



# 中华人民共和国国家军用标准

FL 6210

GJB 8507-2015

---

## 航天用铌钨合金棒材规范

Specification for niobium-tungsten alloy bars for aerospace

2015-09-24 发布

2015-12-01 实施

---

中国人民解放军总装备部 批准

## 前 言

本规范附录 A、附录 B 是资料性附录。

本规范由中国人民解放军总装备部电子信息基础部提出。

本规范起草单位：宁夏东方钽业股份有限公司、上海空间推进研究所、西北有色金属研究院、中国空间技术研究院控制与推进系统事业部。

本规范主要起草人：周小军、孙 伟、刘志泉、汪 凯、王 莉、李桂鹏、郑 欣、张 静、王 平、任 晓、王秋迎。

# 航天用铌钨合金棒材规范

## 1 范围

本规范规定了航天用铌钨合金棒材的要求。

本规范适用于直径为 4mm~150mm、退火态的铌钨合金棒材。

## 2 引用文件

下列文件中的条款通过引用而成为本规范的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单（不包括勘误的内容）或修订版本都不适用于本规范，但提倡使用本规范的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本规范。

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法

GB/T 3850 致密烧结金属材料硬质合金密度测试方法

GB/T 4338 金属材料高温拉伸试验方法

GB/T 15076.1 钽铌化学分析方法 铌中钽量的测定

GB/T 15076.5 钽铌化学分析方法 钽量和钨量的测定

GB/T 15076.6 钽铌化学分析方法 钽中硅量的测定

GB/T 15076.8 钽铌化学分析方法 碳量和硫量的测定

GB/T 15076.10 钽铌化学分析方法 铌中铁、镍、铬、钛、锆、铝和锰量的测定

GB/T 15076.13 钽铌化学分析方法 钽中氮量的测定

GB/T 15076.14 钽铌化学分析方法 氧量的测定

GB/T 15076.15 钽铌化学分析方法 氢量的测定

GB/T 20967-2007 无损检测 目视检测 总则

## 3 要求

### 3.1 熔炼方法

用于制造棒材的 NbW5-1 合金铸锭应采用真空电子束炉熔炼；NbW5-2 合金铸锭应采用真空自耗电炉熔炼。

### 3.2 牌号、状态、规格

棒材的牌号、状态及规格应符合表 1 的规定。

表 1

牌号	状态	直径, mm	长度, mm
NbW5-1、NbW5-2	再结晶退火态 <sup>a</sup> (M)	4~150	≤2000

<sup>a</sup> 推荐再结晶退火温度为 1350℃~1500℃，保温时间为 60min~120min。

### 3.3 化学成分

棒材的化学成分应符合表 2 的规定。

### 3.4 密度

牌号为 NbW5-1 的棒材密度为 8.65g/cm<sup>3</sup>~9.00g/cm<sup>3</sup>。

表 2

牌号	NbW5-1		NbW5-2	
化学成分 (质量分数), %	Nb	余量	余量	
	W	4.5~5.5	4.5~5.5	
	Mo	1.7~2.3	1.5~2.5	
	Zr	0.7~1.2	1.4~2.2	
	C	0.05~0.12	≤0.02	
	Ta	≤0.10	≤0.50	
	Si	≤0.01	—	
	Fe	≤0.02	—	
	Al	≤0.02	—	
	O	≤0.01	≤0.023	
	N	≤0.01	≤0.015	
	H	≤0.002	≤0.0020	
	其他 元素	单个	≤0.08	—
		总和	≤0.15	≤0.3

## 3.5 力学性能

棒材的力学性能应符合表 3 的规定。

表 3

牌号	温度 ℃	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 $Z$ , %	硬度 HBW
NbW5-1	室温	≥400	≥270	≥20	—	120~160
	1600	≥70	≥60	≥25	—	—
	1800	≥45	≥35	≥30	—	—
NbW5-2	室温	≥450	≥310	≥25	≥40	—
	1650	≥60	—	≥20	—	—

## 3.6 尺寸及外形

3.6.1 棒材直径允许偏差应符合表 4 的规定。

表 4

单位为毫米

直径	允许偏差
4~20	±0.50
>20~60	±0.80
>60~100	±1.00
>100~150	±1.25

3.6.2 棒材的定尺或倍尺长度的允许偏差为+10mm，倍尺长度应加入锯切分段时的锯切量，每一锯切量为 5mm。棒材的定尺或倍尺长度应在订货合同中注明，否则按不定尺长度供货。

