

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

航空航天用粉末合金棒材

Powder metallurgy alloy rods for aerospace applications

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国西部开发促进会 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 技术要求	2
5 试验方法	4
6 检验规则	4
7 标志、包装、运输、贮存	5

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。

本文件由中国西部开发促进会标准与认证工作委员会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

航空航天用粉末合金棒材

1 范围

本文件规定了航空航天用粉末合金棒材的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存、质量证明书及订货单内容。

本文件适用于采用粉末冶金工艺生产的粉末高温合金棒材，主要用于制造航空发动机和航天发动机高温转子承力部件（如涡轮盘、轴颈）的锻坯。其他截面形状的棒材或用于其他领域的高温部件可参照本文件执行。

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 222 钢及合金 成品化学成分允许偏差
- 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 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 2039 金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法
- GB/T 4162 锻轧钢棒超声检测方法
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 14992 高温合金和金属间化合物高温材料的分类和牌号
- GB/T 14999.2 高温合金试验方法 第2部分：横向低倍组织及缺陷酸浸检验
- GB/T 14999.4 高温合金试验方法 第4部分：轧制高温合金条带晶粒组织和一次碳化物分布测定
- GB/T 14999.7 高温合金铸件晶粒度、一次枝晶间距和显微疏松测定方法
- GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
- GB/T 20127 钢铁及合金痕量元素的测定 第5部分：萃取分离-罗丹明B光度法测定镓含量
- GB/T 38815 等离子旋转电极雾化高温合金粉末
- GB/T 38941 等离子旋转电极雾化制粉用高温合金棒材
- HB 20159 变形金属超声检测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

粉末高温合金 powder superalloy

采用粉末冶金工艺制备的、用于高温（通常为600℃以上）关键承力部件的高合金化镍基或钴基高温合金。

3.5 粉末冶金棒材

指将高温合金粉末通过热等静压、热挤压或热锻等固结成型工艺制成的致密化棒材。不包括用于制备粉末的母合金电极棒材。

3.2

热处理炉批 heat treatment furnace batch

采用相同的热处理工艺制度，对同一牌号、同一规格、同一预处理状态的棒材在一个连续生产周期内处理的所有产品。

3.3

炉号 stove number

指同一熔炼批次、具有相同化学成分和熔炼工艺的金属材料标识。

3.4

炉批号 furnace batch number

指同一熔炼炉号、同一粉末批次、同一成型工艺、同一热处理批次的材料标识，用于追溯和管理。

4 技术要求

4.1 生产工艺

4.1.1 母合金熔炼：应采用真空感应熔炼+电渣重熔（VIM+ESR），或真空感应熔炼+真空自耗重熔（VIM+VAR）工艺，或真空感应熔炼+电渣重熔+真空自耗重熔（VIM+ESR+VAR）工艺。

4.1.2 制粉工艺：应采用等离子旋转电极雾化法（PREP）、氩气雾化法（AA）或其他能够获得高纯净度、高球形粉末，空心粉与异形粉末含量低的先进工艺。

4.1.3 热处理工艺：应按专用技术文件执行，确保材料获得优化的组织状态和力学性能。热处理过程应严格控制温度、时间和冷却速率等参数。

4.2 化学成分

4.2.1 棒材的化学成分应符合 GB/T 14992、GB/T 38815、GB/T 38941 的规定。

4.2.2 棒材的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。需方进行复验时，分析结果应在允许偏差范围内。

