



中华人民共和国国家军用标准

FL 6210

GJB 2218A-2008

代替 GJB 2218-1994

航空用钛及钛合金棒材和锻坯规范

Specification of titanium and titanium alloy
bars and forging stocks for aircraft

2008-03-17 发布

2008-10-01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

前 言

本规范代替 GJB 2218-1994《航空用钛及钛合金棒材和锻坯规范》。

本规范与 GJB 2218-1994 相比，主要有以下变化：

- 增加了 TA15、TA19(Ti-6242)和 TC17(Ti-17)三个钛合金牌号及相应的要求；
- 扩大了棒材的尺寸范围规定，最小直径从 21mm 改为 12mm，最大长度从 4 000mm 改为 5 000mm；
- 补充并调整了各牌号钛合金试样的推荐热处理制度；
- 增加了部分牌号产品的室温 $R_{p0.2}$ 指标；
- 修订了 TA2、TA3 和 TA4 工业纯钛产品的力学性能要求；
- 增加了所列牌号钛合金棒材的高温力学性能等要求；
- 增加了产品铤节号管理的要求；
- 补充修改了产品分类的规定。

本规范的附录 A 为规范性附录。

本规范由有色金属技术经济研究院提出。

本规范由中国有色金属工业标准计量质量研究所归口。

本规范起草单位：宝钛集团有限公司、北京航空材料研究院、沈阳飞机设计研究所、沈阳飞机工业(集团)有限公司、红原锻铸工业公司。

本规范主要起草人：张平辉、王永梅、蔡建明、黄永光、李红恩、王雪梅、李献军、李涓清、王宝善。

本规范于 1994 年 12 月首次发布。

航空用钛及钛合金棒材和锻坯规范

1 范围

本规范规定了钛及钛合金棒材和锻坯(饼、环)的要求、质量保证规定、交货准备等。

本规范适用于航空用热轧和热锻的钛及钛合金棒材和锻坯(饼、环), 航天及其他用途的钛及钛合金棒材和锻坯(饼、环)可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件, 其随后所有的修改单(不包含勘误的内容)或修订版均不适用于本规范, 然而, 鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本适用于本规范。

GB/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法

GB/T 229 金属夏比缺口冲击试验方法

GB/T 2039 金属拉伸蠕变及持久试验方法

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 4161 金属材料平面应变断裂韧度 K_{IC} 试验方法

GB/T 4338 金属材料 高温拉伸试验方法

GB/T 4698(所有部分) 海绵钛、钛及钛合金化学分析方法

GB/T 5168 两相钛合金高、低倍组织检验方法

GB/T 5193 钛及钛合金加工产品超声波探伤方法

GB/T 8180 钛及钛合金加工产品的包装、标志、运输和贮存

GJB 1580-1993 变形金属超声波检验方法

3 要求

3.1 材料

3.1.1 用于制造棒材和锻坯的铸锭应采用真空自耗电弧炉熔炼, 熔炼次数应不少于两次, 其中 TA15、TA19、TC11、TC17 的熔炼次数应为三次。最后一次熔炼稳定阶段的压强应不大于 5Pa(需充惰性气体熔炼的除外)。

3.1.2 自耗电极不允许使用钨极氩弧焊接。

3.2 产品的牌号、状态、规格

棒材和锻坯牌号、状态和规格应符合表 1 的规定。其中 TA15 钛合金棒材根据用途分为两个类别: A 类和 B 类, 一般按 A 类用途供货, 当订购方要求并在合同中注明时, 可按 B 类用途供货。

表 1

单位为毫米

牌号	供应状态	棒 材		锻 坯		
		直径或厚度	长 度	外 径	内 径	截面高度
TA2	热加工状态 (R)	12~220	300~5 000	340~600	0, 110~260	38~110
TA3				340~600	0, 110~260	38~110
TA4				340~600	0, 110~260	38~110

表 1 (续)

单位为毫米

牌号	供应状态	棒 材		锻 坯		
		直径或厚度	长 度	外 径	内 径	截面高度
TA7	热加工状态 (R)	12~220	300~5 000	340~600	110~460	38~270
TA15		12~300		340~600	0, 110~400	38~150
TA19		12~220		-	-	-
TC1				-	-	-
TC2				-	-	-
TC4				340~600	0, 110~260	38~110
TC6				-	-	-
TC11				340~600	0, 110~260	38~110
TC17				340~600	0, 110~260	38~110
TA15 还可供应退火态产品。						

