

QJ

中国航天工业总公司航天工业行业标准

QJ 2917 - 97

钛及钛合金金相检验方法

1997 - 03 - 10 发布

1997 - 10 - 05 实施

中国航天工业总公司 发布

钛及钛合金金相检验方法

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了航天产品用 α 型、 β 型、 $\alpha-\beta$ 型钛及钛合金金相显微组织检验用试验设备、试样、浸蚀剂、金相检验方法及评定。

1.2 适用范围

本标准适用于航天产品用 TA2、TB3、TC4 牌号的钛及钛合金金相显微组织的检验及评定。

2 引用文件

- GB 2966 优质 TC4 钛合金棒材
- GB 5168 两相钛合金高低倍组织检验
- GB 6611 钛及钛合金术语
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GBn 195 钛及钛合金锻环
- GJB 391 航天工业用 TC4 钛合金锻制饼材
- GJB 2220 航空发动机用钛合金饼、环坯规范

3 定义

3.1 网篮状组织

β 区加热经较大的 β 区变形或 $\alpha+\beta$ 区变形后得到的组织, 原始 β 晶界被破碎, α 或 $\alpha+\beta$ 小片短而歪扭, 具有较小的纵横比。

3.2 其他术语

其他术语见 GB 6611 规定。

4 一般要求

本章无条文。

5 详细要求

5.1 试验设备

试验设备包括镶嵌机、预磨机、抛光机、电解抛光仪、金相显微镜等。

5.2 试样

5.2.1 取样位置及方向

试样应按照有关技术文件规定或者双方协议的部位与方向截取。截取试样时，应减少金属变形（流动）；不允许过热。

5.2.2 试样尺寸

试样的观察面一般为 $7\text{mm} \times 7\text{mm} \sim 20\text{mm} \times 20\text{mm}$ ，试样的高度应便于操作。

5.3 试样的制备

5.3.1 试样的镶嵌、磨削、抛光和浸蚀等参照 GB/T 13298 执行。

5.3.2 为使机械抛光效果更好，推荐在抛光液中加入少许铬酐（略显桔红色即可）。

5.3.3 电解抛光规范见表 1。

表 1 电解抛光规范

序号	成分 ml	电压 V	时间 s
1	甲醇 630 + 丁醇 50 + 乙二醇丁醚 260 + 冰醋酸 2 + 高氯酸 60	25~40	10~30
2	高氯酸 78 + 蒸馏水 120 + 乙醇 700 + 乙二醇丁醚 100	40 ± 1	≈ 5
3	高氯酸 50 + 冰醋酸 950	55~60	20~40
4	高氯酸 10 + 乙醇 70 + 甘油 20	6~8	5~10

注：不锈钢板作阴极。

5.3.4 浸蚀剂和浸蚀时间以能充分显示显微组织为准，浸蚀剂见表 2。

表 2 钛及钛合金显微组织浸蚀剂

序号	浸蚀剂	试样状态
1	HF:HNO ₃ :H ₂ O=2:1:17	TA2 退火
2	HF:HNO ₃ :H ₂ O=1:1:3	TB3 固溶

续表 2 钛及钛合金显微组织浸蚀剂

序号	浸蚀剂	试样状态
3	HF:HNO ₃ :H ₂ O=1:3:5	TB3 固溶+时效
4	HF:HNO ₃ :H ₂ O=1:2:47	TC4 退火
5	HF:HNO ₃ :H ₂ O=1:6:193	
6	HF:HNO ₃ :H ₂ O=1:4:45	TC4 固溶
		TC4 固溶+时效