4.3 力学性能

4.3.1 室温力学性能

棒材的室温拉伸性能、冲击韧性、硬度等指标应符合产品标准或专用技术协议的规定。典型性能要求包括抗拉强度、屈服强度、断后伸长率、断面收缩率和冲击吸收功。

力学性能试样的状态：热处理

4.3.2 高温力学性能

棒材在规定温度下的高温拉伸性能、持久性能、蠕变性能等应符合产品标准或专用技术协议的规定。试验温度应覆盖材料的实际使用温度范围。

4.3.3 性能均匀性

首批生产或工艺发生重大更改时，需检测棒材长度（L向）与径向（R向）性能，力学性能应均匀。其波动范围应在专用技术协议中规定。

4.4 微观组织

4.4.1 低倍组织

在经酸浸的横向低倍试片上不应有裂纹、缩孔、疏松、夹杂、白点、翻皮等缺陷。低倍组织评级按 GB/T 14999.2 执行。

4.4.2 高倍组织

4.4.2.1 晶粒度：棒材的晶粒度应均匀，平均晶粒度级别应符合专用技术协议要求。检验方法按 GB/T 6394 执行。

4.4.2.2 原始颗粒边界 (PPB)：经适当侵蚀后，在显微镜下观察，PPB 不应呈现严重的连续网状。PPB 的评级方法和合格级别应在专用技术协议中规定。

4.4.2.3 碳化物及其他析出相：碳化物、硼化物等析出相的尺寸、类型、分布应合理，不应有大量有害析出相聚集。评级方法和合格级别应在专用技术协议中规定。

4.4.2.4 非金属夹杂物：非金属夹杂物的类型、尺寸和数量应严格控制，评级按 GB/T 10561 执行，合格级别在专用技术协议中规定。

4.5 超声波检验

4.5.1 所有棒材应逐根按照脉冲反射法进行超声波纵波检验，检验方法按 GB/T 4162 或 HB 20159 执行。直径不大于 100 mm 的棒材按 AA 级验收；直径大于 100 mm 的棒材验收等级应在专用技术协议中规定。

4.5.2 验收文件应按专用技术协议规定，通常采用当量平底孔直径作为判据。不同直径棒材的验收等级可能不同。

4.5.3 超声波检验应在退火和机加工后进行，检验时棒材表面粗糙度应满足耦合要求。

4.6 交货状态

棒材应以退火状态加车光或磨光表面交货。棒材的力学性能、微观组织等检验项目均应在热处理后的试样上进行。

4.7 尺寸、外形及允许偏差

4.7.1 直径及允许偏差

棒材的直径允许偏差通常按表1规定执行，特殊要求应在合同中注明。

表 1 直径允许偏差

公称直径 mm	允许偏差 mm
8~30	±0.3
>30~50	±0.4
>50~80	±0.5
>80~120	±0.8
>120~180	±1.2
>180~250	±1.5
>250~300	±2.0

4.7.2 长度及允许偏差

通常交货长度为 500 mm~3000 mm。特殊长度要求（如短于500 mm或超过3000 mm）应在订货时由供需双方协商确定。定尺或倍尺长度应在合同中注明。定尺长度允许偏差为+20 mm。

4.7.3

4.7.4 外形要求

4.7.4.1 不圆度：应不大于直径公差的 70%。

4.7.4.2 弯曲度：每米不大于 4 mm，总弯曲度不大于总长度的 0.3%。

4.7.4.3 端部：棒材两端应切割平整，切斜不大于 3 mm。

4.8 表面质量

4.8.1 棒材表面不应有裂纹、折叠、结疤、夹杂、氧化皮压入等对使用有害的缺陷。

4.8.2 表面局部缺陷允许清除，清除深度应不超过直径允许负偏差，清除处应圆滑过渡，宽深比不小于 5: 1。

4.8.3 所有棒材经车光或磨光交付，其表面粗糙度 Ra 应不大于 3.2 μm，且表面不应有影响超声波耦合的划伤、凹坑等缺陷。

4.8.4 车光或磨光表面交货的棒材，其表面应光洁，无车削或磨削裂纹。

5 试验方法

5.1 化学成分分析

化学成分分析取样按GB/T 20066规定进行。分析试样应从成品棒材或同熔炼炉号的留样上制取。痕量元素分析按GB/T 20127执行。仲裁分析方法应在专用技术协议中规定。

5.2 力学性能试验

5.2.1 室温拉伸试验按 GB/T 228.1 执行。

5.2.2 高温拉伸试验按 GB/T 228.2 执行，检测试样参照室温拉伸试验取样。

5.2.3 持久试验按 GB/T 2039 执行。

5.2.4 冲击试验按 GB/T 229 执行，采用标准夏比 U 型缺口试样。

5.2.5 硬度试验可根据需要选择布氏硬度（GB/T 231.1）或洛氏硬度（GB/T 230.1）试验方法。

5.3 宏观和微观组织检验

5.3.1 低倍组织仅检测横向，按 GB/T 14999.2（横向）执行，采用热酸浸蚀，目视或借助 10 倍以下放大镜观察。

5.3.2 晶粒度测定按 GB/T 6394 执行。

5.3.3 显微组织检验按 GB/T 14999.4、GB/T 14999.7 执行，采用光学显微镜或扫描电子显微镜观察。

5.3.4 非金属夹杂物检验按 GB/T 10561 执行。

5.4 超声波检验

超声波检验按GB/T 4162和HB 20159执行。采用纵波脉冲反射法，探头频率一般为5MHz~10MHz。检验前应使用与验收标准相对应的人工缺陷对比试块校准仪器。

