

ICS 77.150.50

CCS H 64



团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2026

航空航天用超细晶钛合金棒丝材

Ultrafine-grained titanium alloy bars and wires for aerospace applications

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 分类与规格	2
4.1 分类	2
4.2 牌号	2
4.3 规格	2
5 技术要求	2
5.1 化学成分要求	2
5.2 尺寸及形状偏差	2
5.3 组织要求	3
5.4 力学性能要求	3
5.5 表面质量要求	3
5.6 无损检测要求	4
5.7 一致性要求	4
6 试验方法	4
6.1 化学成分分析	4
6.2 尺寸及形状偏差试验	4
6.3 组织检验	4
6.4 力学性能试验	4
6.5 表面质量检查	4
6.6 无损检测试验	4
6.7 一致性试验	5
7 检验规则	5
7.1 检验分类	5
7.2 出厂检验	5
7.3 型式检验	5
7.4 检验报告	5
8 标志、包装、运输和贮存	6
8.1 标志	6
8.2 包装	6
8.3 运输	6
8.4 贮存	6

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

航空航天用超细晶钛合金棒丝材

1 范围

本文件规定了航空航天用超细晶钛合金棒丝材（以下简称“棒丝材”）的分类与规格、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于以钛及钛合金为基体，经组织细化控制形成平均晶粒尺寸不大于 $1\ \mu\text{m}$ 的航空航天用钛合金棒材和丝材产品。

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 191 包装储运图示标志
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分：高温试验方法
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 2965 钛及钛合金棒材
- GB/T 3075 金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法
- 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 5193 钛及钛合金加工产品超声检验方法
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 6611 钛及钛合金术语和金相图谱
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 23601 钛及钛合金棒、丝材涡流探伤方法
- GB/T 38982 钛及钛合金加工产品外形尺寸检测方法

3 术语和定义

GB/T 6611界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超细晶钛合金 ultrafine-grained titanium alloy

通过组织控制使钛合金晶粒细化至微米及亚微米量级的钛合金材料。

3.2

航空航天用超细晶钛合金棒丝材 ultrafine-grained titanium alloy bars and wires for aerospace applications

以钛及钛合金为基体，具有超细晶组织特征，并以棒材或丝材形式交付，用于航空航天领域的钛合金加工产品。

3.3

棒材 bar

横截面为圆形，公称直径大于6mm的钛合金长材产品。

3.4

丝材 wire

公称直径不大于6mm，以直条或盘卷形式交付的钛合金长材产品。

4 分类与规格

4.1 分类

棒丝材按交付形态分为棒材和丝材两类。

4.2 牌号

棒丝材的合金牌号应符合GB/T 3620.1的规定，常用牌号包括TC4、TC4-ELI。

4.3 规格

4.3.1 棒材

航空航天用超细晶钛合金棒材的规格应符合表1的规定。

表1 棒材规格要求

项目	要求
公称直径	6mm~200mm
交付长度	按供需双方协议确定
交付形态	直条

4.3.2 丝材

航空航天用超细晶钛合金丝材的规格应符合表2的规定。

表2 丝材规格范围

项目	规定
公称直径	0.2mm~6mm
交付形式	直条或盘卷

5 技术要求

5.1 化学成分要求

棒丝材的化学成分应符合GB/T 3620.1的规定，其化学成分允许偏差应符合GB/T 3620.2的规定。

5.2 尺寸及形状偏差

5.2.1 尺寸偏差

5.2.1.1 棒材直径偏差

棒材直径偏差应符合表3的规定。

表3 棒材直径偏差要求

公称直径范围 (mm)	允许偏差 (mm)
6~20	±0.08
>20~50	±0.10
>50~100	±0.15
>100~200	±0.20

5.2.1.2 丝材直径偏差

丝材直径偏差应符合表4的规定。

表4 丝材直径偏差要求

公称直径范围 (mm)	允许偏差 (mm)
0.2~0.5	±0.01
>0.5~1.0	±0.015
>1.0~3.0	±0.02
>3.0~6.0	±0.03