3.6.3 棒材的圆度应不超过直径的允许偏差之半。

3.6.4 棒材的端部应锯切平整。直径不大于 35mm 的棒材，切斜应不大于 3mm；直径大于 35mm 的棒材，切斜应不大于 4mm。

### 3.7 低倍组织

棒材的低倍组织不应有目视可见的裂纹、折叠、气孔、缩孔、金属或非金属夹杂等缺陷。

### 3.8 高倍组织

棒材应为完全再结晶组织。棒材的高倍组织不应有偏析、夹杂缺陷。

### 3.9 超声检测

棒材的超声检测不应出现单个缺陷反射波高于满幅度的 80%，底波衰减 6dB 以上及连续型缺陷。

### 3.10 外观质量

3.10.1 棒材表面应平滑、清洁，不应有裂纹、针眼、起皮、夹杂、划痕、酸洗残痕等缺陷。

3.10.2 棒材表面允许有修复过的划伤、凹坑、毛刺等缺陷的痕迹，但不应超出尺寸的允许偏差。

3.10.3 表面允许有轻微的矫直痕迹、氧化色和轻微发暗的局部水迹。

### 3.11 表面状况

棒材的表面粗糙度  $R_a$  不大于 12.5 $\mu\text{m}$ ，锐边应倒角。

### 3.12 产品标志

应在每根棒材的适宜位置进行编号，以保证棒材可追溯性。

## 4 质量保证规定

### 4.1 检验分类

本规范的检验为质量一致性检验。

### 4.2 质量一致性检验

#### 4.2.1 组批

棒材应成批提交验收，每批应由同一牌号、熔炼炉号、热处理炉号、状态、规格的棒材组成。

#### 4.2.2 检验项目及取样

棒材的质量一致性检验项目、取样位置及数量应符合表 5 的规定。棒材的化学成分供方以铸锭的分析结果报出，需方复验均在棒材中取样分析。

表 5

检验项目	取样位置	取样数量	要求的章节号	检验方法的章节号	
化学成分	任意	1 个	3.3	4.3.1	
密度	任意	1 个	3.4	4.3.2	
力学性能	室温力学性能	沿棒材的加工方向	2 个	3.5	4.3.3
	高温力学性能	沿棒材的加工方向	2 个	3.5	4.3.3
	硬度	棒材横断面	1 个	3.5	4.3.3
尺寸及外形	任意	逐根	3.6	4.3.4	
低倍组织	棒材横断面	1 个	3.7	4.3.5	
高倍组织	棒材横断面	1 个	3.8	4.3.6	
超声检测	棒材表面	逐根	3.9	4.3.7	
外观质量	任意	逐根	3.10	4.3.8	
表面状况	任意	逐根	3.11	4.3.9	

### 4.2.3 检验结果的判定

4.2.3.1 化学成分检验结果不合格，应从该批棒材(包括原受检棒材)中取双倍数量的试样对该不合格

项进行重复试验。若重复试验仍有检验结果不合格，判该批棒材不合格。

4.2.3.2 棒材的密度检验结果不合格，应从该批棒材(包括原受检棒材)中取双倍数量的试样对该不合格项进行重复试验。若重复试验仍有检验结果不合格，判该批棒材不合格。

4.2.3.3 力学性能检验结果不合格，应从该批棒材(包括原受检棒材)中取双倍数量的试样对该不合格项进行重复试验。若重复试验仍有检验结果不合格，判该批棒材不合格。

4.2.3.4 尺寸及外形检验结果不合格，判该根棒材不合格。

4.2.3.5 低倍组织检验结果不合格，应从该批棒材(包括原受检棒材)中取双倍数量的试样对该不合格项进行重复试验。若重复试验仍有检验结果不合格，判该批棒材不合格。

4.2.3.6 高倍组织偏析及夹杂检验结果不合格，判该批棒材不合格；高倍组织未达到完全再结晶组织要求时，允许进行再次热处理(再次热处理次数不超过两次)后重新检验，若重新检验仍不合格，判该批棒材不合格。

4.2.3.7 超声检测结果不合格，参照附录 A 由供需双方协商判定。

4.2.3.8 外观质量检验结果不合格，判该根棒材不合格。

4.2.3.9 表面状况检验结果不合格，判该根棒材不合格。

### 4.3 检验方法

4.3.1 化学成分分析按 GB/T 15076.1、GB/T 15076.5、GB/T 15076.6、GB/T 15076.8、GB/T 15076.10、GB/T 15076.13、GB/T 15076.14、GB/T 15076.15 的方法进行。

4.3.2 密度检验按 GB/T 3850 的规定进行。

4.3.3 室温力学性能检验按 GB/T 228.1 的规定进行，高温力学性能检验按 GB/T 4338 的规定进行，硬度检验按 GB/T 231.1 的规定进行。