5.5 尺寸和外形检验

使用精度不低于0.02 mm的千分尺或卡尺测量直径；使用钢卷尺或平台配合高度尺测量长度和弯曲度；不圆度在同一横截面上测量最大与最小直径之差。

5.6 表面质量检验

通过目视检查表面缺陷，必要时可使用5~10倍放大镜、渗透检测、电涡流检测辅助检查。表面粗糙度采用粗糙度对比样块或粗糙度测量仪进行检验。

6 检验规则

6.1 检查和验收

6.1.1 棒材应由供方质量检验部门进行检验，保证产品质量符合本标准及合同规定，并出具质量证明书。

6.1.2 需方有权按本标准及合同规定对收到的产品进行复验。如复验结果与本标准或合同不符，需方应在收到产品之日起一个月内（尺寸、外观异议）或三个月内（性能、组织异议）向供方提出书面异议，由供需双方协商解决。如需仲裁，仲裁机构应由双方共同确认。

6.2 组批

棒材应成批提交验收。每批应由同一合金牌号、同一熔炼炉号、同一粉末批次、同一成型工艺、同一热处理炉批、同一交货状态和同一规格的棒材组成。每批重量或数量由供需双方商定。

6.3 检验项目及取样

每批棒材的检验项目、取样数量、取样部位应符合表2的规定。专用技术协议有特殊规定时，按协议执行。

表 2 检验项目

检验项目	取样数量	取样部位	要求的章条号	试验方法的章条号
化学成分	每炉1~2个	成品棒材或熔炼留样	4.2	5.1
室温拉伸	每批2个	棒材径向1/2处	4.3.1	5.2.1
高温拉伸	每批2个	棒材径向/轴向 1/2处	4.3.2	5.2.2
持久性能	每批2个	棒材径向轴向 1/2处	4.3.2	5.2.3
冲击韧性	每批2个	棒材径向轴向 1/2处	4.3.1	5.2.4
硬度	每批2个	棒材端部或规定部位	4.3.1	5.2.5
低倍组织	每批2个	棒材头、尾端	4.4.1	5.3.1
晶粒度	每批2个	棒材径向1/2处	4.4.2.1	5.3.2
显微组织	每批2个	棒材径向1/2处	4.4.2.2~4.4.2.4	5.3.3
非金属夹杂物	每批2个	棒材径向1/2处	4.4.2.5	5.3.4
超声波检验	逐根	棒材全长	4.5	5.4
尺寸外形	逐根	棒材全长	4.6	5.5
表面质量	逐根	棒材表面	4.7	5.6

7 标志、包装、运输、贮存

7.1 标志

7.1.1 每根棒材应在端部通过喷印、电刻或挂牌牌的方式清晰、牢固地标示以下信息：供方商标、合金牌号、熔炼炉号、粉末批次号、热处理炉批号、规格。

7.1.2 每箱（捆）棒材应至少挂有两个标签，标明：供方名称、产品名称、合金牌号、规格、批号、数量、净重、本标准编号及“航空材料”字样。

7.2 包装

棒材包装宜符合但不包括以下要求：

- 棒材应用防锈纸、塑料薄膜或气相防锈材料包裹，以防运输和贮存过程中锈蚀。
- 包装箱应采用坚固的木质或金属材料，内部应有软质材料衬垫和固定装置，确保棒材在箱内稳固，防止相互碰撞和摩擦。
- 包装箱应防潮、防雨，并在箱外标明“小心轻放”、“防潮”、“向上”等运输标志。

7.3 运输

运输过程中应防止剧烈碰撞、雨淋和接触腐蚀性介质。

7.4 贮存

棒材应贮存在清洁、干燥、通风的库房内，避免与酸、碱、盐等腐蚀性物质接触。不同牌号、批号的棒材应分开存放，并做好标识。

