GJB

中华人民共和国国家军用标准

FL 6210

GJB 2505A－2008
代替 GJB 2505－1995

航空用钛及钛合金板材和带材规范

Specification for titanium and titanium alloy plates, sheets and strips for aviation

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 2505－1995《航空用钛及钛合金板、带材规范》。

本规范与 GJB 2505－1995 相比，主要技术内容变化如下：

——增加了 TA15 牌号及产品的相关要求，并按用途分为 A 类和 B 类；

——对产品类别作了调整，将热轧成品厚度规格范围修改为大于 4.0mm～70.0mm；

——对厚度大于 15.0mm～30.0mm 板材的厚度偏差作了相应的调整；增加了厚度大于 30.0mm～70.0mm TA15(B 类)板材的厚度允许偏差；

——补充并调整了各牌号钛合金试样的推荐热处理制度；

——修订了 TA1、TA2、TA3 和 TA4 工业纯钛产品的力学性能要求；

——增加了附录 A 和附录 B。

本规范的附录 A 和附录 B 均为规范性附录。

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。

本规范主要起草人：黄永光、王红武、沙爱学、李红恩、张晓冬、张平辉、王　俭、李献军、贺东江。

GJB 2505 于 1995 年 10 月首次发布。

航空用钛及钛合金板材和带材规范

1 范围

本规范规定了钛及钛合金板材、带材的要求、质量保证规定和交货准备等。

本规范适用于热轧或冷轧的钛及钛合金厚板、薄板和带材。

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 228－2002 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 232 金属材料 弯曲试验方法

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 5193－2007 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 1580A－2004 变形金属超声波检验方法

GJB 3384 金属薄板兰姆波检验方法

3 要求

3.1 材料

3.1.1 用于制造板材和带材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，TA15 合金(B类)为三次。最后一次熔炼稳定阶段的压强应不大于 5Pa(需充隋性气体熔炼的除外)。

3.1.2 自耗电极不准使用钨极氩弧焊焊接。

3.2 牌号、状态和规格

合金牌号、状态和规格应符合表 1 的规定。其中 TA15 钛合金板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	状态	板材	带材
		厚度×宽度×长度	
TA1、TA2、TA3、TA4 TA6、TA7、TA15、TC1、TC2、TC3、TC4	热加工状态(R) 退火状态(M)	(>4.0～70.0)×(400～3000) ×(1000～4000)	—
	热加工状态(R) 冷加工状态(Y) 退火状态(M)	(>0.3～4.0)×(400～1000) ×(1000～3000)	(0.3～2.0)×(50～650) ×(≥500)

3.3 化学成分

3.3.1 合金的化学成分应符合 GB/T 3620.1 相应牌号的规定。

3.3.2 订购方从成品上取样进行化学成分复验分析时，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 TA15(B 类)合金板材

3.4.1.1 TA15(B 类)合金板材退火状态的横向室温和高温力学性能符合表 2 和表 3 的规定。

3.4.1.2 订购方要求并在合同中注明时，也可提供符合表 3 的纵向高温力学性能的板材以及厚度大于 10mm 至 70mm 符合表 2 的纵向室温力学性能的板材。

3.4.1.3 超出表 3 厚度的产品，订购方要求并在合同中注明时，其室温、高温力学性能报实测数据或由双方协商确定。

3.4.1.4 厚度为 30mm～70mm 板材 T－L 方向的断裂韧度 K_{1C} 报实测数据。

表 2

牌号	厚度	室温力学性能				
		抗拉强度 R_m MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ MPa 不小于	断后伸长率 A % 不小于	断面收缩率 Z %	冲击韧性 a_{kU2} J/cm^2
TA15 (B 类)	0.8～1.8	930～1130	855	12	—	—
	>1.8～4.0			10	—	—
	>4.0～10.0			8	—	—
	>10.0～70.0			6	≥12	≥30
注：对于厚度≤10mm 板材纵向 $R_{p0.2}$ 作为参考指标。						

表 3

牌号	板材厚度 mm	试验温度 ℃	抗拉强度 R_m MPa 不小于	持久性能	
				σ，MPa	τ，h
TA15 (B 类)	<30.0	500	635	470	≥50
				440	≥100
	≥30.0～70.0		570	470	≥50
				440	≥100
注：高温持久按 50h 的制度进行试验，重复试验或仲裁试验按 100h 的制度进行。					

3.4.2 TA15(A 类)和其他牌号板材和带材

3.4.2.1 TA15(A 类)和其他牌号板材退火状态的室温力学性能应符合表 4 的规定。

3.4.2.2 订购方要求并在合同中注明时，厚度不大于 10.0mm 板材退火状态的纵向室温力学性能亦应符合表 4 的规定；厚度大于 10.0mm 板材退火状态的纵向室温力学性能报实测数据。