5.4 金相显微组织的观察与评定

5.4.1 金相显微组织的观察

用金相显微镜放大 100 倍或 500 倍全面观察试样。观察时，至少选择 3~5 个典型视域。

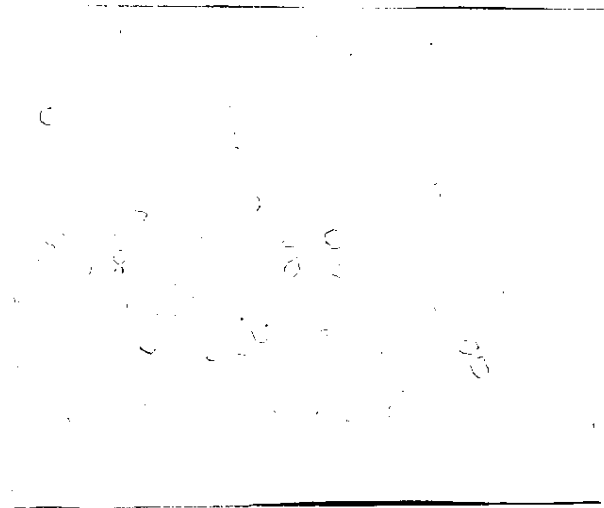
5.4.2 金相显微组织的评定

5.4.2.1 TA2 显微组织的评定

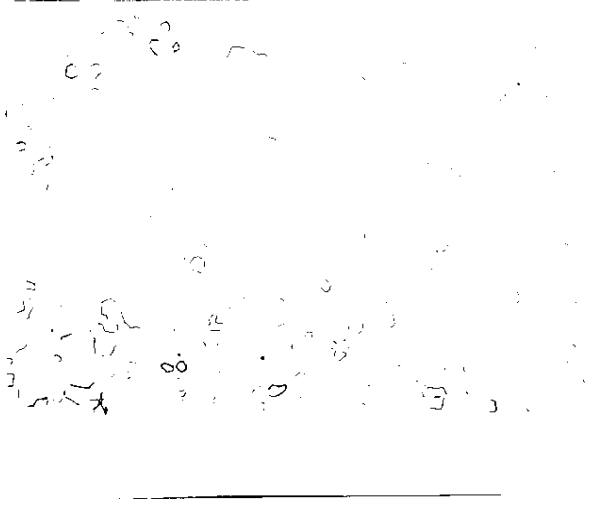
TA2 为 α 型钛合金，其显微组织的评定以晶粒大小而定，见图 1，其中 a~c 为正常组织，d~e 为不推荐组织。

5.4.2.2 TB3 显微组织的评定

TB3 为 β 型钛合金。固溶状态显微组织的评定以晶粒大小而定，见图 2，其中 a~c 为正常组织；d~e 为不推荐组织。固溶+时效状态显微组织的评定以弥散 α 析出的均匀性而定，见图 3，其中 a~d 为正常组织，e~f 为不推荐组织。



- (a) 材料: TA2, 板材, 厚度 1.2mm
状态: 轧制退火
组织: α
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O=2:1:17
放大倍数: 100 \times



- (b) 材料: TA2, 板材, 厚度 1.2mm
状态: 500 $^{\circ}$ C, 30min, 空冷
组织: α
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O=2:1:17
放大倍数: 100 \times



- (c) 材料: TA2, 板材, 厚度 1.2mm
状态: 690 $^{\circ}$ C, 30min, 空冷
组织: α
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O=2:1:17
放大倍数: 100 \times

(d) 材料: TA2, 板材, 厚度 1.2mm
状态: 800℃, 30min, 空冷
组织: 粗大 α
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O=2:1:17
放大倍数: 100×



(e) 材料: TA2, 板材, 厚度 1.2mm
状态: 1000℃, 30min, 空冷
组织: α 变形
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O=2:1:17
放大倍数: 100×

图1 TA2 显微组织

(a) 材料: TB3, 丝材, 直径 3.5mm
状态: 退火
组织: α
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O = 1:1:3
放大倍数: 100 \times

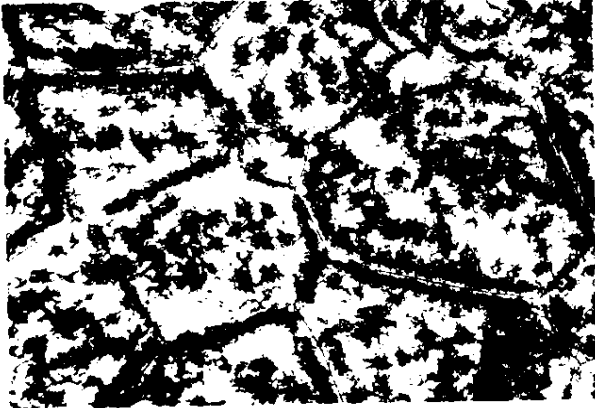
(b) 材料: TB3, 丝材, 直径 3.5mm
状态: 800 $^{\circ}$ C, 30min, 空冷
组织: β + 少量析出初生 α 质点
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O = 1:1:3
放大倍数: 100 \times

