

中华人民共和国国家军用标准

FL 6210

GJB 1538A-2008

代替 GJB 1538-1992

航空结构件用钛合金棒材规范

Specification for titanium alloy bars
for structural parts of aeroplane

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 1538-1992《飞机结构件用 TC4 钛合金棒材规范》。

本规范与 GJB 1538-1992 相比，主要有以下变化：

- 规范名称改为《航空结构件用钛合金棒材规范》；
- 增加了 TB6 钛合金棒材产品的各项有关规定；
- 修订了 TC4 钛合金超声波探伤的相关规定；
- 修订了附录 A《航空结构件用钛合金棒材超声波检验方法》的有关规定；
- 根据规范的修改情况，删去了附录 B。

本规范的附录 A 是规范性附录。

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负责归口。

本规范起草单位：宝鸡有色金属加工厂、北京航空材料研究院、航天 703 所、中国有色金属工业标准计量质量研究所。

本规范主要起草人：高 博、张平辉、黄利军、黄永光、张宇玮、马小怀、王伟琪、贺东江。

本规范于 1992 年 10 月首次发布。

航空结构件用钛合金棒材规范

1 范围

本规范规定了航空结构件用钛合金棒材的要求、质量保证规定和交货准备等。
本规范适用于热轧和热锻的 TC4、TB6 钛合金棒材。

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 2039 金属拉伸蠕变及持久试验方法
GB/T 3620.2 钛及钛合金加工产品化学成分及成分允许偏差
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
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 8180 钛及钛合金加工产品的包装、标志、运输和贮存
JB/T 10061-1999 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件

3 要求

3.1 材料

3.1.1 用于制造棒材的铸锭应采用真空自耗电弧炉熔炼，TC4 钛合金熔炼次数应不少于两次，TB6 钛合金熔炼次数为三次。铸锭最后一次熔炼时的压强应不大于 1.33Pa。

3.1.2 自耗电极不允许使用钨极氩弧焊焊接。

3.2 牌号、状态、规格

产品的牌号、状态和规格应符合表 1 的规定。

表 1

牌号	供应状态	规格 mm	
		直径	长度
TC4	热轧、热锻(R)	12~220	400~3000
	退火(M)	12~220	400~2700
TB6	热轧、热锻(R)	21~150	300~3000

3.3 化学成分

棒材的化学成分应符合表 2 的规定。订购方复验时，棒材的化学成分允许偏差应符合 GB/T 3620.2 的规定。

表 2

牌号	主要成分 %				杂质元素, 不大于 %								
	Ti	Al	V	Fe	Fe	Si	C	N	H	O	Y	其他 ^a	
												单个	总和
TC4	基	5.5~6.8	3.5~4.5	—	0.30	0.15	0.10	0.05	0.0125	0.20	—	0.10	0.40
TB6 ^b	基	2.6~3.4	9.0~11.0	1.6~2.2	—	—	0.05	0.05	0.0125	0.13	0.005	0.10	0.30

^a 其他元素(Cu、Cr、Sn、Mn、Mo、Zr), 在一般情况下不做检验, 但应保证。订购方认为有必要检测并在合同中注明时, 可进行抽检。

^b 对于 TB6 钛合金, 其铸锭上、中、下部位铁含量的最大差别不大于 0.30%。

3.4 力学性能

3.4.1 棒材的力学性能在经热处理后的试样坯或与试样等长度的棒坯上测试。对于 TB6 钛合金棒材, 当直径大于 100mm 时, 也可按 4.2.2.3 的规定镦饼后取样检验力学性能, 两种取样方式中任选一种。推荐的热处理制度为:

- TC4 钛合金: 700℃~800℃, 保温 1h~4h, 空冷。
- TB6 钛合金: 在 β 转变温度以下 30℃~60℃ 范围内固溶加热, 保温 1h~2h, 水冷(对于直径小于或等于 25mm 的棒材允许采用空冷代替水冷)。在 510℃~560℃ 范围内时效, 保温时间不小于 8h, 空冷。

3.4.2 TC4 钛合金棒材室温力学性能应符合表 3 的规定, TB6 钛合金棒材的室温力学性能应符合表 4 的规定。

表 3

牌号	直径 mm	抗拉强度 R_m N/mm ²	规定非比例 伸长应力 $R_{p0.2}$ N/mm ²	断后伸长率 A %		断面收缩率 Z %	
				纵向	横向	纵向	横向
				不小于			
TC4	12~50	930	860	10	—	25	—
	>50~75	895	825	10	—	25	—
	>75~100	895	825	10	10	25	20
	>100~150	895	825	10	9	25	20
	>150~220	895	825	10	8	20	15