3.4.2.3 带材退火状态纵向室温力学性能应符合表 4 的规定。

3.4.2.4 TA15(A 类)板材的退火态横向高温力学性能应符合表 5 的规定。

3.4.2.5 订购方要求并在合同中注明时，其他牌号板材退火状态的横向高温力学性能应符合表 5 的规定。试验温度应在合同中注明。

3.4.2.6 超出表 4 厚度的产品，订购方要求并在合同中注明时，其室温、高温力学性能报实测数据或

由双方协商确定。

3.4.3 试样热处理

推荐的热处理制度如表 6 所示。如产品已按推荐的制度进行了最终热处理时，试样可不再进行热处理。

3.5 工艺性能

薄板退火状态的室温弯曲性能应符合表 7 和表 8 的规定。

表 4

牌号	厚度	室温力学性能		
		抗拉强度 R_m MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ Mpa 不小于	断后伸长率 A % 不小于
TA1	0.3～30.0	240	140～310	30
TA2	0.3～30.0	400	275～450	25
TA3	0.3～30.0	500	380～550	20
TA4	0.3～30.0	580	485～655	20
TA6	0.8～1.5 ＞1.5～2.0 ＞2.0～25.0	685～850	605	20 15 12
TA7	0.8～1.5 ＞1.5～2.0 ＞2.0～10.0	765～930	685	20 15 12
	＞10.0～30.0	730～900	660	9
TA15（A 类）	0.8～1.8 ＞1.8～4.0 ＞4.0～10.0	930～1130	855	12 10 8
TC1	0.5～2.0 ＞2.0～10.0	590～735	460	25 20
TC2	0.5～1.0 ＞1.0～2.0 ＞2.0～25.0	685～920	620	25 15 12
TC3	0.8～2.0 ＞2.0～10.0	880～1080	820	12 10
TC4	0.8～4.0 ＞4.0～5.0 ＞5.0～10.0 ＞10.0～30.0	925～1150 925～1150 895～1100 895～1100	870 870 825 825	12 10 10 9
注：对于 TA15 板材纵向 $R_{p0.2}$ 不作为报废依据。				

表 5

牌号	厚度	试验温度 ℃	抗拉强度 R_m Mpa 不小于	σ_{100h} Mpa 不小于
TA6	0.8～25.0	350 500	420 340	390 195
TA7	0.8～30.0	350 500	490 440	440 195
TA15（A 类）	0.8～10.0	500	635	440，470（σ_{50h}）
TC1	0.5～10.0	350 400	340 310	320 295

表 5(续)

牌号	厚度	试验温度 ℃	抗拉强度 R_m Mpa 不小于	σ_{100h} Mpa 不小于
TC2	0.5～25.0	350 400	420 390	390 360
TC3 TC4	0.8～10.0 0.8～30.0	400 500	590 440	540 195
注：TA15（A 类）高温持久按 50h 的制度进行试验，重复或仲裁试验按 100h 的制度进行。				

表 6

牌　　号	推荐的热处理制度
TA1	550℃～750℃，保温 0.5h～2h，空冷。
TA2	550℃～750℃，保温 0.5h～2h，空冷。
TA3	550℃～750℃，保温 0.5h～2h，空冷。
TA4	550℃～750℃，保温 0.5h～2h，空冷。
TA6	750℃～850℃，保温 0.5h～2h，空冷。
TA7	750℃～850℃，保温 0.5h～2h，空冷。
TA15	750℃～850℃，保温 0.5h～4h，空冷。
TC1	580℃～750℃，保温 0.5h～2h，空冷。
TC2	700℃～850℃，保温 0.5h～2h，空冷。
TC3	700℃～850℃，保温 0.5h～4h，空冷。
TC4	700℃～850℃，保温 0.5h～4h，空冷。

表 7

牌　　号	弯芯直径 mm		弯曲角 α ° 不小于
	T≤1.78	T＞1.78～4.75	
TA1	3T	4T	105
TA2	4T	5T	105
TA3	4T	5T	105
TA4	5T	6T	105
TC4	9T	10T	105
注：T 为板材名义厚度，单位为毫米。			

表 8

牌号	厚度 mm	弯曲角 α ° 不小于	牌号	厚度 mm	弯曲角 α ° 不小于
TA6	0.8～1.5 ＞1.5～5.0	50 40	TC1	0.5～1.0 ＞1.0～2.0 ＞2.0～5.0	100 70 60
TA7	0.8～2.0 ＞2.0～5.0	50 40	TC2	0.5～1.0 ＞1.0～2.0 ＞2.0～5.0	80 60 50
TA15	0.8～6.0	30	TC3	0.8～2.0 ＞2.0～5.0	35 30

3.6 β转变温度

TA15、TC1、TC2、TC3、TC4 合金板材和带材应按熔炼炉号提供 β 转变温度。

3.7 超声波检验

3.7.1 板材应经超声检验。厚度大于 6mm 的板材应符合 GB/T 5193－2007 中 A1 级的规定，厚度不大于 6mm 的板材的验收要求应经双方协商，并在合同中注明(未注明时，不进行超声波检验)。

3.7.2 对于 TA15(B 类)板材，厚度大于 6mm 的应采用水浸或接触法进行双面超声波检验，验收质量等级应符合表 9 的规定；厚度不大于 6mm 的应采用兰姆波方法进行检验。

3.7.3 订购方对板材探伤有其他特殊要求时，应经双方协商并在合同中注明。

表 9

板材厚度 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]		底波反射损失 [d] %	噪声 [e] dB
	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	长度 mm		
≥6.0～70.0	1.2	0.8	25	0.8	12.7	50	－9

[a] 单个不连续性指示其幅度超过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 而指示幅度超过当量平底孔幅度，应属不符合要求。

[c] 长条形不连续性指示其幅度和长度超过当量平底孔指示幅度和所规定的长度，应属不符合要求。

[d] 对于直探头纵波检查，底波反射损失超过正常值 50%，应属不符合要求。

[e] 噪声指所要求等级的单个不连续性指示当量平底孔的－9dB。允许局部区域(其检验面积的 5%)噪声可为－7dB～－8dB。

3.8 尺寸和外形

3.8.1 板材的厚度允许偏差应符合表 10 的规定，板材的宽度和长度的允许偏差应符合表 11 的规定。

表 10 单位为毫米

厚度	厚度允许偏差		
	宽度		
	400～1000	＞1000～2000	＞2000
0.3～0.5	±0.05	—	—
＞0.5～0.8	±0.07	—	—
＞0.8～1.1	±0.09	—	—
＞1.1～1.5	±0.10	—	—
＞1.5～2.0	±0.13	—	—
＞2.0～2.5	±0.15	—	—

表 10(续)　　单位为毫米

厚度	厚度允许偏差		
	宽度		
	400～1000	>1000～2000	>2000
>2.5～3.0	±0.18	—	—
>3.0～4.5	±0.22	—	—
>4.5～6.0	±0.30	±0.40	±0.60
>6.0～8.0	±0.40	±0.60	±0.80
>8.0～10.0	±0.50	±0.60	±0.80
>10.0～15.0	±0.70	±0.80	±1.00
>15.0～20.0	±1.0	±1.20	±1.40
>20.0～30.0	±1.5	±1.80	±1.80
>30.0～70.0	±2.0	±2.0	—
注：>30.0mm～70.0mm 板材的厚度允许偏差要求仅适用于 TA15(B 类)板材。			

