过程中应严格控制环境，避免外来污染。粉末可采用塑料袋双层真空塑封包装，或以洁净的塑料或金属瓶/桶为容器单元，采用充氩气等惰性气体保护封装。包装容器应保证其在运输过程中的完整性，且不易破损、受潮或者使该产品接触到外来污染物。在运输过程中应防止雨淋受潮、不应剧烈碰撞和机械挤压。

7.3 质量证明文件

每批粉末应附有质量证明文件，其上注明：

- a) 供方名称；
 - b) 粉末名称；
 - c) 材料牌号；
 - d) 生产批号；
 - e) 粒度（类别）；
 - f) 净重；
 - g) 各项分析检验结果；
 - h) 质量检验部门印记；
 - i) 本文件编号；
 - j) 包装日期。
-