表 4

牌号	直径 mm	取样方向	抗拉强度 R_m N/mm ²	规定非比例 伸长应力 $R_{p0.2}$ N/mm ²	断后伸长率 A %	断面收缩率 Z %	平面应变断 裂韧度 K_{Ic} N/mm ² · \sqrt{m}					
								不小于				
								TB6	21~150	纵向	1105	1000
横向	1105	1000	6	10	—							
C-R	—	—	—	—	55							
>100~150	镦饼弦向	1105	1000	6	10	—						
	镦饼 C-R	—	—	—	—	60						

3.4.3 订购方要求并在合同中注明时，TC4 钛合金棒材的高温力学性能应符合表 5 规定。

表 5

牌号	直径 mm	取样 方向	试验温度 ℃	抗拉强度 R_m N/mm ²	断后伸长率 A %	断面收缩率 Z %	持久强度 σ_{100} N/mm ²
				不小于			
TC4	12~75	纵向	400	615	12	40	570
	>75~100	横向	400	615	12	40	570
	>100~150	横向	400	600	12	40	560

3.4.4 订购方要求并在合同中注明时，直径大于 75mm 的 TC4 钛合金棒材 L-R 方向的平面应变断裂韧性 K_{IC} 应不小于 $50 \text{ N/mm}^2 \cdot \sqrt{m}$ 。

3.5 β 转变温度

承制方应按熔炼炉号提供棒材 β 转变温度的实测数据。

3.6 超声波检验

3.6.1 棒材应采用超声波检验，径向纵波检验的验收标准见表 6，并符合下列规定：

- 单个不连续性指示其幅度应不超过所要求的等级的当量平底孔指示幅度；
- 多个不连续性指示其中任何两个指示的中心间距小于 25mm 而指示幅度应不超过所要求等级的当量平底孔幅度；
- 任何长条形不连续性指示其幅度和长度应不超过所要求等级的当量平底孔指示幅度和所规定的长度。

表 6

牌号	棒材直径 mm	单个不连续性指示	多个不连续性指示		长条形不连续性指示		非几何因素引起的 底波损失
		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	
TC4	12~150	1.2	0.8	25	0.8	12.7	≤50%，且位置没有前移
	>150~220	2.0	1.2	25	1.2	12.7	
TB6	21~125	1.2	0.8	25	0.8	12.7	
	>125~150	2.0	1.2	25	1.2	12.7	

3.6.2 周向横波检验时，缺陷信号不应大于对比试块上人工反射体的反射信号。

3.7 尺寸和外形

3.7.1 棒材以磨削或机加工表面供货，其直径及允许偏差应符合表 7 的规定。

表 7

牌号	直径 mm	允许偏差 mm
TC4	12~40	±0.8
	>40~70	±1.0
	>70~100	±1.5
	>100~150	±2.0
	>150~220	±3.0

表 7(续)

牌号	直径 mm	允许偏差 mm
TB6	21~60	±1.0
	>60~100	±1.5
	>100~150	±2.0

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 $^{+20}_0$ mm，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。

3.8 低倍组织

3.8.1 TC4 和 TB6 钛合金棒材的横向低倍组织不应有裂纹、缩尾、气孔、金属或非金属夹杂及其他肉眼可见的冶金缺陷，低倍组织上一般不允许有明显的、肉眼可见的清晰粗大晶粒。

3.8.2 TC4 钛合金棒材低倍组织具体要求为：

a) 低倍组织上不允许有偏析；

b) 直径不大于 150mm 的棒材，其低倍组织应符合图 1a)和图 1b)，图 1c)局部有较细的明显晶粒也为合格组织，图 1e)和图 1f)有明显的粗大晶粒，为不合格组织；

c) 直径大于 150mm 的棒材，其低倍组织应符合图 2a)~图 2i)，图 2k)~图 2m)为不合格组织。

3.8.3 TB6 合金棒材的低倍组织：图 3a)~图 3d)为合格低倍组织，图 3e)为不合格组织。

3.9 显微组织

3.9.1 TC4 合金经 3.4.1 规定的热处理后，棒材的显微组织应是 $\alpha+\beta$ 两相区加工的均匀组织。在变形过程后将所在的原始 β 晶界破碎。具体要求为：

a) 直径不大于 150mm 的棒材，其显微组织应符合图 4a)~图 4j)，图 4k)~图 4p)为不合格组织；

b) 直径大于 150mm 的棒材，其显微组织应符合图 5a)~图 5s)，图 5t)~图 5ae)为不合格组织；

c) 不允许有过热的组织存在。直径不大于 150mm 的棒材，其长条 α 的尺寸应不大于 0.25mm；直径大于 150mm 的棒材，其长条 α 应符合其合格的显微组织图片的要求。