表 11　　单位为毫米

厚　度	宽　度	宽度允许偏差	长　度	长度允许偏差
0.3～4.0	400～1000	+10 0	1000～3000	+15 0
>4.0～10.0	400～1000	+15 0	1000～3000	+20 0
>10.0～70.0	400～1000	+20 0	1000～3000	+30 0

3.8.2　带材的厚度允许偏差应符合表 12 的规定，带材的宽度和长度允许偏差应符合表 13 的规定。

表 12　　单位为毫米

厚度	宽度		
	50～150	>150～300	>300～650
0.3～0.4	±0.04	±0.05	±0.05
>0.4～0.5	±0.04	±0.05	±0.065
>0.5～0.7	±0.05	±0.065	±0.065
>0.7～0.9	±0.05	±0.076	±0.076
>0.9～1.3	±0.065	±0.09	±0.09
>1.3～2.0	±0.065	±0.10	±0.13

表 13

单位为毫米

厚　度	宽　度	宽度允许偏差	长　度	长度允许偏差
0.3	50～650	±1.0	≥1000	+10 0
>0.3～0.8		±1.0		
>0.8～1.2		±1.0	≥2000	+15 0
>1.2～1.5		±1.5		
>1.5～2.0		±2.0		

3.8.3　薄板的不平度应符合表 14 的规定。

表 14

厚度 mm		不平度 H/L/% 不大于
≤4.0	纯钛板	3
	合金板	5

3.8.4　除 TB15(B 类)外，厚板的不平度应符合表 15 的规定。

表 15

厚度 mm	不平度 mm/m 不大于	
	宽度 mm	
	≤2000	>2000
>4.0～10.0	18	20
>10.0～20.0	15	18
>20.0～30.0	13	15

3.8.5　TA15 合金(B 类)板材的不平度：厚度不大于 6mm 板材的不平度(H/L)不大于 3%，有特殊要求并在合同中注明时，其不平度(H/L)不大于 2%。厚度大于 6mm～70mm 的板材每米不平度不大于 12mm，各角距平台的间距不大于 15mm。厚度为 45mm、55mm 的板材每米不平度不大于 3mm，各角距平台的间距不大于 5mm。

3.8.6　带材应平直，侧边的弯曲度应不大于 3mm/m。

3.8.7　板材的边部应切齐，无裂口、分层、卷边，允许有轻微的毛刺，各角应切成直角，切斜应不超过其宽度和长度的允许偏差。

3.9　**低倍组织**

3.9.1　厚度 4.75mm 以上的 TA15 合金(B 类)板材应进行低倍检验。

3.9.2　低倍上不允许有分层、裂纹、气孔、偏析、金属和非金属夹杂及其他目视可见的冶金缺陷。

3.9.3　低倍组织可分为两种类型，第一种为纤维状，第二种为颗粒状。低倍上不允许有明显的、目视可见的清晰晶粒。

3.9.4　纤维状组织按图 1 评定，厚度大于 10mm～70mm 的板材应符合图 1 的 1 级～3 级，4 级为不合

格。

3.9.5 颗粒状组织按图2评定，其中厚度为45mm、55mm板材的低倍晶粒度应符合图2中1级～4级，5级以上为不合格组织；厚度大于10mm～70mm板材的低倍晶粒度符合图2中1级～5级，6级以上为不合格组织。低倍晶粒度的不均匀性不超过±1级。

3.10 显微组织

3.10.1 退火态TA15、TC1、TC2、TC3、TC4合金板材显微组织应是经α+β两相区加工的均匀组织，并应将所有原始β晶粒充分破碎，不允许有连续、平直的晶界α相。

3.10.2 TA15(B类)退火态板材的显微组织形态按图3评定。厚度小于10mm的板材应符合图3的1级～5级，6级～12级为不合格；厚度大于10mm～70mm(45mm、55mm的板材除外)的板材应符合图3的2级～8级，9级～12级为不合格；厚度为45mm、55mm的板材应符合图3的2级～7级，8级～12级为不合格。

3.10.3 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。

3.11 表面污染层

板材表面应无富氧层(α层)或其他的表面污染层。

3.12 外观质量

3.12.1 板材和带材表面应光洁。板材允许以酸洗或喷砂表面供货。

3.12.2 板材和带材表面允许有局部的，不超过厚度允许偏差之半的划伤、压痕、凹坑等缺陷，但应保证最小厚度。

3.12.3 除TA15(B类)板材外，板材表面允许存在轻微的发暗和局部水迹。

3.12.4 板材和带材表面不允许有裂纹、起皮、分层、氧化皮、压折、金属和非金属压入等宏观缺陷及过酸碱洗的痕迹。

3.12.5 厚度不大于10mm的板材表面上允许有以压痕和凸起形式出现的轧辊印痕。

3.12.6 板材和带材允许顺轧制方向清除局部缺陷(对清理方向另有要求时，应在合同中注明)，允许有轻微的修磨痕迹，但清除后的厚度不得小于最小厚度。

3.13 表面状况

厚度为2.0mm和3.5mm的TA15(B类)板材表面粗糙度Ra值应不大于1.6μm。

3.14 标志

在已检验的每张(卷)板(带)材的一个端部应作如下标记：

a) 产品牌号；

b) 批号；

c) 状态；

d) TA15(B类)板材的编号和厚板锭节号。

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

板(带)材应成批提交验收。每批应由同一牌号、熔炼炉号、制造方法、规格、状态和同一热处理炉(批)的产品组成。

4.2.2 检验项目及取样

4.2.2.1 板(带)材质量一致性检验的项目、取样位置和数量应符合表16的规定。

4.2.2.2 TA15(B类)板材的室温力学性能和工艺性能取样位置和数量还应符合以下要求：

a) 厚度不大于 10mm 板材每批取横向试样数量为 20%，但不少于 4 张，每张取 1 个试样。纵向试样每批取两张，每张取一个试样。厚度大于 10mm～70mm 板材逐张取样。