4.3.4 尺寸及外形用相应精度的量具进行检验。

4.3.5 低倍组织检验参照附录 B 由供需双方协商确定。

4.3.6 高倍组织的检验方法和判定方法由供需双方协商确定。

4.3.7 超声检测参照附录 A 由供需双方协商确定。

4.3.8 外观质量检验按 GB/T 20967—2007 第 5 章的规定进行。

4.3.9 表面粗糙度采用相应精度的粗糙仪进行检验。

## 5 交货准备

### 5.1 包装

棒材应用木质包装箱进行包装，用泡沫、海绵等软性缓冲物填紧，以防窜动。

### 5.2 运输

棒材运输中应严禁剧烈碰撞。

### 5.3 贮存

棒材应贮存在阴凉干燥处，不应与酸、碱等腐蚀性物质混贮。

### 5.4 标志

棒材包装箱上应注明：

- a) 承制方名称；
- b) 产品名称、牌号、规格和状态；
- c) 批号；
- d) 生产日期；
- e) 毛重；
- f) “小心轻放”等字样或标志。

### 5.5 质量证明文件

每批棒材应附有质量证明文件，其上注明：

- a) 承制方名称；
- b) 熔炼方法；
- c) 产品名称和牌号；
- d) 产品状态和规格；
- e) 净重和件数；
- f) 各项分析检验结果和质监部门印记；
- g) 批号；
- h) 本规范编号；
- i) 生产日期；
- j) 其他。

## 6 说明事项

### 6.1 预定用途

本规范规定的铌钨合金棒材预定用于航天高温结构件。

### 6.2 标记示例

棒材标记按产品名称、牌号、状态、规格和本规范编号的顺序表示。标记示例如下：

示例：

用 NbW5-1 合金制造的、退火态、直径 20mm、长度 2000mm 的圆棒，标记为：

棒 NbW5-1M  $\phi$ 20×2000 GJBXXX-XXXX。

### 6.3 订货文件内容

合同或订购单中应写明下列内容：

- a) 产品名称或代号；
- b) 牌号；
- c) 重量；
- d) 熔炼方法；
- e) 本规范编号；
- f) 其他。

附录 A  
(资料性附录)  
超声检测方法

### A.1 设备及人员要求

A 型脉冲反射式超声波探伤检测所使用的设备应满足 JB/T 10061 的要求。操作人员应达到部级或与此相当的学会级 I 级及以上超声波检测人员资格, 签发及解释检测报告人员应达到部级或与此相当的学会级 II 级及以上人员资格。