3.3 化学成分

3.3.1 棒材或锻坯的化学成分应符合 GB/T 3620.1 的规定。

3.3.2 订购方从棒材或锻坯上取样进行化学成分复验时,其成分允许偏差应符合 GB/T 3620.2 的规定。

3.4 力学性能

3.4.1 棒材或锻坯的力学性能在经热处理后的试样坯上测试。试样的推荐热处理制度见表 2。

表 2

牌 号	推 荐 的 热 处 理 制 度
TA2	650℃~750℃, 保温 1h~2h, 空冷。
TA3	650℃~750℃, 保温 1h~2h, 空冷。
TA4	650℃~750℃, 保温 1h~2h, 空冷。
TA7	750℃~850℃, 保温 1h~3h, 空冷。
TA15	700℃~850℃, 保温 1h~4h, 空冷。
TA15(B类)	750℃~850℃, 保温 1h~4h, 空冷。
TA19	955℃~985℃, 保温 1h, 空冷; 575℃~605℃, 保温 8h, 空冷。
TC1	700℃~850℃, 保温 1h~2h, 空冷。
TC2	700℃~850℃, 保温 1h~2h, 空冷。
TC4	700℃~800℃, 保温 1h~2h, 空冷。
TC6	860℃~920℃, 保温 1h~2h; 随炉或转炉冷却至 600℃~650℃, 保温 2h, 空冷。
TC11	940℃~960℃, 保温 1h~2h, 空冷; 520℃~540℃, 保温 6h, 空冷。首次退火温度允许在 β 转变温度以下 30℃~50℃ 范围内调整。
TC17	830℃~850℃, 保温 1h, 空冷; 790℃~810℃, 保温 4h, 水冷; 620℃~640℃, 保温 8h, 空冷。

3.4.2 棒材的室温力学性能应符合表 3 的规定, 锻坯的室温力学性能应符合表 4 的规定, 超出表中规格范围的棒材或锻坯的室温力学性能由双方协商确定。

表 3

牌号	棒材直径 或厚度 mm	室温力学性能, 不小于				
		抗拉强度 R_m MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A %	断面收缩率 Z %	冲击韧性 α_K J/cm ²
TA2	12~100	400	275	20	30	—
TA3	12~100	500	380	18	30	—
TA4	12~100	580	485	15	25	—
TA7	12~100	785	730	10	25	—
TA15(A类)	12~100	930~1130	855	10	27	40
	>100~150	885~1130	815	8	20	35
TA19	12~100	895	825	10	25	—
TC1	12~100	585	460	15	30	—
TC2	12~100	685	560	12	30	—
TC4	12~100	895	825	10	25	—
	>100~150	895	825	9	20	—
	>150~220	895	825	8	15	—
TC6	12~100	980	840	10	25	—
	>100~150	920	800	9	20	—
TC11	12~100	1030	910	9	30	—
	>100~150	1030	910	8	23	—
TC17	12~90	1120	1030	7	15	—

3.4.3 订购方要求并在合同中注明时, 钛合金棒材的高温拉伸、持久性能应符合表 5 的规定, TA19 和 TC17 钛合金棒材的热稳定性和高温蠕变性能应符合表 6 的规定。

表 4

牌号	锻坯截面厚度 mm	室温力学性能, 不小于				
		抗拉强度 R_m MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A %	断面收缩率 Z %	冲击韧性 α_K J/cm ²
TA2	38~110	400	275	20	30	—
TA3	38~110	500	380	18	30	—
TA4	38~110	580	485	15	25	—
TA7	38~110	785	730	10	25	—
	>110~270	785	—	8	23	—
TA15	38~150	885~1130	815	8	20	35
TC4	38~110	895	825	10	25	—
TC11	38~110	1030	910	8	23	—
TC17	38~110	1120	1030	7	15	—

表 5

牌号	棒材直径 或厚度 mm	取向	高温拉伸性能		持久性能		
			试验温度 ℃	抗拉强度 R_m MPa	试验温度 ℃	试验应力 σ MPa	试验时间 τ h
TA7	12~100	纵向	350	≥ 490	350	440	≥ 100
TA15(A类)	12~100	纵向	500	≥ 570	500	470	≥ 50
TC1	12~100	纵向	350	≥ 345	350	325	≥ 100
TC2	12~100	纵向	350	≥ 420	350	390	≥ 100
TC4	12~100	纵向	400	≥ 620	400	570	≥ 100
TC6	12~100	纵向	400	≥ 735	400	665	≥ 100
TC11	12~100	纵向	500	≥ 685	500	640	≥ 35
TA19	12~100	纵向	480	≥ 620	525	480	≥ 35
TC17	12~90	纵向	370	≥ 907	370	685	≥ 100

注：超出规定直径或厚度的棒材，其高温力学性能由承订双方协商确定。

表 6

牌号	热稳定性				蠕变性能			
	热稳定 条件	抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率 A %	断面收缩率 Z %	温度 ℃	轴向应力 MPa	保持时间 h	残余变形 %
TA19	—	—	—	—	510	240	35	≤ 0.1
TC17	370℃/100h	≥ 1120	≥ 6	≥ 13	400	355	100	≤ 0.2

3.4.4 B类用途的TA15钛合金棒材，其室温力学性能在退火态棒材上或经热处理后的棒坯（一段棒材）上取样测试。其室温力学性能应符合表7的规定，高温力学性能应符合表8的规定；当订购方要求并在合同中注明时，直径大于200mm的棒材应取样锻制饼坯，饼坯的室温力学性能应符合表9的规定。

表 7

棒材类别	取向	直径或厚度 mm	抗拉强度 R_m MPa	规定非比例延伸 强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A %	断面收缩率 Z %	冲击韧性 α_K J/cm ²	断裂韧度 K_{IC} MPa·m ^{1/2}
TA15 B类	纵向	12~110	930~1130	≥ 855	≥ 10	≥ 27	≥ 40	—
		>110~150	930~1130	≥ 855	≥ 9	≥ 24	≥ 35	
	横向	75~110	930~1130	≥ 855	≥ 8	≥ 22	≥ 35	
		>110~200	930~1130	≥ 855	≥ 8	≥ 20	≥ 35	
		>200~300	885~1130	≥ 815	≥ 8	≥ 20	≥ 30	
—	≥ 75	—	—	—	—	—	报实测值	