b) 厚度不小于 15mm 板材在横向、纵向厚度的中心部位取样。

表 16

检验项目	取样位置	取样数量[a]	要求的章条号	检验方法的章条号
化学成分[b]	任一部位	每批 1 份	3.3	4.3.1
室温力学性能	横向	每批 2 张，各 1 个	3.4	4.3.2
高温力学性能	横向	每批 2 张，各 1 个	3.4	4.3.4、4.3.5
断裂韧度 K_{IC}	T－L	每批 1 张，1 个	3.4	4.3.6
冲击韧性	纵向	每批 2 张，各 1 个	3.4	4.3.3
工艺性能	横向	每批 2 张，各 1 个	3.5	4.3.7
带材力学和工艺性能	纵向	每批两卷各一个	3.4、3.5	4.3.2、4.3.7
β 转变温度	任意部位	每一炉号一份	3.6	4.3.8
超声波检验	—	逐　张	3.7	4.3.9
尺寸和外形	—	逐　张	3.8	4.3.10
低倍组织	横剖面	每批 2 张，各 1 个	3.9	4.3.11
显微组织	横剖面	每批 2 张，各 1 个	3.10	4.3.11
表面污染层	横剖面	每批 2 张，各 1 个	3.11	4.3.12
外观质量	—	逐　张	3.12	4.3.13
表面状况	—	逐　张	3.13	4.3.14

[a] 当该批次只有一张板材时，取样数量均为一个。
[b] 氢含量在板材上取样，其他成分，承制方可按原铸锭的分析结果报出，订购方复验均在板材上取样。

4.2.3 检验结果的判定

4.2.3.1 化学成成

化学成分不合格时，判该批不合格。

4.2.3.2 力学性能、工艺性能和表面污染检验

4.2.3.2.1 在力学性能、工艺性能和表面污染检验中，如果有一个试样的试验结果不合格，则从该批板材(包括原受检板材)中取双倍试样进行该不合格项目的重复试验，若仍有一个试样的试验结果不合格，则该批板材为不合格，但允许承制方逐张(逐卷)对不合格项目进行检验，合格者重新组批交货，并在质量证明书中注明。

4.2.3.2.2 TA15(B 类)厚度大于 10mm～70mm 板材的室温力学性能检验结果不合格，则从该张板材中取双倍试样进行重复试验，若仍有一个试样的试验结果不合格，则该张板材为不合格。

4.2.3.3 超声波检验、尺寸和外形、表面状况及外观质量

板材的超声波检验、尺寸和外形、表面状况及外观质量不合格时，单张不合格。

4.2.3.4 低倍组织

4.2.3.4.1 低倍组织若发现气孔和缩尾，允许逐张检验，切除缺陷后合格者重新组批交货。

4.2.3.4.2 低倍组织若发现金属或非金属夹杂物，判整批不合格。

4.2.3.4.3 低倍组织上不允许有明显的、目视可见的清晰晶粒。如果对是否属于清晰晶粒产生异议或分歧，应以该区的显微组织为准。如果显微组织合格，则低倍组织也合格，反之则不合格。

4.2.3.4.4 在低倍组织检验中，如果认为有偏析，则应对异议区进行高倍组织检验和微区成分分析。根据偏析的性质和数量，允许供方切除偏析部分；需方复验发现的偏析，经双方协商，根据偏析的性质和数量，可切除偏析部分重新组批后验收。但如属于脆性偏析(其硬度明显高于基体的偏析，常见的如富氧、富氮等偏析)，判整批不合格。

4.2.3.5 **显微组织**

显微组织不合格时，允许逐张对板材进行检验，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。厚度不大于 3mm 的板材，选取 GB/T 228－2002 中 P1 试样；厚度大于 3.0mm～6.0mm 的板材，选取 GB/T 228－2002 中 P7 试样；厚度大于 6.0mm 的板材，选取 GB/T 228－2002 中 R7 试样。

4.3.3 冲击韧性试验按 GB/T 229 进行。

4.3.4 高温拉伸试验按 GB/T 4338 进行。

4.3.5 高温持久试验按 GB/T 2039 进行。

4.3.6 金属材料平面应变断裂韧度 K_{IC} 试验按 GB/T 4161 进行。

4.3.7 弯曲试验按 GB/T 232 进行。采用 15mm 宽的试样，弯芯直径为产品名义厚度的 3 倍。

4.3.8 β 转变温度用金相法或其他方法测定。

4.3.9 除 TA15(B 类)板材外，厚度大于 6mm 板材的超声波检验方法按 GB/T 5193－2007 进行；厚度大于 6mm 的 TA15(B 类)板材超声波检验按附录 A 的方法进行；厚度不大于 6mm 的 TA15(B 类)板材的兰姆波检验按附录 B 的方法进行；其他合金厚度不大于 6mm 的板材的超声波检验方法由双方商定(未商定时不进行检验)。

4.3.10 尺寸及外形检验用相应精度的量具进行。厚度在距顶角不小于 100mm 和距边部不小于 10mm 处测量。不平度(H/L)按式(1)计算：

$$\text{不平度}(\%) = H/L \times 100\% \cdots\cdots (1)$$

式中：

L——为板材表面两相邻波峰与直尺测量时两接触点间的距离，单位为毫米(mm)；

H——为 L 所对应波谷的最大垂直距离，单位为毫米(mm)。

4.3.11 低倍组织和显微组织的检验参照 GB/T 5168 进行。低倍试样长度不小于 100mm。

4.3.12 表面污染层的检验采用金相法进行，在 200 倍显微镜下进行。

4.3.13 外观质量的检验用目视检验。

4.3.14 表面状况用标块对比法进行。

5 交货准备

5.1 包装、标志、运输和贮存

板材的包装、标志、运输和贮存按 GB/T 8180 的规定进行。

5.2 质量证明书

每批板材应附有质量证明书，其上注明：

a) 承制方名称；

b) 订购方名称及合同号；

c） 产品名称；
d） 产品牌号、规格、状态、热处理制度；
e） 熔炼炉号、批号；
f） TA15(B 类)板材的编号和厚板锭节号；
g） 产品的净重和张数；
h） 各项分析检验结果；
i） 质量检验部门印记；
j） 本规范编号；
k） 包装日期。