(c) 材料: TB3, 丝材, 直径 3.5mm
状态: 900 $^{\circ}$ C, 30min, 空冷
组织: β 晶粒开始粗大
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O = 1:1:3
放大倍数: 100 \times

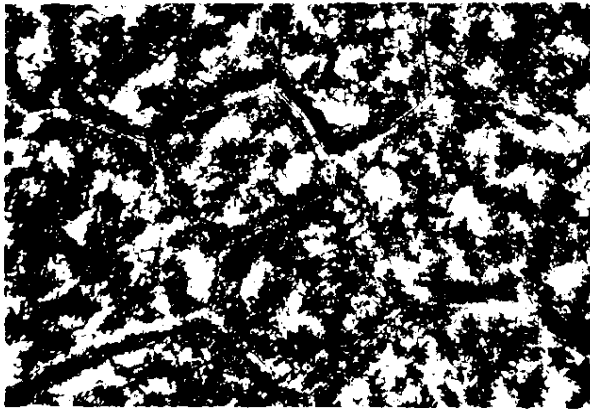
(d) 材料: TB3, 丝材, 直径 3.5mm
状态: 1000℃, 30min, 空冷
组织: β 晶粒进一步粗大
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O=1:1:3
放大倍数: 100×

(e) 材料: TB3, 丝材, 直径 3.5mm
状态: 1100℃, 30min, 空冷
组织: β 晶粒极粗大
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O=2:1:17
放大倍数: 100×

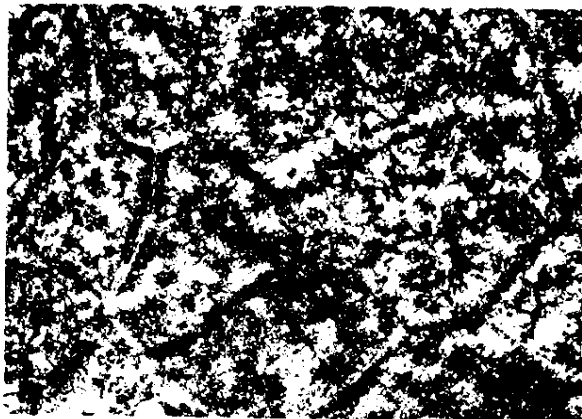
图2 TB3 固溶状态显微组织



(a) 材料：TB3，丝材，直径 3.5mm
状态：800℃，30min，空冷
+ 550℃，2h，空冷
组织：β+少量初生 α+析出 α
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O=1:3:5
放大倍数：500×



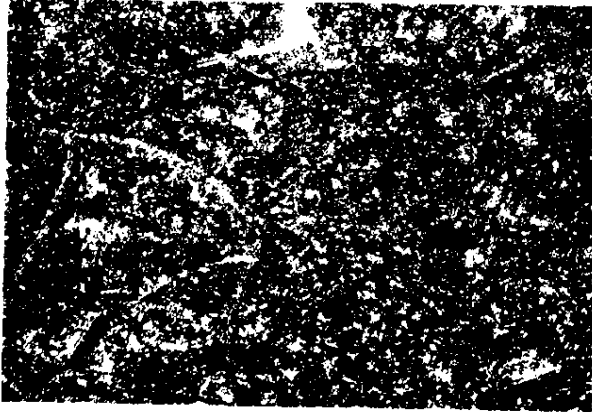
(b) 材料：TB3，丝材，直径 3.5mm
状态：800℃，30min，空冷
+ 550℃，4h，空冷
组织：β+少量初生 α+析出 α
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O=1:3:5
放大倍数：500×