5.2.2 形状偏差

5.2.2.1 棒材形状偏差

棒材形状偏差应符合表5的规定。

表5 棒材形状偏差要求

项目	要求
圆度偏差 (最大直径-最小直径)	≤0.4%直径
直线度偏差 (按1000mm计)	≤0.4mm
表面波纹/锯齿状偏差 (局部)	不应出现明显波纹

5.2.2.2 丝材形状偏差

丝材形状偏差应符合表6的规定。

表6 丝材形状偏差要求

项目	要求
圆度偏差 (最大直径-最小直径)	≤0.6%直径
直线度偏差 (按1000mm计)	≤0.3mm
表面波纹/锯齿状偏差 (局部)	不应出现明显波纹

5.3 组织要求

5.3.1 棒丝材应具有均匀、连续的细晶组织特征。

5.3.2 棒丝材的平均晶粒尺寸应不大于 $1\mu\text{m}$ 。

5.3.3 可存在少量局部晶粒尺寸略大区域, 但该区域面积占比不应超过产品截面积的10%, 且不应影响产品的力学性能和使用性能。

5.4 力学性能要求

5.4.1 室温拉伸性能

棒丝材的室温拉伸性能应符合表7的规定。

表7 室温拉伸性能要求

牌号	屈服强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	抗拉强度 R_m (MPa)	伸长率A (%)
TC4	≥880	950~1050	≥12
TC4-ELI	≥820	900~1000	≥14

5.4.2 高温拉伸性能

棒丝材的高温拉伸性能应符合表8的规定。

表8 高温拉伸性能要求

牌号	试验温度 (°C)	抗拉强度 R_m (MPa)	伸长率A (%)
TC4	300	≥650	≥10
TC4-ELI	300	≥620	≥12

5.4.3 疲劳性能

航空航天关键部件用材应进行疲劳性能评定, 疲劳强度 (50%失效概率) 应满足供需双方协议要求, 或不低于同牌号材料经认证的疲劳性能基准值。

5.5 表面质量要求

5.5.1 棒丝材表面不应有裂纹、折叠、分层、夹杂、气泡、拉裂等影响使用性能的缺陷。

5.5.2 棒丝材表面粗糙度 (R_a) 应不大于 $0.8\mu\text{m}$ 。

5.5.3 棒丝材表面应无可见油污、铁锈、砂粒、氧化皮残留物、焊渣、胶质等污染物。

- 5.5.4 可存在不影响使用性能的轻微表面缺陷，其深度不应超过该部位尺寸允许偏差的1/2。
- 5.5.5 丝材表面不应有接头，盘丝应缠绕紧密、整齐，无松散、打结现象。

5.6 无损检测要求

- 5.6.1 公称直径不大于16mm的棒丝材应进行涡流探伤，检测结果应符合GB/T 23601规定的合格等级要求。
- 5.6.2 公称直径大于16mm的棒材应进行超声检测，检测结果应符合GB/T 5193规定的A级要求。

5.7 一致性要求

同一检验批内棒丝材的化学成分、组织特征和力学性能应具有良好的 consistency。

6 试验方法

6.1 化学成分分析

棒丝材的化学成分分析应按照GB/T 4698（所有部分）的规定执行。

6.2 尺寸及形状偏差试验

棒丝材的尺寸及形状偏差试验应按照GB/T 38982的规定执行。

6.3 组织检验

组织检验应按照以下步骤进行：

- a) 从成品棒丝材上截取组织检验试样，试样的取样方向应垂直于产品轴线；
- b) 试样经磨制、抛光和适当腐蚀后，按照GB/T 13298的规定进行金相显微组织观察；
- c) 晶粒尺寸测量应按照GB/T 6394的规定执行；
- d) 组织均匀性及局部粗大晶粒区域面积比例应通过显微组织观察和图像分析方法进行评定，评定结果应符合5.3的规定。

6.4 力学性能试验

6.4.1 室温拉伸试验

室温拉伸试验应按照GB/T 228.1的规定执行。

6.4.2 高温拉伸试验

温拉伸试验应按照GB/T 228.2的规定执行。

6.4.3 疲劳性能试验

疲劳性能试验应按照GB/T 3075的规定执行。

6.5 表面质量检查

6.5.1 表面缺陷检查

采用目视法检查棒丝材表面缺陷及丝材平整度。

6.5.2 粗糙度测量

粗糙度测量应按照GB/T 2965的规定执行。

6.5.3 清洁度检查

清洁度检查应以目视检查为主，必要时可采用擦拭法进行辅助检查。

6.5.4 表面缺陷深度测量

表面缺陷深度可采用显微测量、轮廓仪或其他等效方法进行测量，测量结果应符合5.5的规定。

6.6 无损检测试验

6.6.1 涡流检测试验

涡流检测试验应按照GB/T 23601的规定执行。

6.6.2 超声检测试验

超声检测试验应按照GB/T 5193的规定执行。

6.7 一致性试验

6.7.1 化学成分一致性试验

应按照以下步骤进行：

- a) 在同一检验批内, 于不同位置随机抽取试样；
- b) 按照YS/T 1262规定的方法, 对主要合金元素及杂质元素进行化学成分分析；
- c) 对不同试样的化学成分测试结果进行记录和比对。