6 说明事项

6.1 预定用途

本规范规定的钛合金板、带材预定用于制造航空零件，航天及其他部门可参照使用。

6.2 板、带材分类

产品分为厚板、薄板及带材：名义厚度大于 4.0mm 的产品为厚板；名义厚度不大于 4.0mm 的产品为薄板；名义厚度在 0.3mm～2.0mm，宽度为 50mm～650mm 呈“卷”状供货的产品为带材。

6.3 订货文件中应明确的内容

合同或订单中应写明下列内容：
a） 本规范编号；
b） 产品名称、牌号、状态、规格和数量；
c） 力学性能及其他特殊要求；
d） 对显微组织和外观质量的特殊要求；
e） 厚度小于 6mm 板材的超声波检验要求和方法，以及对超声波检验的特殊要求；
f） 其他。

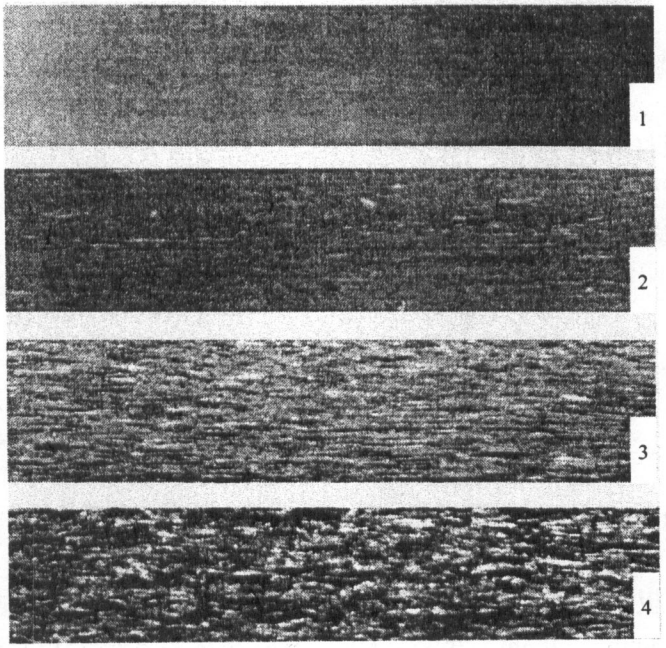


图 1　纤维状低倍组织评级图　×1

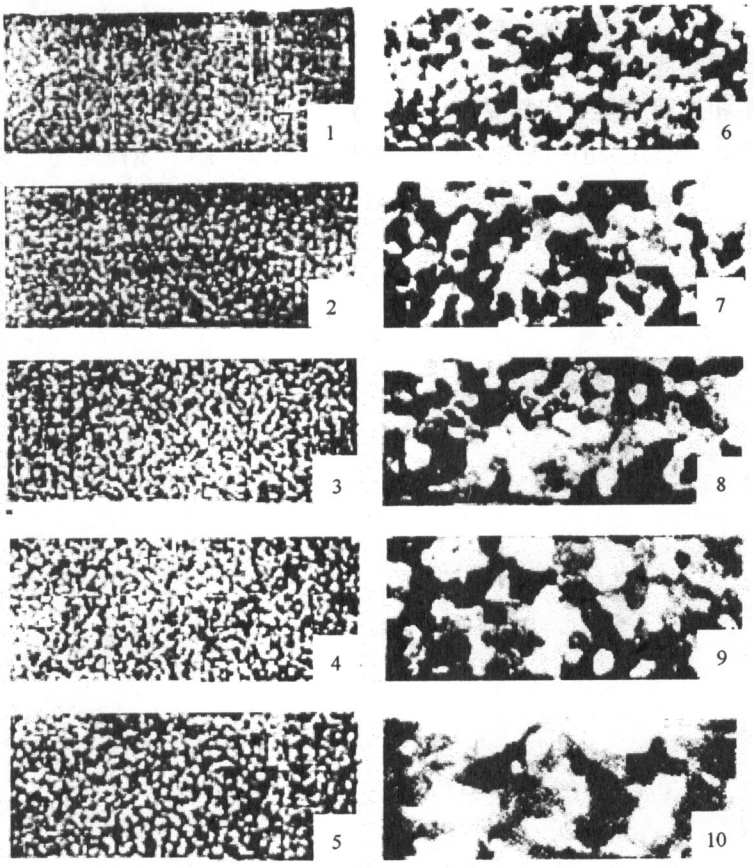


图 2　颗粒状低倍组织评级图　×1

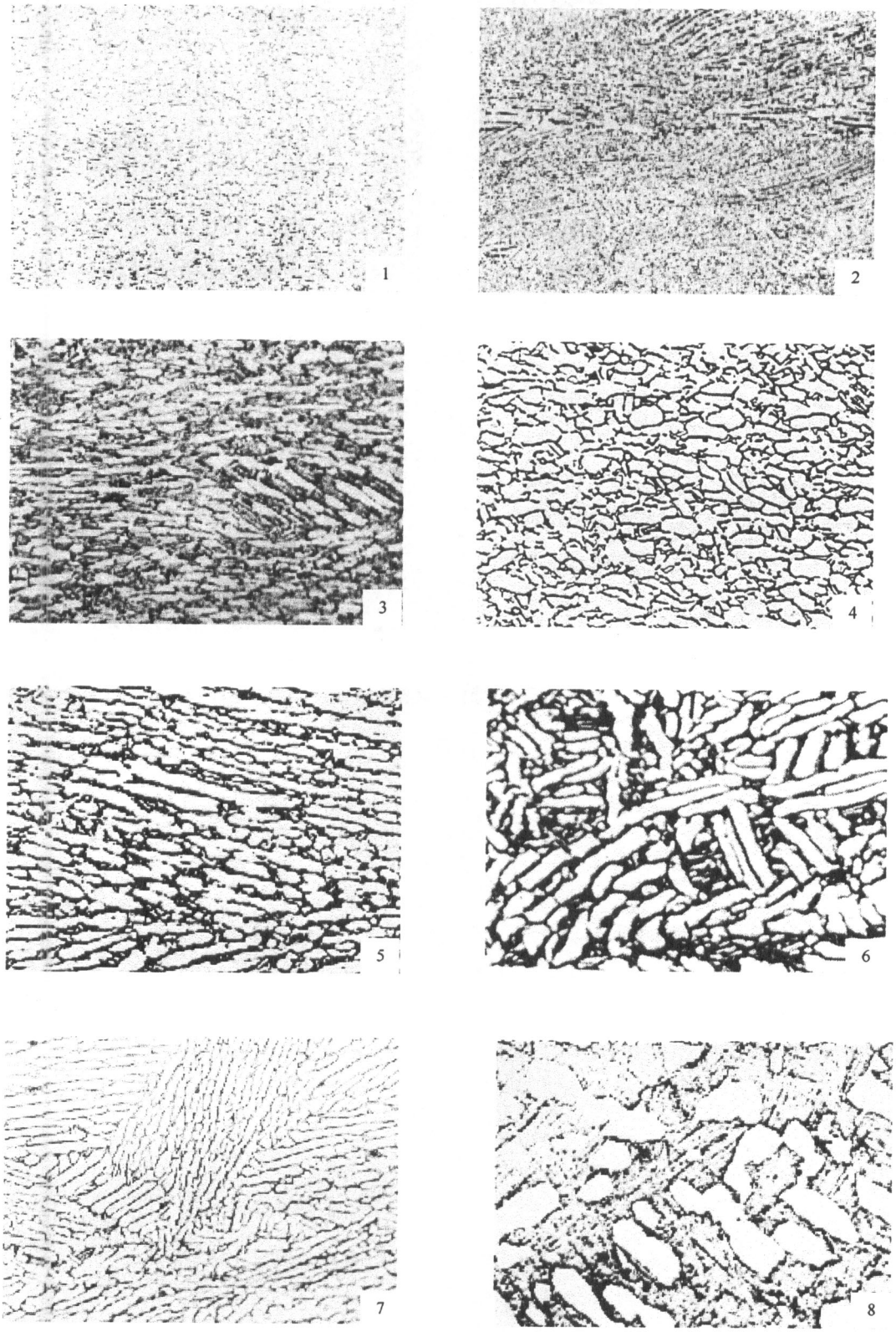
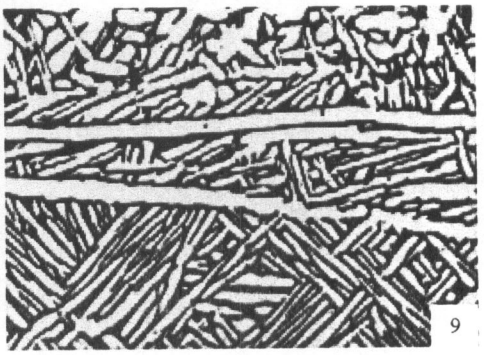
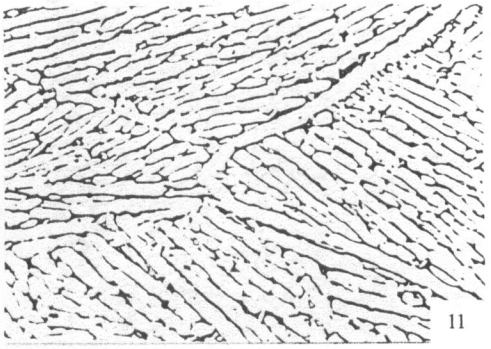


图 3　显微组织类型评级图　×500







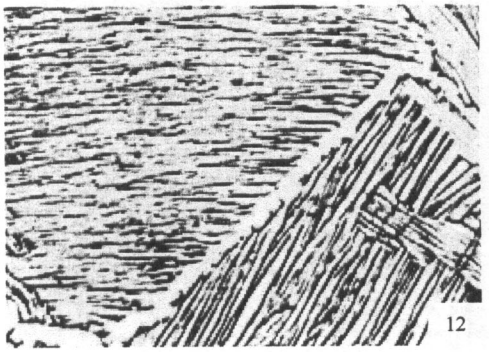


图 3(续)　×500

附 录 A
（规范性附录）
TA15 板材超声波检验方法

A.1 范围

本方法规定了 TA15 钛合金板材超声波检验要求、检验方式、检验程序和检验结果的评定等。