3.9.2 TB6 合金经 3.4.1 规定的热处理后，棒材的显微组织的具体要求为：

a) 显微组织应由时效 β 基体和球状或条状初生 α 相组成，初生 α 相的含量应在 10%以上；原始 β 晶粒边界不应出现连续的、平直的 α 相网络和粗大的晶界 α 相组织，当出现明显的但经过变形的晶界 α 相时，晶粒尺寸应不大于 150 μ m。

b) 图 6a)~图 6f)为合格组织，图 6i)~图 6j)为不合格组织；若出现图 6 中的图 6g)、图 6h)组织，当图 6g)和图 6h)组织的面积不大于观察试样面积的 10%时，为合格组织，大于 10%时，为不合格组织。

c) 在 β 转变温度以下 25 $^{\circ}$ C或在 775 $^{\circ}$ C经热处理检查 β 斑(初生 α 相含量少于 5%的区域)，其在任意方向上的长度不得超过 0.76mm。图 6k)为合格组织，图 6l)为不合格组织。

3.10 表面状况

棒材表面粗糙度的 Ra 值应不大于 3.2 μ m。

3.11 外观质量

棒材表面不允许有裂纹、折叠、起皮及其他冶金缺陷。棒材表面的局部缺陷应予以清除，清除的深度不应超过其直径的允许偏差，清理宽度与深度之比应大于 10。

3.12 产品标志

3.12.1 在已检验的每根棒材上应打印(或粘贴标签)标记以下内容：

- a) 承制方技术监督部门印记;
- b) 产品牌号;
- c) 规格;
- d) 供应状态;
- e) 熔炼炉号;
- f) 批号;
- g) 锭节号。

3.12.2 棒材实行锭节号管理。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冒口端作出标志“T”;若不使用靠冒口部分,则在合格证中予以注明。

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

棒材应成批提交验收。每批应由同一牌号、熔炼炉号、状态、规格、制造方法、生产周期的棒材组成。

4.2.2 检验项目及取样

4.2.2.1 棒材质量一致性检验的项目、取样数量应符合表 8 的规定。

表 8

检验项目	取样位置	取样数量	要求的章条号	检验或试验方法的章条号
化学成分 ^a	任意部位	每批 1 份	3.3	4.3.1
力学性能	见表 9、表 10	每批(炉)取 2 根, 每根取 1 个试样	3.4	4.3.2、4.3.3、4.3.4、4.3.5
β 转变温度	任意部位	每熔炼炉号 1 个	3.5	4.3.6
超声波检验	—	逐根	3.6	4.3.7
尺寸偏差	—	逐根	3.7	4.3.8
低倍组织	端部横向取样	每批取 2 根, 每根取 1 个试样	3.8	4.3.9
显微组织	见表 9、表 10	每批取 2 根, 每根取 1 个试样	3.9	4.3.9
表面状况	—	逐根	3.10	4.3.10
外观质量	—	逐根	3.11	4.3.11

^a 氢含量在距离棒材表面 4mm~6mm 处取样; 其他化学成分在产品上取样, 允许承制方以铸锭的分析结果报出。

4.2.2.2 TC4 棒材力学性能和显微组织检验的取样位置应符合表 9 的规定, TB6 棒材力学性能和显微组织检验的取样位置应符合表 10 的规定。

表 9

棒材直径 mm	拉伸性能		K_{IC}	横向显微组织	
	纵向	横向	L-R		
12~25	圆心	—	—	圆心	
>25~75	D/4	—		直径 D	D/4
>75~100	D/4	直径或弦向			
>100~150	D/4	弦向	D/2		
>150~220	D/4	弦向	D/2~D/4 之间		

表 10

棒材直径 mm	拉伸性能		K_{IC}	横向显微组织
	纵向	横向	C-R	
21~25	圆心	—	—	圆心
>25~75	圆心和 D/4 之间	—		缺口通过直径
>75~150	D/4	直径或弦向	D/4	
锻饼	—	弦向		