### A.2 标准试块

选用与被检材质、热处理及表面状态相同的棒材加工成对比试块, 人工平底孔缺陷当量为  $\phi 1.0\text{mm}$ 。对比块要求见图 A.1。

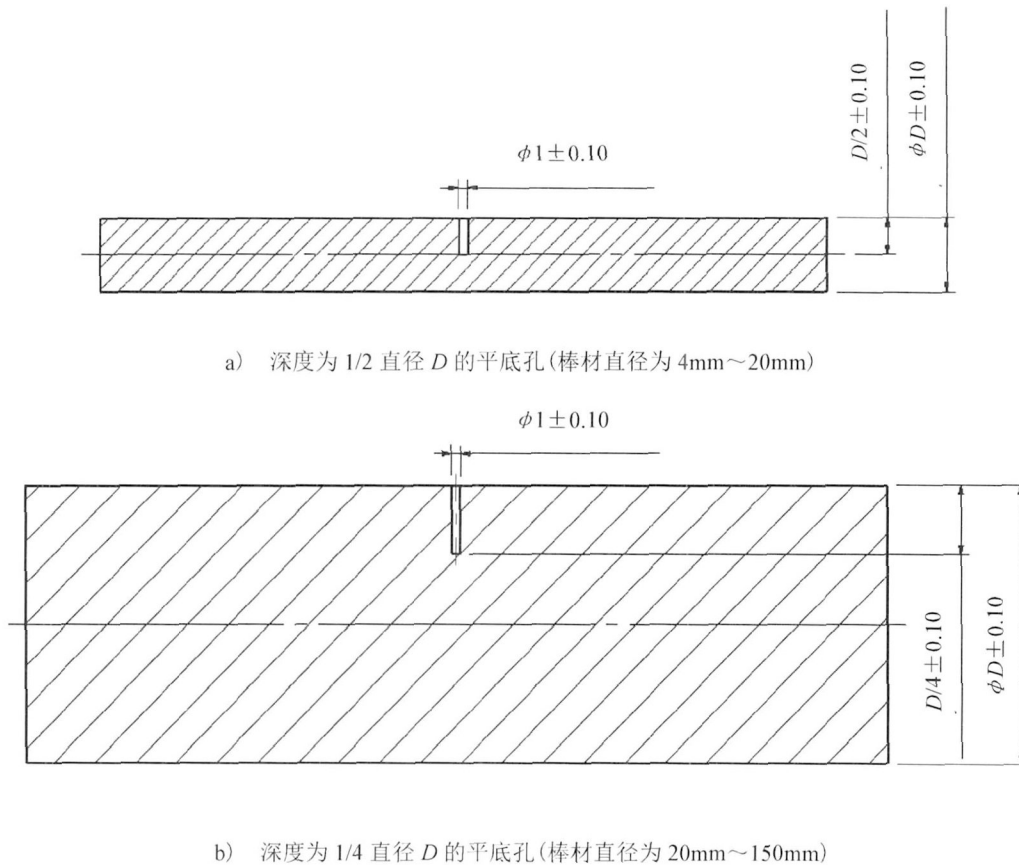


图 A.1

### A.3 扫查

A.3.1 推荐使用探头工作频率为 5MHz~10MHz 的聚焦探头, 晶片直径为 5mm~10mm, 被测产品直径不小于 15mm。

A.3.2 表面耦合介质推荐使用甘油。

A.3.3 扫描部位推荐采用圆周表面。

A.3.4 报警闸门高度设置为满屏的 80%。

A. 3.5 手动扫描速度应不大于 150mm/s, 探伤间距应不大于晶片直径的一半。

#### A. 4 灵敏度调试和修正

##### A. 4.1 灵敏度调试

本超声波检测采用直接接触法, 利用对比试块, 人工平底孔缺陷当量为  $\phi 1.0$  mm。调整仪器的检测参数, 输入棒材的纵波声速, 按 1:1 比例调整探测范围。探头放在人工缺陷处, 使示波屏上人工缺陷的最高反射回波达到仪器满屏的 80%之间的某一值为基准高, 记录灵敏度。此时的灵敏度作为探伤扫查的灵敏度。扫查时, 对探测面应全面扫查, 扫查覆盖至少应为探头直径的 15%, 扫查过程中要注意观察缺陷波和底波情况, 避免扫查速度过快造成漏检。

##### A. 4.2 灵敏度修正

当所使用的标准试块的半径与所检棒材的半径有偏差时, 应进行灵敏度的修正, 即进行曲面补偿。建议采用以下两种方法。

- a) 将探头耦合于标准试块的半径与工件平面厚度相近处, 调节仪器, 使人工缺陷的反射波高达到满幅的 80%, 再下降 20dB, 此时的灵敏度即为对平面工件探伤的起始灵敏度。
- b) 记录标准试块上人工缺陷的反射波与底波高度都达到 80%时相差的 dB 数。将探头耦合于平面工件上, 调节仪器, 使工件底波达到 80%, 再增加所记录的 dB 数, 此时的灵敏度即为探伤平面工件所需灵敏度。

#### A. 5 检验结果的判定

A. 5.1 整根棒材有连续性缺陷, 且缺陷波幅不小于 60%, 判此根棒材为不合格。

A. 5.2 整根棒材有两处或两处以上长度不小于 20mm 的连续性缺陷, 判此根棒材为不合格。

A. 5.3 整根棒材中有高于满幅的 80%的单个缺陷波 8 个以上, 判此根棒材为不合格。

A. 5.4 整根棒材中有高于满幅的 80%的单个缺陷波且底波衰减 6dB 以上, 判此根棒材为不合格。

#### A. 6 对可疑棒材的处理

A. 6.1 对棒材可疑部位的可见缺陷进行消除后, 此棒材应按本规范规定的方法重新探伤检验。

A. 6.2 按供需双方商定的方法和验收标准对可疑部位进行其他非破坏性检验。

#### A. 7 记录

检验后的棒材应分类放置, 并做好相关记录和标识。

**附录 B**  
(资料性附录)  
低倍组织检测方法

**B.1 试样制备**

沿棒材横向切取厚度不小于 15mm 的试片。对其端面进行机加工处理，其受检面的表面粗糙度  $R_a$  应不大于  $1.6\mu\text{m}$ 。

**B.2 试样腐蚀**

**B.2.1** 将试样在常温的强酸溶液里进行足够时间的腐蚀，以便得到清晰的低倍组织。推荐的腐蚀溶液见表 B.1。

表 B.1

溶液	配比
硝酸(65%~68%)：硫酸(95%~98%)：氢氟酸(40%~42%)：水	2:1:1:1
硫酸(65%~68%)：硝酸(95%~98%)：氢氟酸(40%~42%)	5:2:2

**B.2.2** 受检面采用浸液腐蚀，保持 1min~3min 后立刻取出，用加压清水冲洗。

**B.2.3** 冲洗后采用酒精进行表面擦拭，并用热风吹干。

**B.3 试样检查**

将试样置于光照度不低于 2153 lx 下，采用直接目视检查。

中 华 人 民 共 和 国  
国家军用标准  
航天用铌钨合金棒材规范  
GJB 8507—2015

\*

总装备部军标出版发行部出版  
(北京东外京顺路7号)  
总装备部军标出版发行部印刷车间印刷  
总装备部军标出版发行部发行  
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 24 千字  
2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月第 1 次印刷

\*

军标出字第 9964 号 定价 22.00 元