本方法适用于截面厚度为大于 6mm～70mm 的 TA15 钛合金板材的超声波检验。

A.2 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

A.2.2.1 检验用仪器和探头应满足 GJB 1580A－2004 中规定的技术要求。所用探头频率为 4MHz～10MHz，换能器直径为 6mm～20mm。

A.2.2.2 检验用仪器与探头组合，应满足检测盲区的要求。

A.2.3 对比试块

A.2.3.1 对比试块应采用与被检材料声传播特性相同或相似的材料制作。

A.2.3.2 对比试块至少应含有对应于上下表面检测盲区要求的平底孔和埋深为最大探测深度的平底孔，平底孔的直径按照材料技术条件规定的级别制作。

A.2.3.3 对比试块的加工要求应符合 GJB 1580A－2004 的规定。

A.2.4 板材表面状态

A.2.4.1 板材表面不允许有疤痕、凹坑、松动的氧化皮等，必要时，应进行打磨清除。

A.2.4.2 在探伤时，应根据板材表面质量进行适量的表面损失补偿。补偿值为板材与同高度试块的底波幅度差值的分贝数。

A.3 检验方式

A.3.1 对于板厚为 6mm～20mm 的板材，推荐采用接触法双晶探头或水浸法纵波聚焦探头进行检验，上、下表面盲区不得大于 1.5mm。

A.3.2 对于板厚为 20mm～70mm 的板材，推荐采用接触法或水浸法纵波直探头进行检验，其中板厚 20mm～40mm 时，表面盲区应不大于 2.5mm；板厚为 40mm～70mm 时，表面盲区应不大于 3.0mm。