直径或厚度 $\geq 75\text{mm} \sim 150\text{mm}$ 的产品，当合同中注明检验横向性能时，不再检验其纵向性能。
直径 $< 16\text{mm}$ 的棒材不检验冲击值。

表 8

棒材类别	直径或厚度 mm	取向	试验温度 ℃	抗拉强度 R_m MPa	持久性能	
					试验应力 σ MPa	试验时间 τ h
TA15 B类	12~200	横向	500	≥ 570	470	≥ 50
	>200~300	横向	500	报实测值	470	报实测值
无法切取横向试样的取纵向试样，并按横向指标考核。						

表 9

棒材类别	棒材直径 mm	取样规定	状态	取向	抗拉强度 R_m MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa	断后伸长率 A %	断面收缩率 Z %	冲击韧性 α_K J/cm ²	断裂韧度 K_{IC} MPa·m ^{1/2}
TA15 B类	>200~300	锻制饼坯	退火	弦向	930~1130	≥ 855	≥ 9	≥ 25	≥ 40	报实测值

3.5 β 转变温度

棒材或锻坯(工业纯钛 TA2、TA3 和 TA4 除外)应按熔炼炉号提供 β 转变温度。

3.6 超声波检验

3.6.1 除 B 类用途的 TA15 钛合金棒材外，棒材或锻坯应按 GB/T 5193 的规定进行超声波检验，其验收级别应符合表 10 的规定。

表 10

棒材直径或锻坯截面高度 mm	验收级别
12~50	A1
>50~150	A
>150~300	B

3.6.2 B 类用途的 TA15 钛合金棒材，应按本规范的附录 A 进行径向纵波、周向横波检验。径向纵波检验允许的缺陷当量值见表 11，周向横波检验不允许存在任何超过人工伤反射幅度的信号。

表 11

棒材直径 或厚度 mm	单个不连续性指示 ^a		多个不连续性指示 ^b		长条形不连续性指示 ^c		噪声 ^d dB	底反射 损失 ^e %
	当量平底孔直径 mm	当量平底孔直径 mm	间距 mm	当量平底孔直径 mm	间距 mm			
≤ 150	1.2	0.8	25	0.8	12.7	-9	50	
>150~200	2.0	1.2	25	1.2	25	-9		
>200~300	3.2	2.0	25	2.0	25	-		
^a 单个不连续性指示其幅度超过所要求等级的当量平底孔指示幅度，应属不符合要求。 ^b 多个不连续性指示其中任何两个指示的中心间距小于 25mm 而指示幅度超过所要求等级的当量平底孔幅度，应属不符合要求。 ^c 任何长条形不连续性指示其幅度和长度超过所要求等级的当量平底孔指示幅度和所规定的长度，应属不符合要求。 ^d 噪声指所要求等级的单个不连续性指示当量平底孔的-9dB。>150mm~200mm 的棒材局部区域(其检验面积的 5%)噪声可为-7dB~-8dB。 ^e 对于直探头纵波检验，底反射损失超过正常值 50%，应属不符合要求。								

3.7 尺寸和外形

3.7.1 棒材和锻坯以磨削或机加工表面供货。当订购方要求并在合同中注明时，棒材也可以热加工表面供货。棒材和锻坯的尺寸允许偏差应符合表 12 的规定。

表 12

单位为毫米

棒 材			锻 坯					
直径或 厚度	直径或厚度允许偏差		外 径	外径允许 偏差	内 径	内径允许 偏差	截面高度	截面高度 允许偏差
	热加工表面	机加工表面						
12~50	±2.0	±1.0	340~600	+3 -1	110~460	+1 -3	38~270	+3 -1
>50~100	±3.0	±1.5						
>100~150	±4.0	±2.0						
>150~220	±6.0	±3.0						
>220~300	±8.0	±4.0						

3.7.2 棒材的定尺或倍尺长度应在其不定尺长度范围内，定尺长度的允许偏差为+15mm，倍尺长度还应计入棒材切断时的切口量，每一切口量为 10mm。

3.7.3 棒材的两端应切平整，切斜应不大于 5mm。

3.7.4 棒材的弯曲度应不大于 5mm/m，热加工表面棒材的弯曲度应不大于 8mm/m。

3.7.5 锻坯的倒角半径为 5mm~10mm。

3.8 低倍组织

3.8.1 低倍组织不应有裂纹、折叠、气孔、偏析、金属或非金属夹杂及其他目视可见的冶金缺陷。B 类用途的 TA15 钛合金棒材，其低倍组织还不允许有明显的、目视可见的清晰晶粒。

3.8.2 低倍组织应按图 1 进行评定。直径或厚度不大于 100mm 的棒材应符合 1 级~4 级；大于 100mm~200mm 的棒材应符合 1 级~5 级；大于 200mm~300mm 的棒材应符合 1 级~6 级。当低倍组织出现下列情况时，以显微组织进行判定：

- a) 直径或厚度不大于 100mm 的低倍组织为 5 级；
- b) 直径或厚度大于 100mm~200mm 的低倍组织为 6 级；
- c) 直径或厚度大于 200mm~300mm 的低倍组织为 7 级。

3.9 显微组织

3.9.1 经热处理后，TA2、TA3、TA4、TA7 钛合金的显微组织应是等轴 α 组织或等轴和拉长 α 组织，以及部分破碎和扭曲的晶界 α 及片状 α ，无完整的原始 β 晶界。

