

宇航材料技术规范

AMS4928P

发布：0957.7.1

**6Al-4V 钛合金退火棒、丝、
锻件、环材和拉伸型材**

修改：2000.7

代替：AMS 4928N

1、范围

1.1 类型：本规范适用于钛及钛合金棒、丝、锻件、闪光焊环、拉伸型材，和锻坯、闪光焊环坯。

1.2 应用：主要用作最大使用温度范围在 750—900°F 399 （510℃）内。且要求具有中等强度的用这些产品制成的零部件，以退火状态使用，但不限于该用途。

2 适用文件

对本文规定范围内订单时间内有效的下述文件构成本规范的一部分，供方应使用文件的最新版本，除非规定特定的版本，当引用的文件已被删除，且未规定替代文件时，则应使用该文件的最新版本。

2.1 SAE 刊物：可从美国机动车工程师学会获取。地址：400Commonwealth Drive, Warrendale PA 15096-0001

AMS 2241 耐蚀和耐热钢、铁合金、钛及钛合金棒和丝材的尺寸公差。

MAM 2241 耐蚀和耐热钢、铁合金、钛及钛合金棒和丝材的尺寸公差（米制）

AMS 2249 钛及钛合金化学分析界限

AMS 2750 高温测定方法

AMS 2808 锻件的标记

AMS 2809 钛及钛合金加工产品的标记

AMS 7498 钛及钛合金闪光焊环

2.2 ASTM 刊物

可以美国材料和试验协会获得。 地址：1916 Race Stree Philadelphia PA 19103-1187

ASTME8 金属材料拉伸试验

ASTME8M 金属材料拉伸试验（米制）

ASTME120 钛及钛合金的化学分析

ASTM E1409 钛及钛合金中氧的测定采用惰性气体熔融技术。

ASTM E1447 钛及钛合金氮的测定采用惰性气体熔融导 方式。

3 技术要求

3.1 成分

成分和量百分比应符合表 1 的规定，氧的测定按 ASTME1409 进行，氮的测定按 ASTM E1447 进行，其它元素按 ASTME120 用湿化法、光谱分析法或采用用户认可的其他分析方法测定。

表 1		成分
元素	最小	最大
Al	5.50	6.75
V	3.50	4.50
Fe		0.30
O		0.20
C		0.08
N		0.05(500PPm)
H		0.0125(125PPm)
Y		0.005(50PPm)
残余元素 单一（3.1.2）		0.10
残余元素总和（3.1.2）		0.40
Ti	余量	

3.1.1 锻件氢含量最高可达 0.015 （ 150PPm）

3.1.2 常规验收不要求测定

3.1.3 当应用 ASTM E1447 进行氮的成分分析时，试样量应为 0.35 克（见 8.7）

3.1.4 成品检验：成分允差应符合 AMS 2249 的规定

3.2 熔炼操作

3.2.1 合金应经多次熔炼，最后一次熔炼应在真空下进行， 首次熔炼可采用自耗电极不允许添加合金。

3.2.1 合金经多次熔炼，最后一次熔炼应在真空下进行。首次熔炼可采用自耗电极、非自耗电极、电子束或等离子束熔炼，随后一次熔炼用自耗电极不允许添加合金。

3.2.1 (R) 非自耗电极熔炼可采用真空或绝对压力不大于 1000mmHg 的氩或氦气中进行。

3.2.1.2 非自耗电极熔炼的电极头应使用水冷铜。

3.3 状态

产品应以下述状态交货：

3.3.1 棒热精整，采用或不采用后道冷加工减径，退火并去除氧化皮，除非用户特别禁止，产品退火前可以进行固熔热处理。

3.3.3.1 除非规定或在用户另件图中允许闪光焊环不应供当提供时，环材应依据 AMS7498 进行制造。

3.3.4 拉伸型材：拉伸、退火并去除氧化皮、除非用户特别拉伸型材退火前可以进行固熔热处理。

3.3.5 锻件坯或闪光焊环坯：按锻件或闪光焊环制造厂规定。

3.4 热处理

棒、丝、锻件和闪光焊环应按下述规定热处理，高温测定应依据 AMS2750 进行。

3.4.1 固熔热处理：当使用固熔热处理时，加热至 β 转变温度以下 50—150°F (28~83°C) 范围内，在选择温度 $\pm 25^\circ\text{F}$ ($\pm 14^\circ\text{C}$) 范围内依据材料截面厚度，加热设备和使用工艺保持适当时间。以空冷速度或比空冷更快的速度冷却。

3.4.2 退火加热至 1800~4450°F (704~788°C) 范围内，在选择温度 $\pm 25^\circ\text{F}$ ($\pm 14^\circ\text{C}$) 内保温不少于 1 小时后以一定速度冷却。

3.5 性能

产品应符合下速要求，并且被加热至 1250°F (675°C)，并在该温度中保持 20 分钟 ± 3 分钟，空冷和去除氧化皮后应满足 3.5.1.1 和 3.5.1.2 所述内容。

