

航空航天材料标准规范 AMS 4911L

退火钛合金 6Al-4V 薄板、带材和中厚板

原理

AMS 4911L 产生于 3.4 节的 SI 转换值。AMS 4911K 产生于包括报告要求修订和表 2 标题修正的考查和更新。

1. 范围

1.1 规格

本规范涵盖了各种规格的薄板、带材和中厚板钛合金。

1.2 应用

此类产品主要应用于 750 ° F (399) 温度下需要较大强度的零件，但是其应用不仅仅限于此类应用。

1.2.1

一些加工方法和服役条件可能造成此类产品对应力—腐蚀裂纹； ARP82推荐了减小这些条件的习惯做法。

2. 参考资料

下述文件在购买订单签订之日起生效， 这里列出了部分标准的指定要求。 供货商需按照标准规范的最新修订版加工， 除非指定专门标准要求。 当参考标准取消且替换标准没有指定，最新修订版的标准需要提供。

2.1 SAE 规范

SAE协会授权，协会地址：400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001, Tel: 877-606-7323 (inside USAand Canada) or 724-776-4970 (outside USA), or www.sae.org .

AMS 2242 高强，耐蚀和耐热钢，铁合金，钛，钛合金薄板、带材和中厚板

AMS 2249 钛和钛合金化学成分分析

AMS 2631 钛和钛合金棒材和坯段超声波探伤

AMS 2750 高温测定法

AMS 2809 钛和钛合金锻件成品标识

ARP982 减小钛合金锻件成品的应力—腐蚀裂纹的方法

2.2 ASTM 规范

ASTM 协会授权，协会地址：100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, Tel: 610-832-9585, or www.astm.org .

ASTM E8 金属材料拉伸试验方法

ASTM E290 材料韧性弯曲试验方法

ASTM E384 材料微米探测压痕硬度方法

ASTM E539 6Al-4V 钛合金的 x射线发射光谱测定法

ASTM E1409 惰性气体中熔化方法测定钛和钛合金中氧与氮含量

ASTM E1447 惰性气体中熔化导热率 / 红外线探测方法测定钛和钛合金中氢含量

ASTM E1941 难熔活性金属及其合金的碳测定方法
ASTM E2371 基于原子发射等离子体光谱法的钛和钛合金分析

3. 技术要求

3.1 成分

成分需要符合表 1中所示的质量分数要求；碳含量按照 ASTM E194测定，氢含量按照 ASTM E44确定，氧、氮含量按照 ASTM E140测定，其它元素测定方法符合ASTM E53或者ASTM E2371, 如购买方同意，可以使用其它分析方法。

表1 成分

元素	最小含量	最大含量
铝	5.50	6.75
钒	3.50	4.50
铁	——	0.30
氧	——	0.20
碳	——	0.08
氮	——	0.05（ 500 ppm）
氢（ 3.1.2 ）	——	0.015（ 150 ppm）
钪（ 3.1.1 ）	——	0.005 （ 50ppm）
其它元素，每种（ 3.1.1 ）	——	0.10
其它元素，总量（ 3.1.1 ）	——	0.40
钛	剩余	

- 3.1.1 常规要求不需要的测定
- 3.1.2 按照ASTM E 1447, 需要大约 0.35 克样本。
- 3.1.3 检查分析
- 成分变化需要符合 AMS 2249的现行要求

3.2 熔炼方法

- 3.2.1 合金需要多次熔炼。倒数第二次熔炼需要采用真空自耗电弧炉，真空非自耗电弧炉，电子束冷床炉和等离子体冷床炉熔炼。 最后一次熔炼需要采用真空自耗电弧炉熔炼，且不添加任何合金元素。
 - 3.2.1.1 非自耗电弧炉熔炼的气氛要求是真空或者不超过 1000mn汞柱压力的氩 / 氦气氛。
 - 3.2.1.2 非自耗电弧炉电极为水冷电极

3.3 供货条件

产品供货条件为以下几种：

3.3.1 板材和带材

有或没有后续冷轧的热轧状态，退火，去氧化皮，平板，镀商业耐蚀钢 No.2D

镀层。

3.3.2 中厚板

热轧，退火，去氧化皮，扁平，镀商业耐蚀钢 No.1 镀层（见 8.2 ）。中厚板产品需要采用进行过严格设计的标准工业加工方法生产， 已达到采购合同要求厚度的中厚板坯料产品。棒料，坯料，锻件，锻件不能作为中厚板的替代品。