3.9.2 经热处理后，其余牌号钛合金的显微组织应是两相区加工产生的组织，无完整的原始 β 晶界。在转变的 β 基体上的等轴 α 组织，或等轴 α 和拉长 α 组织，以及部分破碎和扭曲的晶界 α 及片状 α 都是可接受的组织。

3.9.3 B 类用途的 TA15 钛合金棒材，其横向显微组织应按图 2 进行评定，直径或厚度不大于 100mm 的棒材应符合 1 类~5 类；大于 100mm~200mm 的棒材应符合 1 类~7 类；大于 200mm~300mm 的棒材应符合 1 类~8 类。

3.9.4 订购方对显微组织有特殊要求时，应经双方协商并在合同中注明。

3.10 表面状况

磨削或机加工棒材和锻坯的表面粗糙度的 Ra 值应不大于 3.2 μ m。

3.11 外观质量

3.11.1 棒材和锻坯表面不允许有裂纹、折叠、重皮、缩尾及其他冶金缺陷。表面的局部缺陷应予以清除，清理深度应不超过其尺寸允许偏差，清理深度与宽度之比应不大于 1:6（锻坯平面上应不大于 1:10）。

在锻坯两侧面的对称面上不得同时出现清理凹坑。

3.11.2 棒材和锻坯表面允许有个别细小的疤痕、龟裂、鳞皮、皱褶、印痕、啃伤、麻点和划痕，但应保证不超出其尺寸允许偏差。

3.12 产品标志

3.12.1 在已检验的每件棒材或锻坯的一个端面或靠近端面的头部应打印(或粘贴标签)标记以下内容：

- a) 承制方质量检验部门的印记；
- b) 产品牌号；
- c) 规格；
- d) 熔炼炉号；
- e) 锭节号。

3.12.2 棒材和锻坯实行锭节号管理。当订购方要求并在合同中注明时，还可实行头部管理。头部管理的要求为：若棒材用料包括铸锭靠冒口部分，则在靠近冒口的第一根棒材的靠近冒口一端作出标志“T”。

4 质量保证规定

4.1 检验分类

本规范规定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

产品应成批提交验收。每批应由同一牌号、熔炼炉号、状态、规格、制造方法、生产周期的棒材或锻坯组成。

4.2.2 检验项目及取样

4.2.2.1 质量一致性检验的项目、取样位置及数量应符合表 13、表 14 的规定。

表 13

检验项目	取样位置	取 样 数 量		要求的章条号	检验方法的章条号
		棒 材	锻 坯		
化学成分 ^a	任意部位	每批 1 份	每批 1 份	3.3	4.3.1
力学性能 ^b	见表 5、表 14、表 15	每批 2 根，每根 1 个	按 4.2.2.2	3.4	4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.3.5, 4.3.6
β 转变温度	任意部位	每炉 1 份	每炉 1 份	3.5	4.3.7
超声波检验	—	逐根	逐件	3.6	4.3.8
尺寸和外形	—	逐根	逐件	3.7	4.3.9
低倍组织 ^b	棒材为横向，锻坯为纵向剖面	直径不大于 100mm 时，每批 2 根，每根 1 个；直径大于 100mm 时，每批 1 根，每根 1 个	按 4.2.2.2	3.8	4.3.10
显微组织 ^b	见表 14、表 15	每批 2 根，每根 1 个	按 4.2.2.2	3.9	4.3.10
表面状况	—	逐根	逐件	3.10	4.3.11
外观质量	—	逐根	逐件	3.11	4.3.12

^a 氢含量在距离表面 4mm~6mm 处取样；其他化学成分，承制方以原铸锭的分析结果报出，订购方复验均在产品上取样。

^b 对于 B 类用途的 TA15 棒材，取样数量为：每批根数的 5%但不少于 2 根，每根 1 个。

^c 承制方可按铸锭的分析结果报出，订购方在棒材上取样检验。对于 B 类用途 TA15 棒材，订购方要求并在合同中注明时，承制方应在棒材上取样分析。

表 14

棒材直径或 锻坯截面高度 mm	力 学 性 能		显 微 组 织		
	棒材		锻坯	棒材横向	锻坯
	纵向	横向			
12~25	圆心	—	弦向	圆心	纵向剖面
>25~100	D/4	—		D/4	
>100~150	—	弦向			
>150~270	—	弦向			

4.2.2.2 锻坯的取样, 每批产品解剖一件(也可截取试样环), 承制方在半个锻坯(或试样环)上取样进行力学性能(各2个)及低倍和显微组织(各1个)的检验, 另半个锻坯(或试样环)随同该批产品一起交付订购方(供复验用), 并计入交货重量。

当用同一铸锭采用相近工艺, 同时生产几种规格相近的锻坯时, 订购方同意并在合同中注明时, 允许用最大规格锻坯的性能和组织的检验结果代表其他规格锻坯的检验。

4.2.2.3 B类用途 TA15 钛合金棒材的取样位置还应符合表 15 的规定, 直径大于 200mm 的棒材当订购方要求并在合同中注明进行锻制饼坯检验时, 从每根受检棒材上截取长度为 $60\text{mm} \pm 3\text{mm}$ 的毛坯。毛坯加热到 β 相变温度以下 $20^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$, 保温 30min, 在锻锤或压力机上一火锻粗至高度为 $24\text{mm} \pm 3\text{mm}$ 的饼坯, 然后按 3.3.1 条推荐的制度进行热处理。锻粗饼坯一半由承制方进行试验, 另一半与该批棒材一起提交订购方。饼坯按表 14 规定的取样数量进行室温力学性能和断裂韧性试验, 取样位置为饼坯厚度中心处的 $D/2 \sim D/4$ 之间的弦向。