4.2.2.3 TB6 棒材，直径大于 100mm 时，可以从受检棒材上切取长度 100mm 的棒材，在 830℃ 加热 60min 后锻粗至高度 50mm，然后在 750℃ 加热 30min 后，锻粗至高度 37.5mm 并水冷。从获得的锻饼上各取一个拉伸性能和断裂韧性试样。

4.2.3 检验结果的判定

4.2.3.1 化学成分、显微组织有一项不合格时，判整批不合格。

4.2.3.2 低倍组织检验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），该批棒材不合格；如判为有非脆性偏析，允许承制方切除后重新组批交货。TC4 合金棒材若出现图 1d) 和图 2j) 的情形时，或对 TB6 合金棒材低倍组织有争议时，应以显微组织为准，显微组织合格则判为合格。

4.2.3.3 棒材的尺寸偏差、表面状况以及外观质量、超声波检验不合格时，单根不合格。

4.2.3.4 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（包括原受检棒材）中取双倍数量的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，则判该批棒材为不合格。但允许供方逐根对不合格项目进行检验，合格者重新组批交货。

4.3 检验方法

4.3.1 化学成分的仲裁分析按 GB/T 4698（所有部分）的规定进行。

4.3.2 室温拉伸试验按 GB/T 228-2002 的规定进行。室温拉伸试验选 GB/T 228-2002 中 R7 试样。

4.3.3 高温拉伸试验按 GB/T 4338 的规定进行。

4.3.4 高温持久试验按 GB/T 2039 的规定进行。

4.3.5 断裂韧性试验按 GB/T 4161 的规定进行。试样形式为紧凑拉伸试样。

4.3.6 β 转变温度用金相淬火法或其他方法测定。

4.3.7 超声波检验按本规范附录 A 的规定进行。

4.3.8 尺寸检验用相应精度的量具进行。

4.3.9 棒材的低倍组织、显微组织的检验按 GB/T 5168 进行。TB6 棒材显微组织检验时的放大倍数一般选用 200 倍。在 775℃ 或 β 转变温度以下 25℃（取二者中的较高温度）热处理后检查 β 斑， β 斑组织检

验时选放大倍数为 100 倍。

4.3.10 表面状况检验用表面粗糙度标块对比法进行。

4.3.11 外观质量用目视进行检验。

5 交货准备

5.1 包装、包装标志、运输、贮存

棒材的包装、包装标志、运输、贮存按 GB/T 8180 的规定进行。

5.2 质量证明书

每批棒材应附有质量证明书，注明：

- a) 承制方名称、地址、电话、传真；
- b) 产品名称；
- c) 合金牌号；
- d) 规格；
- e) 供应状态；
- f) β 转变温度；
- g) 所采用的热处理制度；
- h) 批号(或熔炼炉号)；
- i) 净重和件数；
- j) 各项分析检验结果和技术监督部门印记；
- k) 本规范编号；
- l) 出厂日期(或包装日期)。