3.5.1 棒、丝、锻件和闪光焊环：名义直径或平行边间距不大于 6 英寸 (152mm) 的产品，其性能应符合下述规定。

3.5.1.1 拉伸性能：拉伸性能应符合表 2 的规定。依据 ASTM E8 或 ASTM E8M 标准。按 4.3.1.2 中规定的试样以应变速度为 0.003—0.007 英寸/英寸/分 (0.003~0.007mm/mm/min) 保持至屈服强度，达到屈服强度后应加大应变速率以便在大约 1 分钟内拉断试样，当买卖双方对屈服强度值产生争议时，应在装有定速应变速率试验机上进行仲裁试验，使用 0.005 英寸/英寸/分 (0.005 mm/mm/min) 通过屈服强度，当通过后，最小十字头速度应为 0.10

英寸/分 (0.04mm/s)。

3.5.1.1.1 表 2 中纵向要求适用于棒和丝的试样，取样时其试样轴心线应与加工流线大致平行对闪光焊环应按周向切取试样。。

3.5.1.2 表 2 中 横向要求仅适用于可获取长度不小于 2.50 英寸（63.5mm）拉伸试样的产品。

3.5.1.1.3 对于名义直径小于 0.125 英寸（3.18mm）的丝材和最大断面厚度小于 0.125 英寸（3.18mm）的拉伸型材不提供屈服强度和断面收缩率。。

3.5.1.2 显微组织：应主要是 $\alpha - \beta$ 区加工产生的组织。显微组织应符合 3.5.1.2.1 3.5.1.2.2 或 3.5.1.2.3 地规定

3.5.1.2.1 转变的 β 基体上的等轴和/或拉长的 α 组织和在原 β 晶界不连续的网状 α 组织。

表 2A—最小拉伸性能，英寸/ 磅单位

名义直径或两平 行边间距 英寸	抗拉强度 KSL (3)	屈服强度 KSL (3)	伸长率 2 英寸或 40			断面收缩率 %		
			%					
			L	L-T	S-T	L	L-T	S-T
2000	135	125	10	10	—	25	20	—
2000~4000	130	120	10	10	10	25	20	15
4000~6000	130	120	10	10	9	20	20	15

表 2B—最小拉伸性能 ， SL 单位

名义直径或两平 行边间距 mm	抗拉强度 MPa (3)	屈服强度 MPa (3)	伸长率 50.8mm 或 4D			断面收缩率		
			L	L-T	S-T	L	L-T	S-T
50.80	981	862	10	10	—	25	20	—
50.80~101.60	896	827	10	10	10	25	20	15
101.60~152.40	895	827	10	10	9	20	20	15

注：： L=纵向 L-T=长横向 S-T=短横向

- 1) 最小抗拉强度 130KSL (896 MPa) 和最小屈服强度 120KSL (827 MPa) 适用于做紧固件的丝和杆，以及适用于直径小于和等于 2000 英寸 (50.80mm) (包括平行边间距) 的挤压件用于生产闪光焊环。
- 2) 通过挤压材生产的闪光焊环不要求短横向面缩。

3) 拉伸和屈服强度适应于纵向和横向。

3.5.1.2.2 基本上 都是等轴和/或拉长的, 组织和在原 β 晶界不连续的网状 α 组织。

3.5.1.2.3 不连续和扭曲晶界 α 和片状 α 组织。

3.5.1.2.4 在初始: 晶界形成连续的 α 组织是不可接受的组织。

3.5.1.3 表面污染产品除了 3.5.1.4.1 和 3.5.1.4.2 允许外应无任何 富氧层(见 8.2) 诸如 α 层, 或其他表面污染层, 测定方法采用放大 100 倍以上的全相检查或买方认可的其他方法进行。

3.5.1.3.1 除圆棒以及拉伸型材外, 其他棒材表面允许深度不大于 0.001 英寸(0.025mm) 的富氧层。

3.5.1.3.2 当买方允许时, 要全面机加工的锻件和闪光焊环允许有富氧层, 但这样的富氧层在锻件和闪光焊环机加工许可范围内可除去

3.5.2 锻坯: 当坯试样锻成试块, 且机加工变形量应不大于锻件, 试块按 3.4 进行热处理, 从热处理试块上取的试样应符合 3.5.1.1 的规定, 如果从按 3.4 可热处理后锻坯上切取的试样符合 3.5.1.1 要求, 其试验应与锻造试块的试验结果等同。