表 15

棒材直径或截面厚度 mm		拉 伸 性 能		断 裂 韧 度 ^a	显 微 组 织
		纵 向	横 向		
圆 棒	12~25	圆心	—	—	横向, 圆心
	>25~75	D/4	—	—	横向, D/4
	>75~110	D/4	直径或弦向	D/2	
	>110~200	D/4	D/4 处弦向	D/2	
	>200~300	D/4	D/4 处弦向	D/2~D/4 之间	
方 棒	20~100	厚度中心的长横向			横向, 厚度中心

^a 棒材的断裂韧性 K_{IC} 试样取向为 L-R 或 T-L 方向, 饼坯取 C-R 方向。

4.2.3 检验结果的判定

4.2.3.1 化学成分不合格时, 整批产品不合格。

4.2.3.2 超声波检验、尺寸、表面状况以及外观质量不合格时, 判单根(件)不合格。

4.2.3.3 在力学性能检验中, 如果有一个试样的试验结果不合格, 则从该批棒材或锻坯(包括原受检产品)中取双倍试样进行该不合格项目的重复试验。若重复试验结果仍有试样不合格, 则判该批产品为不合格。但允许承制方逐根(件)对不合格项目进行检验, 合格者重新组批交货。

4.2.3.4 在低倍组织检验中, 如发现并判为有脆性偏析(其硬度明显高于基体的偏析, 常见的如富氧、富氮等偏析), 该批产品不合格; 如判为有非脆性偏析, 允许切除后重新组批提交验收。B类用途的 TA15 钛合金棒材, 其低倍组织检验中认为存在清晰晶时, 以该处的显微组织为准进行判定。

4.2.3.5 显微组织检验不合格, 允许承制方调整热处理后重复试验, 若重复试验结果仍不合格, 则判

该批产品为不合格。允许承制方逐根(件)进行检验,合格者重新组批交货。

4.3 检验方法

- 4.3.1 化学成分仲裁分析按 GB/T 4698(所有部分)进行。
- 4.3.2 室温拉伸试验按 GB/T 228-2002 进行。室温拉伸试验选 GB/T 228-2002 中的 R7 试样。
- 4.3.3 冲击试验按 GB/T 229 进行。选用缺口深度为 2mm 的 U 型缺口试样。
- 4.3.4 平面应变断裂韧性 K_{IC} 试验按 GB/T 4161 进行。试样形式为紧凑拉伸试样。
- 4.3.5 高温拉伸试验按 GB/T 4338 进行。
- 4.3.6 高温蠕变、高温持久试验按 GB/T 2039 进行。
- 4.3.7 β 转变温度用金相淬火法或其他方法测定。
- 4.3.8 超声波检验按 GB/T 5193 进行,其中 B 类用途 TA15 钛合金棒材的超声波检验按本规范的附录 A 进行。
- 4.3.9 尺寸和外形的测量用相应精度的量具进行。
- 4.3.10 低倍组织、显微组织的检验按 GB/T 5168 进行。
- 4.3.11 表面状况检验用表面粗糙度标块对比法进行。
- 4.3.12 外观质量用目视检验。

5 交货准备

5.1 包装、标志、运输、贮存

产品的包装、标志、运输、贮存按 GB/T 8180 的规定进行。

5.2 质量证明书

每批产品应附有质量证明书,其上注明:

- a) 承制方名称、地址、电话、传真;
- b) 产品名称;
- c) 产品牌号、铸锭熔次;
- d) 规格、状态;
- e) 批号或熔炼炉号、锭节号;
- f) β 转变温度;
- g) 净重和件数;
- h) 试样所采用的热处理制度、各项分析检验结果和质量检验部门印记;
- i) 本规范编号;
- j) 出厂日期(或包装日期)。

6 说明事项

6.1 预定用途

本规范规定的钛及钛合金棒材、锻坯预定用于制作航空零件。

6.2 订货文件应明确的内容

合同或订单中应写明下列内容:

- a) 本规范的名称和编号;
- b) 产品名称、牌号、状态、规格和数量, B 类用途的 TA15 钛合金棒材订货时,应予以注明;
- c) 对规定之外规格的室温力学性能的要求;
- d) 对高温力学性能的要求;
- e) 对显微组织的特殊要求;
- f) 其他需要说明的事项。