A.4 检验程序

A.4.1 板材应从两面进行 100%的检查。如果仪器与探头组合特性能够同时分辨对应于上下表面检测盲区要求的平底孔，也可从单面进行扫查。

A.4.2 调整仪器灵敏度，使埋深对应于所需检测深度范围上、下限的平底孔反射波高均达到荧光屏刻度的 80%以上。

A.4.3 按 GJB 1580A－2004 的要求进行板材的扫查。

A.5 检验结果评定

A.5.1 检验过程中发现的单个缺陷，参照 GJB 1580A－2004 中规定的方法进行。评定时应注意观察检测点表面状态，必要时应重新测量该点的表面损失补偿。

A.5.2 长条形缺陷长度的测量，可参照 GJB 1580A－2004 中规定的方法进行。

附 录 B
（规范性附录）
TA15 薄板兰姆波检验方法

B.1 范围

本方法规定了 TA15 钛合金薄板兰姆波检验的要求、程序、检验报告、验收等。

本方法适用于厚度在 0.3mm～6mm 范围的 TA15 钛合金薄板内部夹杂、气孔、裂纹、分层等缺陷的兰姆波检验。

其他牌号钛合金薄板的兰姆波检验可参考使用。

B.2 要求

B.2.1 人员

从事检验的人员应具有兰姆波探伤专门知识，并按相关的无损检测人员资格鉴定与认证标准的规定进行培训、考核并取得超声检测专业相应等级检验人员的资格证书。检验报告应由具有超声波检测 II 级及其以上技术资格的人员填写。

B.2.2 检测仪及探头

B.2.2.1 兰姆波检验所用的仪器和探头应符合 GJB 3384 的要求。探头的频率应在 1.25MHz～5MHz 范围，探头工作频率与其标称频率的差值应不超过标称频率的±5%。

B.2.2.2 固定角探头外壳上应标明频率、入射角度，并在投入使用前编号。

B.2.2.3 探头前沿盲区应较小，板材端面检验盲区一般不大于 50mm。

B.2.3 对比试块

B.2.3.1 应选择与被检板材声特性相同或相近且公称厚度相同的板材制作对比试块。

B.2.3.2 一般应在被检板材的非边角部位截取，其长边方向应垂直于板材轧制方向。

B.2.3.3 对比试块厚度应均匀，其厚度差(各测量点厚度与板材平均厚度之差)应不大于板材标称厚度的±2%。

B.2.3.4 厚度大于 3mm 板材的对比试块采用图 B.1 所示的槽伤试块。也可采用图 B.2 所示的通孔和槽伤试块。厚度不大于 3mm 板材对比试块采用图 B.2 所示的通孔和槽伤试块，尺寸要求见表 B.1。

图 B.1 所示的对比试块上的人工缺陷应采用线径不大于 0.12mm 钼丝切割制作。厚度在大于 3mm～6mm 范围的板材在 1/2、1/3 和 1/4 板厚处切割制作。切割面平行于对比试块上、下表面。

带通孔和槽伤的对比试块外形和人工伤的位置如图 B.2 所示，孔和槽的尺寸见表 B.1。

B.2.3.5 制作好的对比试块不允许发生弯曲或变形，孔边应无毛刺。

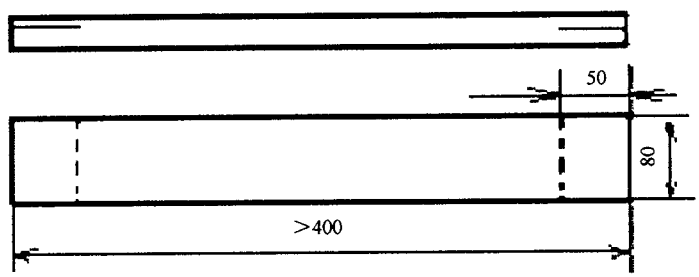


图 B.1 槽伤对比试块

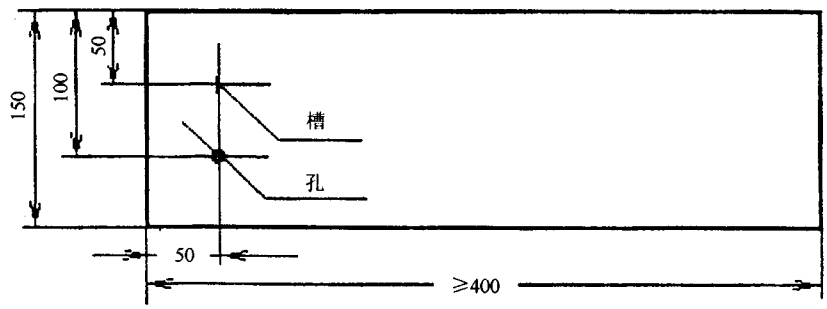


图 B.2　通孔和表面槽伤对比试块

表 B.1　对比试块人工伤尺寸

单位为毫米

板厚 d	人工伤尺寸		
	孔径 Φ	槽[a]长度	槽[a]深度
0.5～2.0	1.0±0.1	4.0±0.2	$d/5\pm0.02$
>2.0～6.0	2.0±0.1		$d/10\pm0.02(D\geqslant0.4)$
[a] 槽的加工可采用机械或电火花，槽的侧面应与板材上下面垂直。			