3.4 退火

产品需要加热到 1300 到 1650 ° F (704 到 899)，在这个温度保温一定时间，温度变化范围为 ± 25 ° F(± 14)，保温时间由产品厚度和热处理设备及选择的热处理工艺决定，以某个冷却速率冷却，从而使产品符合 3.5 的技术要求。高温测定方法按照 AMS 2750进行。

3.5 性能

产品需要符合以下要求， 1325 ° F ± 15(718 ± 8) 温度正火，保温时间 20 ± 2min，冷却速度相当于空冷或者更小，并且去氧化皮。

3.5.1 拉伸性能

表 2 中列出了拉伸性能，拉伸性能按照 ASTM E 8 测试，在应变速率 0.003-0.007 英寸/分钟 (0.003-0.007 mm/mn每分钟)，加载力达到材料屈服强度后继续增加加载力约 1 分钟后，构件断裂。当供应商和购货方在屈服强度上产生法律纠纷时，仲裁测试需在拉伸上以应变速率 0.005 英寸/分钟进行，直至达到屈服强度。

表 2A 最低拉伸性能 英寸 / 磅 单位

公称厚度 / 英寸	拉伸强度 ksi	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ ksi	2 英寸或 4D 延伸率 %
0-0.008 除外	134	126	——
0.008-0.025 除外	134	126	6
0.025-0.063 除外	134	126	8
0.063-0.1875 除外	134	16	10
0.1875-4.000 含此尺寸	130	120	10

表 2A 最低拉伸性能 国际单位制

公称厚度 / 毫米	拉伸强度 Mpa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ Mpa	50.8mm或 4D延伸率 %
0-0.20 除外	920	866	——
0.20-0.63 除外	920	866	6
0.63-1.60 除外	920	866	10
0.063-0.1875 除外	920	866	10
0.1875-4.000 含此尺寸	893	823	10

3.5.1.1

拉伸性能要求既包括纵向要求也包括横向要求。 横向拉伸性能测试需在产品上截取试样，对板带产品而言，试样长度不小于 8.0 英寸（203mm），对中厚板而言，试样长度不小于 2.50 英寸（63.5mm）。纵向测试的产品不需要横向测试。

3.5.2 弯曲性能

公称厚度小于 0.1875 英寸（4.762mm）的产品需加工试样，公称宽度 0.750 英寸（19.06mm），沿轧制方向作轴向弯曲。试样弯曲试验方法按照 ASTM E 290 进行，弯曲角度 105°。弯曲夹具和试样接触半径最小 0.010 英寸（0.25mm），撞杆压头半径等同于表中 3 倍于弯曲因子的公称厚度。放大 15 到 25 倍后，弯曲试验外观检查无裂纹。

表 3 弯曲参数

公称厚度（英寸）	公称厚度（毫米）	弯曲因子
0-0.070（含此尺寸）	0-1.78（含此尺寸）	4.5
0.070-0.1874（含此尺寸）	1.78-4.76（含此尺寸）	5

3.5.3 微观组织

组织变化来源于 α 相相变处理，微观组织需要符合 3.5.3.1，或者 3.5.3.2 或者 3.5.3.3 或者 3.5.3.4。经微观组织观察，初始相晶界上出现连续网状 α 相是不可接受的。

3.5.3.1 含片状和等轴状 α 的转变 β

3.5.3.2 含等轴 α 的转变 β

3.5.3.3 含等轴 α 和针状 α 的转变 β

3.5.3.4 部分破碎和变形晶粒晶界， α 和片状 α 相

3.5.4 表面污染

产品不包含富氧层，如 α 相夹杂或其它表面污染。选用下面 3.5.4.1, 3.5.4.2, 3.5.4.3 中的任何一项或者用户可以接受的方法进行检测。

3.5.4.1 3.5.2 中所示的弯曲试验方法。

3.5.4.2 最小 400 倍的微观检查。

3.5.4.3 按照 ASTM E 384，在努普显微压痕硬度试验仪上加载 200 克力，表面硬度高于亚表面硬度 40 点，作为表面污染的不可接受的依据。

3.6 质量

购方接受的产品，在质量和供货条件，声频上一致，厚度方向无超过平面公差“油壶”状缺陷，无皱纹和异质材料，无对产品使用有害的缺陷。

3.6.1 公称厚度为 0.500 到 4.000 英寸（12.7 到 101.6mm），包含这两个尺寸在内，需要按照 AMS 2631 做超声检测并符合 AMS 2631 中 A1 级要求。