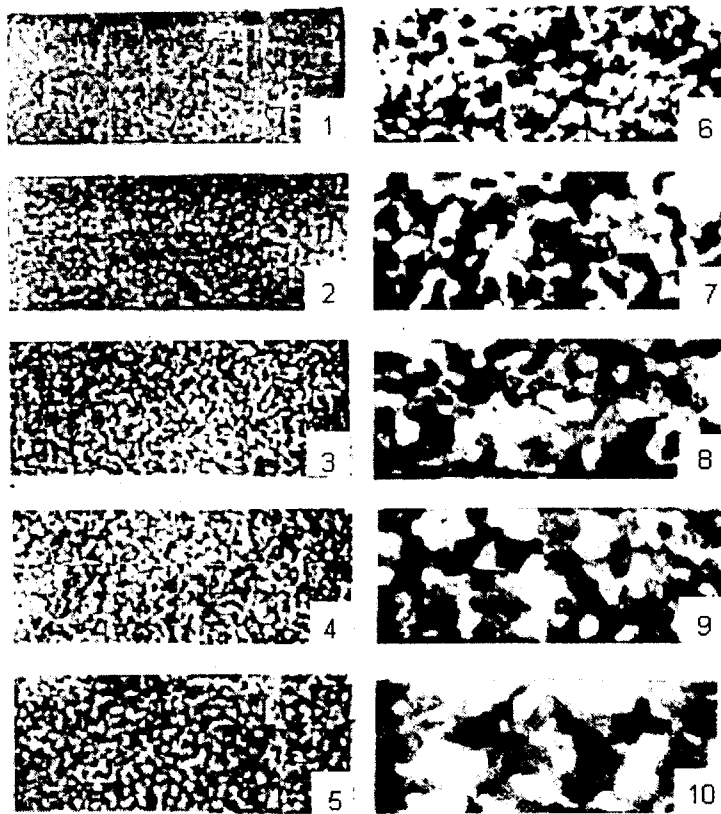


图1 低倍组织评级图 ×1

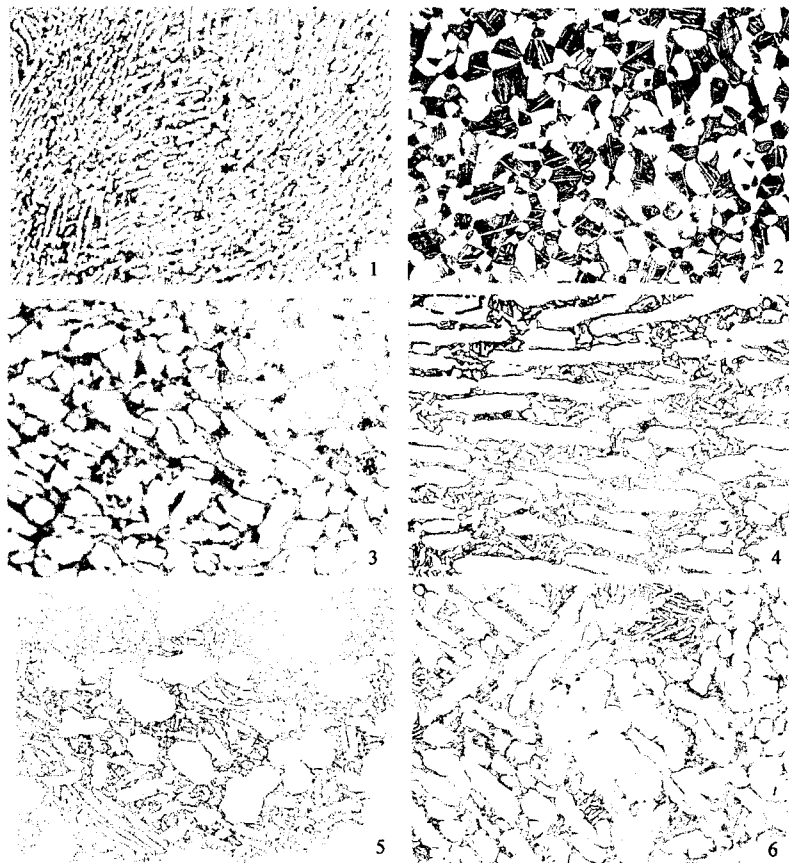


图2 显微组织图 ×500

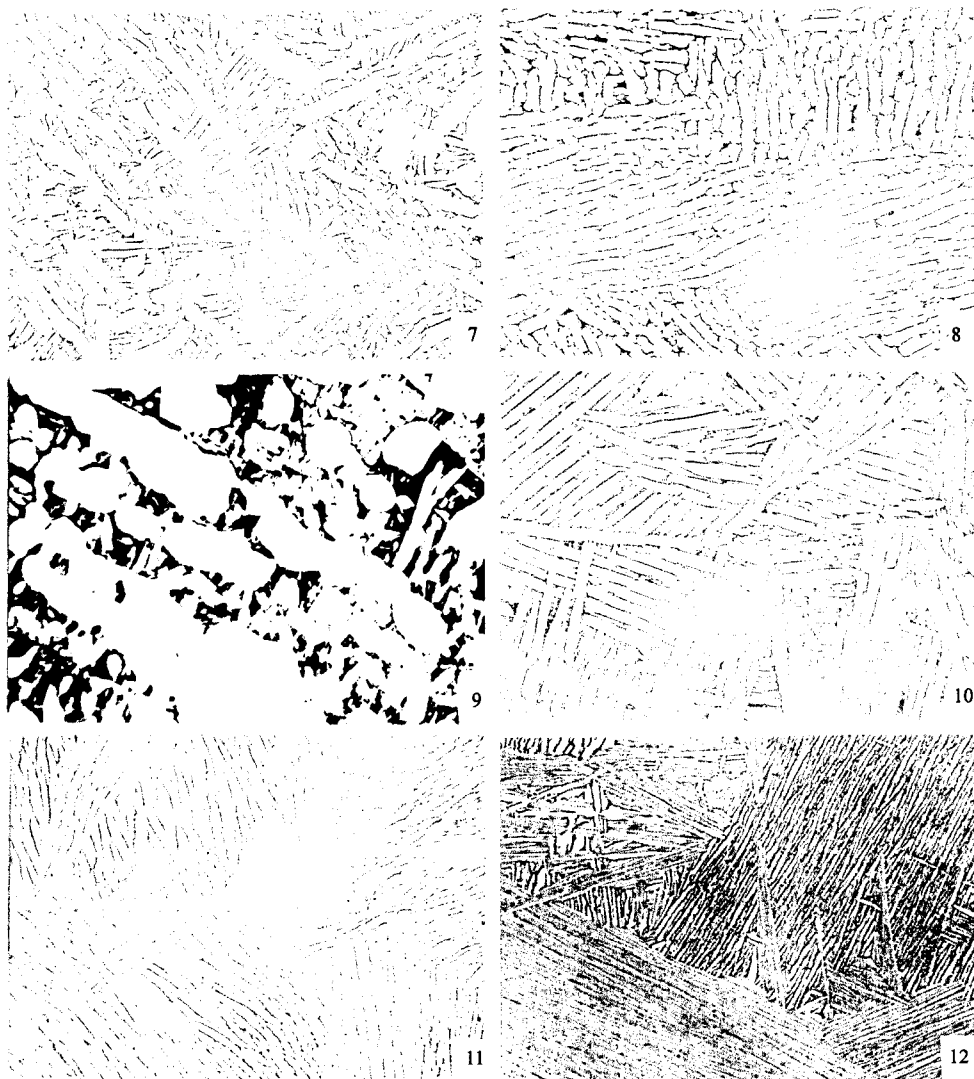


图 2(续)

附录 A
(规范性附录)

B 类 TA15 钛合金棒材超声检验方法

A.1 范围

本附录规定了飞机结构件用 TA15 钛合金棒材超声波检验的检测要求、检验方式、检验程序和检验结果的评定等。

本附录适用于专用的直径为 12mm~300mm 的飞机结构件用 TA15 钛合金锻造和轧制棒材的超声波检验。

A.2 检测要求

A.2.1 人员

操作人员应达到部级或与此相当的学会级 I 级(初级)或 I 级以上人员资格水平;签发及解释检验报告人员应达到部级或与此相当的学会级 II 级或 II 级以上人员资格水平。

A.2.2 设备

检验用仪器和探头应满足 GJB 1580—1993 中规定的技术要求。对应直径大于 20mm 的棒材,所用纵波探头频率为 2.5MHz~10MHz,换能器直径为 6mm~20mm;横波探头频率为 2MHz~5MHz,换能器直径或边长为 14mm~20mm。对于直径小于 20mm 的棒材,推荐采用频率为 10MHz、换能器直径为 6mm~12mm 的水浸聚焦探头。仪器与探头的组合性能,应满足整个探测范围内检测灵敏度和分辨率的要求。

A.2.3 对比试块

对比试块应采用与被检验棒材的声传播特性相同或相近的材料制成。试块的曲率半径应不超过被检件曲率半径的 25%,必要时还应制作曲率半径更为接近的试块。纵波试块按 GJB 1580—1993 中 5.1.2.2 的要求制作,应至少含有埋深为 $D/4$ (D 为试块直径)、 $D/2$ 、 $3D/4$ 的平底孔,平底孔孔径按照材料技术条件规定的级别制作。