6 说明事项

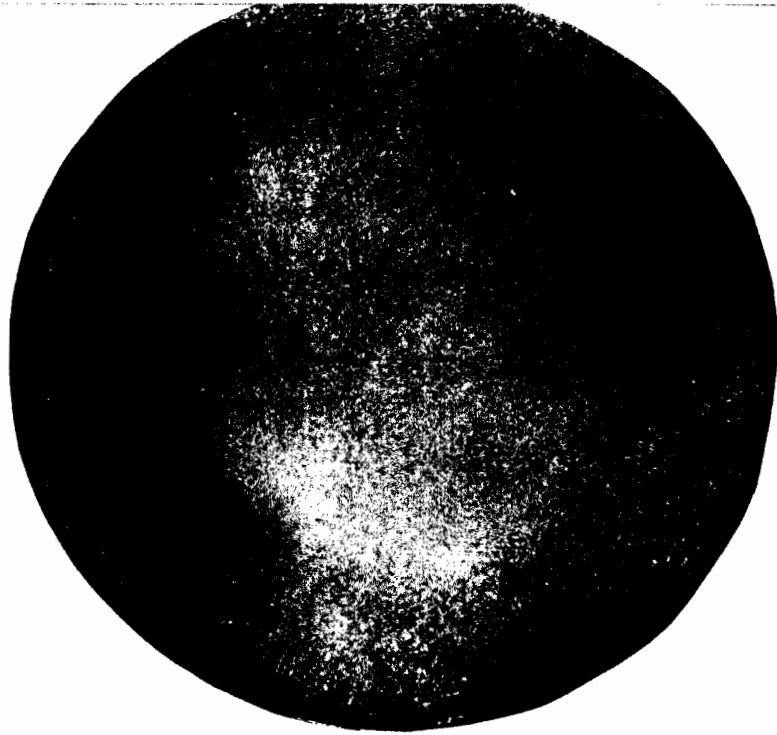
6.1 预定用途

本规范规定的钛合金棒材预定用于航空部门锻制飞机结构件。航天部门也可参照使用。

6.2 订货文件内容

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；
- c) 高温力学性能(见 3.3.3)；
- d) 平面应变断裂韧度(见 3.3.4)；
- e) 头部管理；
- f) 其他需要说明的事项。



×1
a)



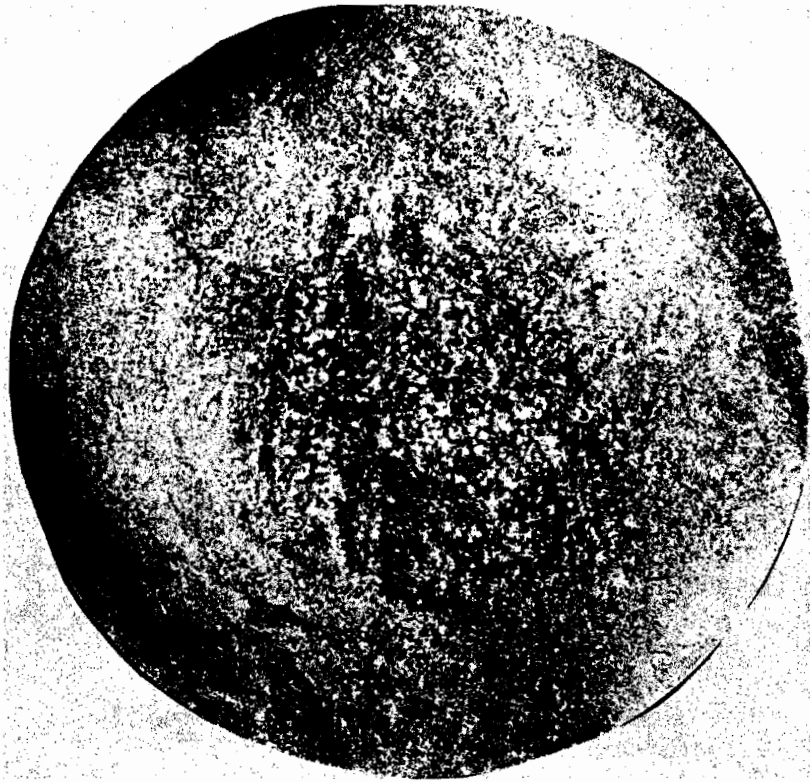
×1
b)



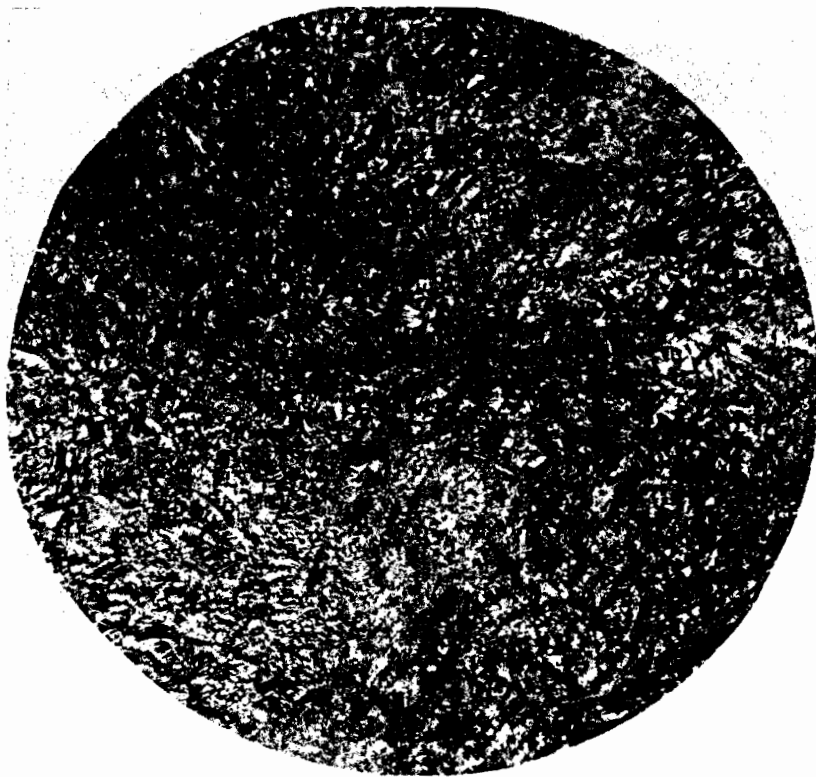
×1
c)