3.7 公差

公差需要满足 AMS 2242 要求。

3.7.1

中厚板可以指定专门的平面度， 这种情况适用于 AMS242 规定的特定公差要求。

4. 质量保证条款

4.1 质量检验

供货商需要提供其所有试验试样， 并对所有测试的性能负责。 购买方有权复检以确保产品符合特定要求。

4.2 检验项目

4.2.1 产品接受检验

成分 (3.1), 供货条件 (3.3), 拉伸性能 (3.5.1), 弯曲性能 (3.5.2), 微观组织 (3.5.3), 表面污染 (3.5.4), 超声波探伤 (3.6.1), 公差 (3.7) 为产品接受检验项目， 可以的话， 每批或者每件都要测试上述项目。

4.2.2 定期检验

如 3.5 中 3.5.1 规定 , 产品热处理后的拉伸性能和弯曲性能是定期检查项目。 供货商需要按要求频率检查， 除非购方指定特定的检验频率。

4.3 取样和检验

取样检验需遵守以下规则： 一批指同一时间段内生产的同一热处理条件的同一规格产品。

4.3.1 接受检测项目

4.3.1.1 成分

除了氢含量由批中所取每个试样确定外， 每批取样一个热处理后作化学成分检测。

4.3.1.2

拉伸性能， 弯曲性能， 微观组织和表面污染。
每批中取一个或多个试样。

4.3.1.2.1

宽度 9 英寸 (229mm) 以上的拉伸测试试样取样时， 试样轴向要垂直于轧制方向； 宽度 9 英寸 (229mm) 以下的拉伸测试试样取样时， 试样轴向要平行于轧制方向。 宽度 2 英寸 (50.8mm) 以下的拉伸测试试样取样时， 由供货商和购买方协商解决。

4.4 检验报告

4.4.1 毛坯材料

供货商需提供原材料制造商的报告 (材料证明) ， 包括： 生产商名称， 产品规格， 出厂尺寸， 金属熔炼所在的国家。 产品供货商需要提供每船货物的报告， 报告内容为： 化学成分检测结果， 氢含量， 拉伸性能， 弯曲性能， 超声波探伤， 每批的表面污染， 并注明产品符合其它技术要求。 这份报告还应该包括购买方订单号， 批号， AMS 4911L 规格， 应用的特定的退火处理工艺， 数量。

4.4.2 焊接部分

当用户订购 AMS 4911 时，卖方应该提供一份厂商原始报告（材料合格证明）复印件给用户。

4.5 重新取样复验

如果用于上述测试的样本有任一不符合规定要求，可依据三个额外样本的测试结果。任一样本复验结果不符合规定都应要求返工。所有测试结果均应报告。

5. 交货准备

5.1 认证

应该符合 AMS 2809。

5.2 包装

产品应该按照商业惯例做好装运准备，并且使其符合规定，适于吊运、包装、搬运，以确保能够安全运输。

6 确认

当确认购货订单后，厂商应在所有的报价单上提供说明书号及校正函。

7 返工

不符合该技术要求的产品，或由用户指定改变，将允许返工。

8 注释

8.1 左边的修改栏方便用户在固定区域注明对原规范的技术修订，而不是编辑修订。文件标题栏左方的符号（R）表明规范的完整修订版，包括技术修订。修改栏和（R）不会在原稿中出现，也不会只在作编辑修订的版本中出现。

8.1.1 AMS 4911L 是修正 K 错误的编辑修订。这里修改栏符号（S）是为方便用户在固定区域作从 K 到 L 的技术修订的。

8.2 ASTM A 480/A480M 和 AS4194 中规定了商业耐蚀钢镀层。

8.3 AMS 中使用的术语在 ARP1917 和下文中进行了解释：

8.3.1 “油壶”是指板材固定区域材料富积，可导致此区域变弯曲。当板材置于平面上或者加压时，弯曲变形可向反面或板材其它区域转移。

8.4 提供信息时，尺寸和性能采用英寸/磅单位制，温度就主要采用华氏温度；尺寸和性能采用国际单位制，摄氏温度就成为主要采用单位。

8.5 购买合同至少指明下列内容：

AMS 4911L

产品规格和产品要求规格

产品要求质量