直径大于等于 120mm 的棒材,应增加埋深接近于直径(差值小于 10mm)的平底孔,此时允许不采用埋深为 $3D/4$ 的平底孔。直径小于 20mm 的棒材,允许不采用埋深为 $D/4$ 的平底孔。横波试块如图 A.1 所示。当对比试块与被检棒材存在声衰减的差异时,应比较对比试块与棒材的一次底反射波的分贝差值,并进行修正。

A.2.4 棒材表面状态

棒材表面应用圆头刀具车削或磨削加工,表面粗糙度的 R_a 值应不大于 $3.2\mu\text{m}$ 。

A.3 检验方式

A.3.1 对每一根棒材要求进行径向纵波和周向横波检验。

A.3.2 径向检验应采用纵波水浸法探伤,也可采用纵波接触法探伤。水浸法探伤时,可采用聚焦探头。接触法探伤时,对直径小于 40mm 的棒材,可采用双晶探头进行检验。

A.4 检验程序

A.4.1 径向检验

A.4.1.1 调整仪器灵敏度(水浸法检验时,可同时调节水距),使来自试块中任何一个平底孔的反射波高不低于荧光屏饱和值的 80%。当棒材直径大于 120mm 时,可以采用底波计算法调整灵敏度。采用底波法检验,起始灵敏度增加的分贝值(ΔdB)调整按式(A.1)计算:

$$\Delta\text{dB} = 20\lg \frac{\pi \Phi^2}{2\lambda D} \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中:

Φ ——验收当量平底孔直径, 单位为毫米(mm);

λ ——被检件中超声波波长, 单位为毫米(mm);

D ——被检棒材直径, 单位为毫米(mm)。

按验收质量等级要求的当量平底孔直径计算起始灵敏度, 使声束沿棒材径向垂直入射, 将棒材第一次底波反射信号幅度调整至荧光屏满刻度的 80%, 再按 ΔdB 的数值提高仪器灵敏度, 然后按提高后的灵敏度对棒材进行扫查。