B.2.4　被检板材

被检板材四周剪切面应整齐一致，表面不应有油污、液滴、麻坑、腐蚀等影响探伤结果的情况。

B.3　检验方法

B.3.1　钛合金薄板应采用兰姆波接触法进行检验。

B.3.2　根据被检板材厚度，参考表 2 确定探头的频率、入射角度和兰姆波检验模式。

表 B.2　兰姆波探伤探头参数选定参考表

板厚 mm	频率 MHz	入射角度		选用模式
		聚苯乙烯	水	
0.3	2.5	25	16	S_0
0.5	2.5	68	39	A_0
0.8	2.5	58	35	
1.0	2.5	56	34	
1.2	2.5	54	33	
1.5	2.5	53	32	
2.0	2.5	52	32	
2.5	2.5	51	32	
3.0	2.5	42	27	A_0+A_1
3.5	2.5	43	28	
4.0	2.5	44	28	
4.5	2.5	43	29	

表 B. 2(续)

板厚 mm	频率 MHz	入射角 度		选用 模式
		聚苯 乙烯	水	
5.0	2.5	42	29	A_0+A_1
5.5	2.5	42	29	
6.0	2.5	42	29	
注：A_0 模激励角度参照 d=2.5mm 板执行。				

B. 4 检验过程

B. 4. 1 灵敏度调整

B. 4. 1. 1 将选定的探头放在对比试块上对准 1/4、1/3、1/2 深处线切割分层中回波最低的人工分层缺陷或人工通孔缺陷，移动探头至人工伤反射波后沿与对比试块端面反射波前沿刚好相交或尚未相交，擦净对比试块上探头至人工伤间的耦合剂，调整仪器灵敏度，使人工伤反射波高在达到荧光屏满刻度 80%条件下，探伤仪应具有一定的灵敏度余量，并以该条件探伤仪的灵敏度作为探伤基准灵敏度。

B. 4. 1. 2 若用以上人工通孔缺陷进行灵敏度调整，在探伤基准灵敏度条件下应能发现对比试块表面的人工槽伤。

B. 4. 1. 3 在满足由被检板材引起的噪声信号不大于荧光屏满刻度 10%条件的前提下，尽量提高探伤扫查灵敏度，并以此作为探伤扫查灵敏度。

B. 4. 2 扫查行距确定

B. 4. 2. 1 将选定的探头放在对比试块上对准线切割槽或通孔，调整探伤仪达到探伤仪扫查灵敏度，然后将探头向人工伤移近，以人工伤反射波前沿与始波后沿刚好相交时探头至人工伤的距离作为探头前沿盲区。

B. 4. 2. 2 以满足 B.4.1 要求时探头前沿至人工伤的距离作为最大扫查行距。

B. 4. 2. 3 按 B.4.2.1 和 B.4.2.2 所确定的最大扫查行距进行检验时，板材边沿检验盲区应不大于 50mm。

B. 4. 2. 4 以最大扫查行距减去探头前沿检验盲区距离作为行扫查的有效检验范围。

B. 4. 2. 5 应根据板材受检方向的尺寸和选用探头的最大扫查行距合理地确定扫查行距。

B. 4. 3 被检板材扫查

B. 4. 3. 1 按B.4.1和B.4.2所确定的扫查灵敏度和扫查间距使兰姆波沿垂直于板材轧制方向对板材进行扫查。

B. 4. 3. 2 每行扫查过程中，由探头前沿盲区造成的未检区域应在下一行扫查中予以覆盖。

B. 4. 3. 3 扫查速度应不大于 100mm/s，扫查过程中，探伤人员应时刻注意观察探伤仪荧光屏的信号显示。

B. 4. 3. 4 整张板材扫查完成后，应调转探头，使声束入射方向改变 180°，并按 B.4.3.1～B.4.3.3 要求对板材再扫查一遍。

B. 5 缺陷信号的识别与记录

B. 5. 1 对于探伤仪荧光屏上始波之后或始波与板材端面回波之间出现的明显高于杂波的回波信号，在排除不属于油污等引起的干扰回波后，可视为缺陷回波信号。

B. 5. 2 若底波幅度发生明显下降或位置前移或后移时，在排除耦合不良、声束不垂直于板材端面或扫查距离有变化等原因后，应考虑探头前方或下方的板材中存在缺陷的可能性。

B.5.3 对于出现回波信号的部位，应移动探头使声束从不同方向入射，以进一步确定缺陷存在的可能性及缺陷回波的最大幅值，并以最大幅值作为判定依据。

B.5.4 用手指蘸油在声束传播方向的板上按压，或利用对比试块确定缺陷的位置。

B.5.5 应尽可能采用具有足够分辨率的超声仪器和探头或其它有效的检测方法对可疑区域进行检查，更多地了解、掌握信息，以进一步分析、确定指示信号是否属于缺陷及缺陷的类型、位置、大小、数量。

B.5.6 对于确认的缺陷，应沿其周围移动探头进行扫查，并按 B.5.4 确定缺陷的边界轮廓，采用色笔、油漆或其它适当方式在板材表面上标记缺陷的位置和大小。

B.5.7 在同声程条件下测量缺陷反射回波的幅度与基准灵敏度的差值。

B.5.8 试验原始记录一般应包括以下主要内容：

a) 板材牌号、规格、数量及炉批号；
b) 探伤仪型号及编号；
c) 探头频率、入射角度及编号；
d) 兰姆波探伤选用的模式；
e) 对比试块类型；
f) 探伤基准灵敏度和扫查灵敏度；
g) 扫查间距及扫查方向；
h) 检验结果、检验人员及检验日期。

中 华 人 民 共 和 国
国家军用标准
航空用钛及钛合金板材和带材规范
GJB 2505A－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 1¾　字数 47 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 7088 号

GJB2505A-2008 K