(c) 材料：TB3，丝材，直径 3.5mm
状态：800℃，30min，空冷
+ 550℃，8h，空冷
组织：β+少量初生 α+析出 α
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O=1:3:5
放大倍数：500×



- (d) 材料：TB3，丝材，直径 3.5mm
状态：800℃，30min，空冷
+ 550℃，16h，空冷
组织：β + 少量初生 α + 析出 α
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O = 1:3:5
放大倍数：500 ×



- (e) 材料：TB3，丝材，直径 3.5mm
状态：800℃，30min，空冷
+ 550℃，20h，空冷
组织：β + 少量初生 α + 析出 α
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O = 1:3:5
放大倍数：500 ×

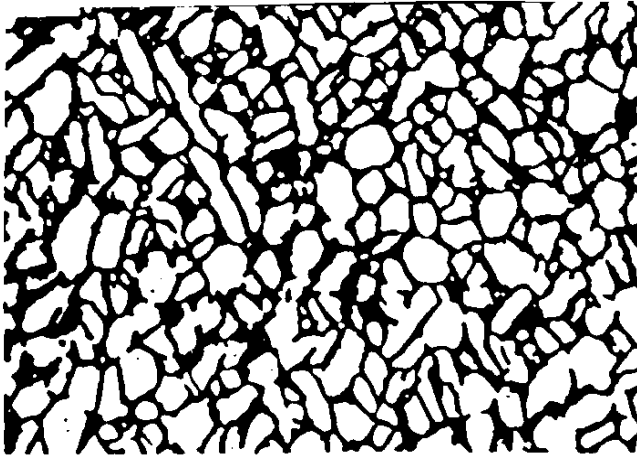


- (f) 材料：TB3，丝材，直径 3.5mm
状态：800℃，30min，空冷
+ 550℃，24h，空冷
组织：β + 少量初生 α + 析出 α
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O = 1:3:5
放大倍数：500 ×

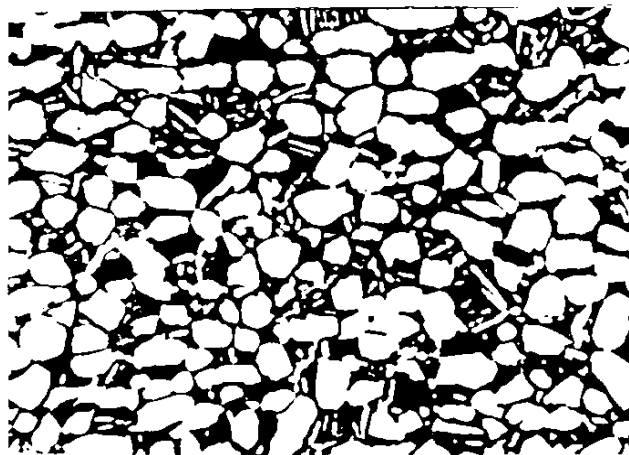
图 3 TB3 固溶 + 时效状态显微组织

5.4.2.3 TC4 显微组织的评定

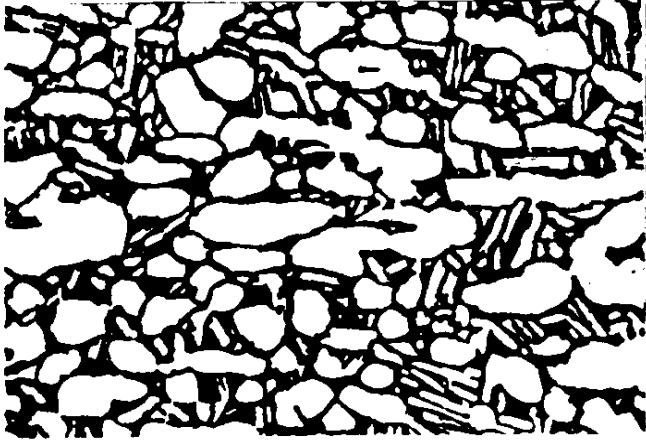
TC4 为典型的 α - β 两相钛合金。金相显微组织的评定分为等轴组织、混合组织、网篮状组织、魏氏组织四类，见图 4，其中 a~d 为初生 α 为基的等轴组织；e~g 为 β 转变组织为基的混合组织；h~j 为网篮状组织；k~l 为魏氏组织；m~o 为粗大 α 组织。图 4 中 a~j 为正常组织；k~o 为不推荐组织。