3.5.3 闪光焊环坯: 试样坯应按 3.4 进行热处理, 且应符合 3.5.1.1 的要求。

3.5.1.1 的要求

3.6 质量: 买方收到的产品其质量和状态一致且良好, 应无外来物质及有害于产品使用的有害缺陷。

3.6.1 除了闪光焊环焊界处形成断晶外, 模锻件的晶体流向一般以锻件轮廓形成显示, 晶体流向上下应有明显的不封闭存在。

3.7 棒材和丝材的公差应符合 AMS2241 或 MAM2241 的相关规定。

4 质量保证措施

4.1 检验责任

产品供方应提供全部检验试样并应负责进行全部要求的试验, 买方为确保产品符合规定的要求, 保留对产品的复验权并在必要时进行复验。

4.2 试验分类

4.2.1 验收试验: 下述要求的试验称为验收试验, 验收试验对使用的每一炉号或每一批次进行。

4.2.1.1 每一炉号的化学成分 3.1 和每批次的氢含量

4.2.1.2 收到每批棒、丝、锻件和闪光焊环的拉伸性能（3.5.1.1）显微组织（3.5.1.3）和表面污染（3.5.1.4）

4.2.1.3 棒、丝的公差

4.2.2 定期检验：下述要求的检验称为定期检验，除了买方规定检验频此外，应按卖方选择的检验频次运行。

4.2.2.1 按 3.5 二次加热的棒、丝、锻件和闪光焊环，以及拉伸型材的拉伸性能（3.5.1.1）

4.2.2.2 锻坯（3.5.2）和闪光焊环用坯（3.5.3）应具有发展性能的能力。

4.2.2.3 横锻件的晶粒流回

4.3 取样和试验

取样和试验应符合下述规定，每批应指同一相同一时间加工并按相同固熔热处理，退火 批次，具有相同名义尺寸的全部产品。

4.3.1 验收试验

4.3.1.1 除了氢是从每批热处理和化学处理后的产品上取一个试样外，每一铸锭取一个试样。

4.3.1.2 拉伸性能：从每批棒（丝）闪光焊环以及拉伸型材中至少取一个试样，每批锻件中的取样数量、方向、部位应由买卖双方协商确定。

4.3.1.2.1 对闪光焊环的试样切取不包括在焊接热影响区中。

4.3.1.3 显微组织和表面污染，每批中至少取一个试样。

4.4 报告

4.4.1 供方每批交货的棒、丝、锻件和闪光焊环以及拉伸型材应提供一份报告，其上注明每一炉的化学成分和每批的氢含量、每批的拉伸性能的检验结果和说明符合本技术规范的其他技术要求，报告中应包括订单号、批号、AMS4928P、尺寸、规定采用的热处理和数量，如果提供锻件的话，还应包括零件号、尺寸和制造锻件使用坯料的熔炼地。

4.4.2 供方每批交货的锻坯或闪光焊环坯应提供一份报告，其上注明：每一炉的化学成分分析结果，该报告也应包括：订单号、锭号、AMS 4928P、尺寸和数量。

4.5 重复取样和重复报告：

如果上述试验所用的任一试样不符合规定的要求，对原不合格的试样可安排三个附加试样，任一复验试样不能满足规定的要求该试样所代表的产品应被拒收，所有试验结果报出。

5 交货准备

5.1 标记

应按下述要求：

5.1.1 棒和丝按 AMS2809 规定执行。

5.1.2 锻件按 AMS2809 规定执行。

5.1.3 闪光焊环，锻坯或闪光焊环坯按供需双方协商进行

5.2 包装

产品装运准备应按商业惯例和有关的产品装卸、包装和运输相适应的准则和条例，以确保承运者接受和安全交货。

6 认可

收到订购单后，供方在全部报价单中应提及本技术规范号和它的修改字母。

7 拒收

不符合本规范或供方认可的变更标准的产品应拒收

8 注：

8.1 在左边缘位置的修改条：(1) 是为了使用者的方便，其所在处表示技术条件已修改，而并非编辑的变更，在那里是本技术条件以前存在地问题，如果符号 (R) 是在技术条款题目的左边，则该符号表示本项技术条款完全修改。修改条和 (R) 在原出版物中未使用，在这仅表示编辑上的修改。

8.2 α 相的富氧层既硬又脆并导致疲劳性能的明显降低。

8.3 MIL-HDBK-5 中规定的“A”比标准中规定的截面厚度 4—6 英寸(102—152mm) 的产品规定值要小。

8.4 钛金相组织的专用术语规定于 AS1914。

8.5 在 AMB 中使用的条款解释出现在 ARP1917 中

8.6 以英寸/磅单位规定的尺寸和性能和华氏温度为主要单位，以 SI 规定的尺寸和性能和摄氏温度是主要单位的近似值，仅供参考。

除 ASTM E1447 外，ASTM

E146 1991 年撤销的锆及锆合金的化学分析方法已被用作氢分析的另一种方法，热萃取法。

8.8 订购文件规定应不少于下列内容：

AMS 4928P

需要产品的类型、尺寸或零件号

需要产品的数量

8.9 相似规范

MIL-T-9047 仅列为资料参考而不作为合格的代替标准，除非本 AMS 的全部要求得到满足。