6.7.2 组织特征一致性试验

应按照以下步骤进行：

- a) 在同一检验批内, 于不同位置截取试样；
- b) 对试样进行取样、镶嵌、磨制、抛光和腐蚀处理；
- c) 按照GB/T 13298的规定进行金相组织观察；
- d) 按照GB/T 6394的规定测定晶粒尺寸；
- e) 记录不同试样的组织形貌及晶粒尺寸测量结果进行比对。

6.7.3 力学性能一致性试验

应按照以下步骤进行：

- a) 在同一检验批内, 按规定位置截取试样；
- b) 室温拉伸试验按GB/T 228.1的规定进行；
- c) 高温拉伸试验按GB/T 228.2的规定进行；
- d) 记录各试样的屈服强度、抗拉强度和伸长率等试验结果进行比对。

7 检验规则

7.1 检验分类

本文件要求的检验分为出厂检验和型式检验两类。

7.2 出厂检验

出厂检验的项目应包括尺寸及形状偏差、表面质量等关键指标。各项指标均满足本文件的要求时, 方可被判定为合格产品, 若有不合格项目, 允许返修后重新检验, 重新检验仍不合格的, 判定为不合格产品, 不得出厂。

7.3 型式检验

7.3.1 检验时机

有下列情形之一时, 应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定时；
- b) 设计、工艺或主要原材料有较大改变, 可能影响产品性能；
- c) 正常生产满一年时；
- d) 间隔一年以上再生产时；
- e) 出厂检验结果与同产品型号或批次的型式检验有较大差异时。

7.3.2 检验项目

型式检验的项目应包括本文件第5章规定的全部技术要求。

7.3.3 抽样规则

抽样规则应符合GB/T 2828.1的要求。

7.3.4 判定规则及处理措施

所有检验项目均满足本文件的技术要求时, 判定为合格。任一项不符合规定时, 判定为不合格。对于不合格的产品, 应进行返工或报废处理, 返工产品应重新进行检验。

7.4 检验报告

所有检验记录和报告应妥善存档, 每次检验结束后应出具完整的检验报告, 并包括下列内容：

- a) 基本信息：产品名称、产品批次编号、检验日期、检验机构和参与人员等；

- b) 检验目的与检验依据;
- c) 检验环境与检验设备清单等;
- d) 检验方法与检验过程;
- e) 检验数据: 详细列出各项目的检测数据;
- f) 检验结论: 评估该批次产品是否合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品标志应满足下列要求:

- a) 应有清晰、牢固、持久的标志, 内容包括: 产品名称、牌号、规格尺寸、生产单位、出厂编号、生产日期等;
- b) 所有标志应清晰、耐磨, 符合GB/T 191的相关规定。

8.2 包装

产品包装应满足下列要求:

- a) 包装应采用防潮、防震、防尘材料, 确保产品在运输和存储过程中不受损;
- b) 包装内部应有缓冲材料;
- c) 包装箱外应标明产品的名称、型号、毛重、净重及运输标志;
- d) 每件产品随包装附带说明书、合格证及出厂检验报告。

8.3 运输

产品运输应满足下列要求:

- a) 运输过程中应避免剧烈碰撞、挤压和抛掷;
- b) 在运输过程中不得与有毒、有腐蚀性或易燃物品混装;
- c) 产品运输过程中应避免暴露在高湿或雨淋环境下。

8.4 贮存

产品贮存应满足下列要求:

- a) 产品应存放于0℃~50℃的环境温度内, 相对湿度≤85%的干燥环境中;
 - b) 贮存环境应通风良好, 避免阳光直射及高湿度环境;
 - c) 长期贮存时, 应每6个月对产品进行一次检查和维护。
-