(a) 材料：TC4 锻件
 状态：初生 α + 转变 β
 浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O=1:2:47
 放大倍数：500 \times



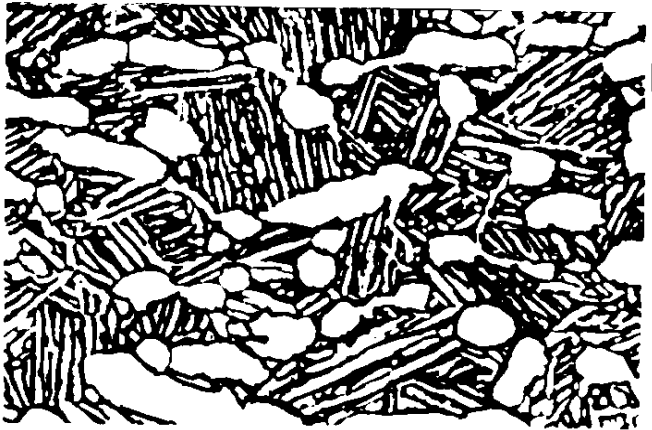
(b) 材料：TC4 锻件
 状态：初生 α + 转变 β
 浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O=1:2:47
 放大倍数：500 \times



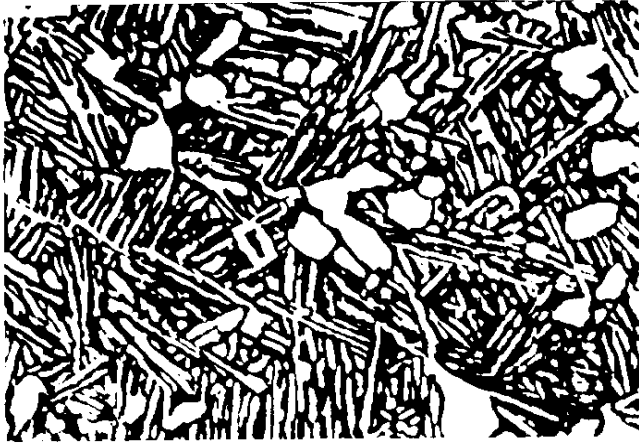
(c) 材料: TC4 锻件
状态: 初生 α + 转变 β
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O = 1:2:47
放大倍数: 500 \times



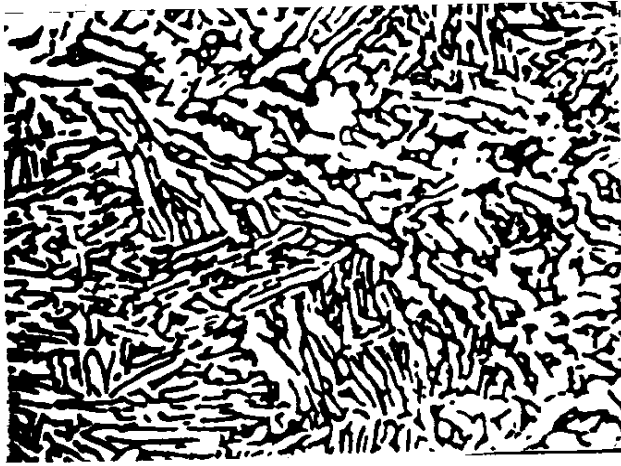
(d) 材料: TC4 锻件
状态: 初生 α + 转变 β
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O = 1:2:47
放大倍数: 500 \times