A. 4. 1. 2 直径大于等于 150mm 的棒材, 允许采用半声程法进行探伤。对于直径为 150mm~200mm 的棒材, 仪器与探头组合性能应满足检测盲区不大于 6mm; 对于直径 >200mm~300mm 的棒材, 仪器与探头组合性能应满足检测盲区不大于 8mm。

A. 4. 1. 3 保持调定的仪器灵敏度不变(水浸法还应保持水距不变), 进行整根棒材的检验。

A. 4. 1. 4 在检查过程中, 探头移动的线速度不应大于 4m/min, 扫查的间距不应大于探头声束的有效直径的一半。

A. 4. 2 周向检验

A. 4. 2. 1 接触法探伤时, 探头斜楔的设计应使声束、外边缘在棒材内不产生纵波和表面波。

A. 4. 2. 2 用横波试块调整仪器灵敏度(水浸法检验时, 可同时调整水距和声束入射角), 使来自试块中任何一个横孔的反射波高不低于荧光屏饱和值的 80%。

A. 4. 2. 3 保持调定的仪器灵敏度不变(水浸法还应保持水距和入射角不变), 沿圆周方向移动探头或使棒材旋转, 进行整根棒材的检验。

A. 4. 2. 4 在检查过程中, 探头移动的线速度不应大于 4m/min, 扫查的间距不应大于探头声束的有效直径的一半。

A. 5 检验结果的评定

A. 5. 1 检验过程中发现的单个缺陷, 应评定其当量尺寸。不同方法评定存在争议时, 以试块对比法为准。

A. 5. 2 长条形缺陷长度的测量和底波反射损失的评定, 可按 GJB 1580-1993 中规定的方法进行。

A. 6 质量验收级别

材料技术条件中, 应按表 A.1 指明不同规格棒材的验收等级及要求的噪声。

表 A. 1

等级	单个不连续性指示 ^a			多个不连续性指示 ^b		长条形不连续性指示 ^c		底反射损失 ^d %	噪声
	当量平底孔直径 mm	当量平底孔直径 mm	间距 mm	当量平底孔直径 mm	间距 mm	当量平底孔直径 mm	间距 mm		
AAA	0.8	0.4	25	0.4	3.2	50			
AA	1.2	0.8	25	0.8	12.7				
A	2.0	1.2	25	1.2	25				
B	3.2	2.0	25	2.0	25				
C	3.2	不要求		不要求					

^a 单个不连续性指示其幅度超过所要求等级的当量平底孔指示幅度, 应属不符合要求。
^b 多个不连续性指示其中任何两个指示的中心间距小于 25mm 而指示幅度超过所要求等级的当量平底孔幅度, 应属不符合要求。
^c 任何长条形不连续性指示其幅度和长度超过所要求等级的当量平底孔指示幅度和所规定的长度, 应属不符合要求。
^d 对于直探头纵波检验, 底波反射损失超过正常值 50%, 应属不符合要求。

A.7 验收、拒收与处理

A.7.1 凡符合棒材验收技术条件中有关规定的可以验收，否则应拒收。

A.7.2 纵波检验时，当噪声超过规定要求时，允许更换探头，采用噪声满足要求者进行检验。若仍不满足要求，该棒材应拒收。

A.7.3 超声检验发现的任何异常情况，应进行分析。

A.7.4 当发生技术条件中未包括的情况时，应由承订双方协商处理。

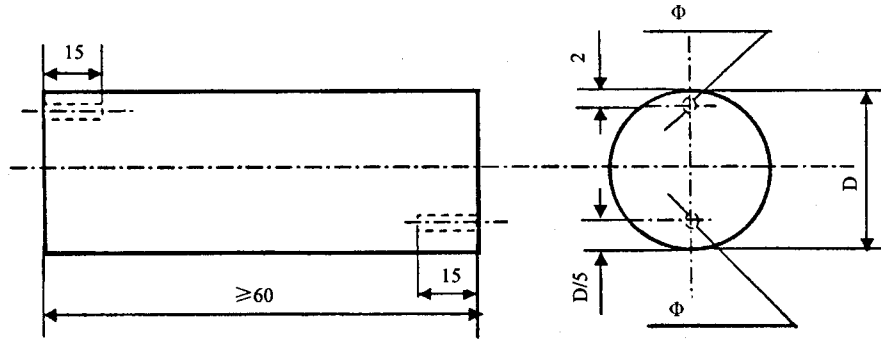


图 A.1 横波检验用对比试块

中 华 人 民 共 和 国
国 家 军 用 标 准
航 空 用 钛 及 钛 合 金 棒 材 和 锻 坯 规 范
GJB 2218A—2008

*

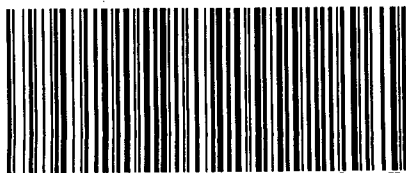
国防科工委军标出版发行部出版
(北京东外京顺路7号)
国防科工委军标出版发行部印刷车间印刷
国防科工委军标出版发行部发行
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1¼ 字数 36 千字
2008 年 9 月 第 1 版 2008 年 9 月 第 1 次 印刷
印数 1—500

*

军标出字第 7090 号



G J B 2 2 1 8 A - 2 0 0 8 K