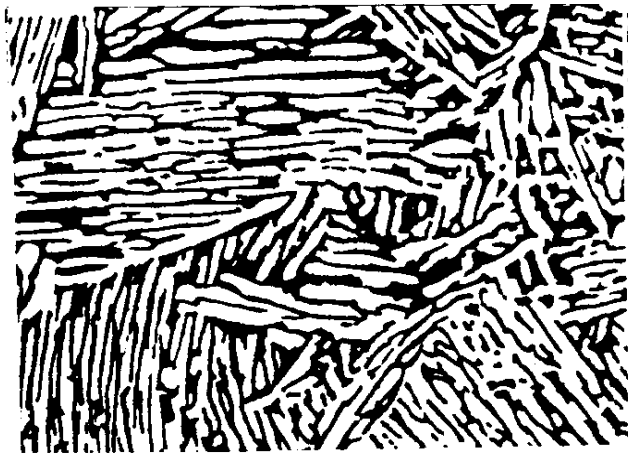
(e) 材料: TC4 锻件
状态: 初生 α + 转变 β
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O = 1:2:47
放大倍数: 500 \times



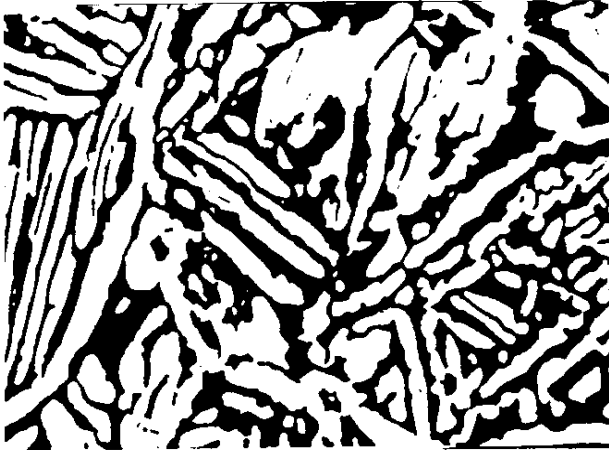
(f) 材料：TC4 锻件
状态：初生 α + 转变 β
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O = 1:2:47
放大倍数：500 \times



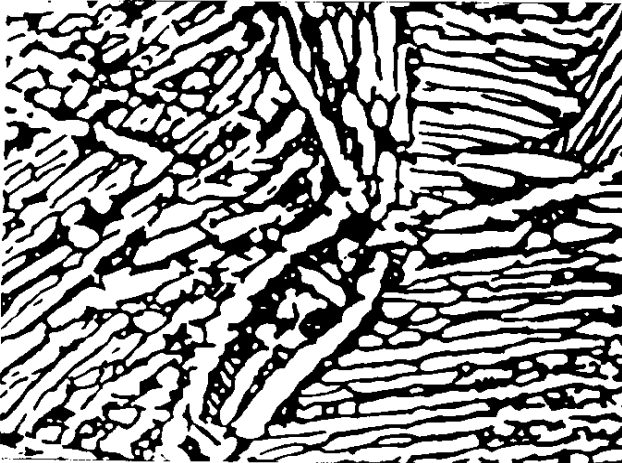
(g) 材料：TC4 锻件
状态：变形 α + β 混合组织
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O = 1:2:47
放大倍数：500 \times



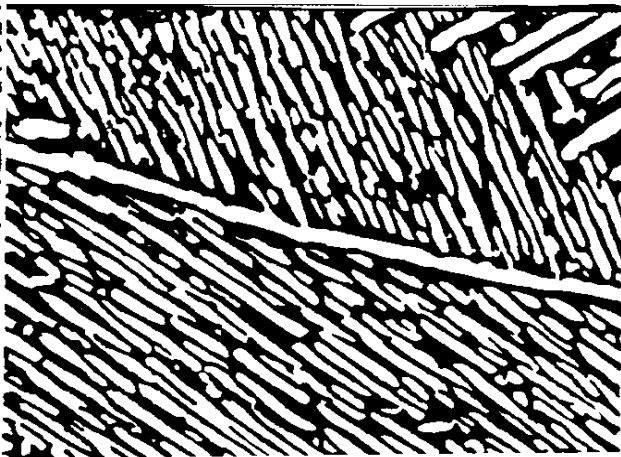
(h) 材料：TC4 锻件
状态：网篮状组织
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O = 1:2:47
放大倍数：500 \times



(i) 材料：TC4 锻件
状态：粗大网篮状组织
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O=1:2:47
放大倍数：500×



(j) 材料：TC4 锻件
状态：粗大变形的网篮状组织
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O=1:2:47
放大倍数：500×



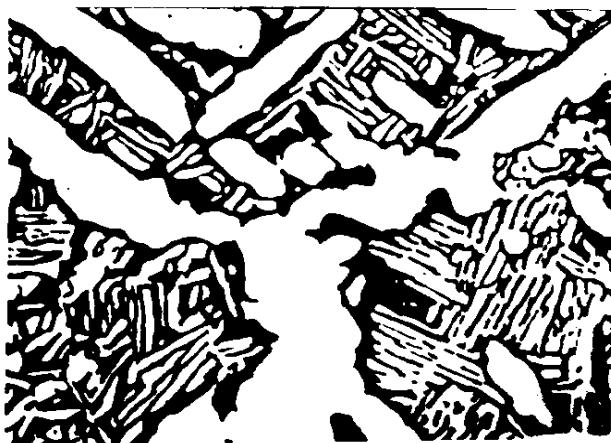
(k) 材料：TC4 锻件
状态：魏氏组织
浸蚀剂：HF:HNO₃:H₂O=1:2:47
放大倍数：500×



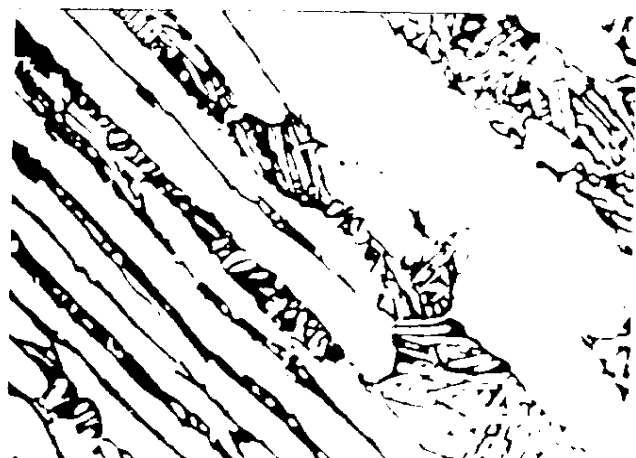
(l) 材料: TC4 锻件
状态: 魏氏组织
浸蚀剂: $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:2:47$
放大倍数: $500\times$



(m) 材料: TC4 锻件
状态: 粗大变形的网篮状组织
+ 晶界 α 粗大
浸蚀剂: $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:2:47$
放大倍数: $500\times$



(n) 材料: TC4 锻件
状态: 粗大变形的网篮状组织
+ 晶界 α 粗大
浸蚀剂: $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:2:47$
放大倍数: $500\times$



(o) 材料: TC4 锻件
状态: 粗大变形的网篮状组织
+ 晶界 α 粗大
浸蚀剂: HF:HNO₃:H₂O=1:2:47
放大倍数: 500×

图 4 TC4 显微组织

6 说明事项

6.1 TC4 棒材显微组织的评定

如 5.4.2.3 条满足不了要求时, TC4 棒材显微组织的评定也可按 GB 2966 执行。

6.2 低倍组织检验及评定

TA2、TB3、TC4 钛及钛合金低倍组织检验及评定按 GB 5168、GBn 195、GJB 391、GJB 2220 执行。其他牌号钛及钛合金低倍组织检验及评定可参照相关标准执行。

6.3 人身保护、设备与仪器的防护

人身保护、设备与仪器的防护按 GB 5168 执行。

附加说明:

本标准由中国航天工业总公司七〇八所提出。

本标准由中国航天工业总公司上海八院第八〇〇研究所负责起草。

本标准主要起草人: 黄绍良、陈钺、郭宝仁、刘金福、谢雅娣。

QJ 2917 - 97

中国航天工业总公司
航天工业行业标准
钛及钛合金金相检验方法
QJ 2917 - 97

中国航天工业总公司第七〇八研究所出版发行
七〇八所排版印刷
1997年10月出版
定价：80.00元