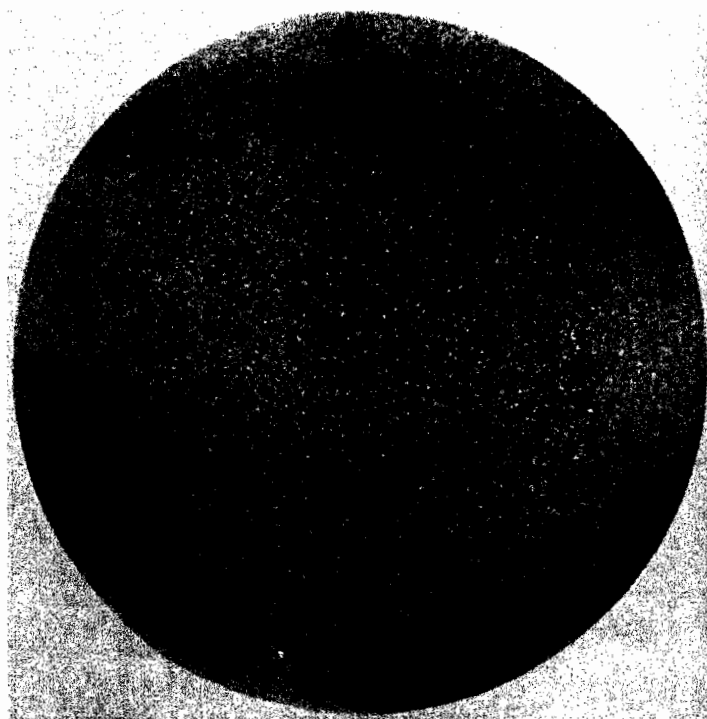
×1
d)



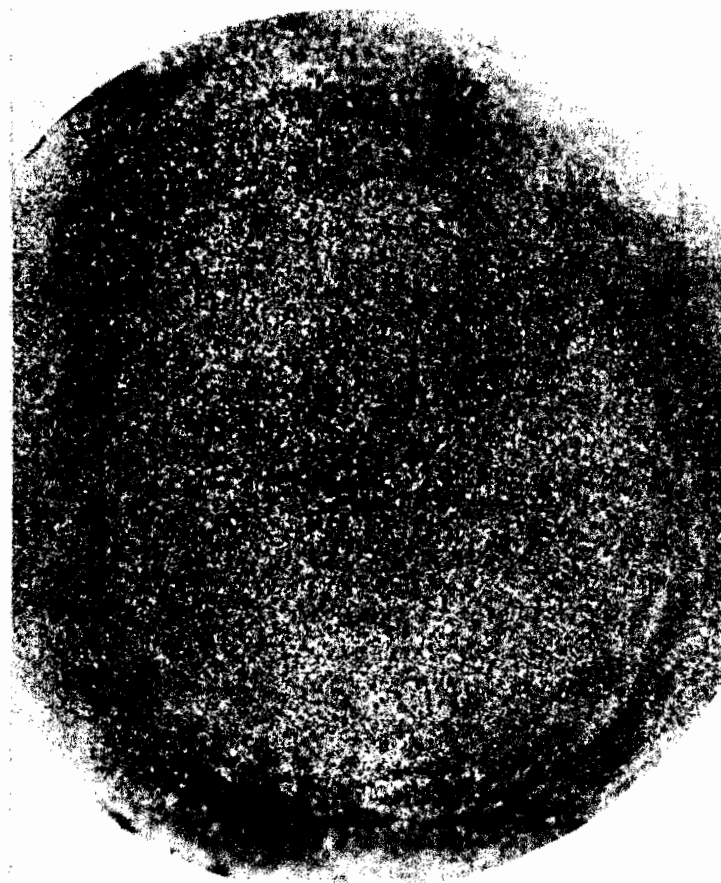
×1
e)



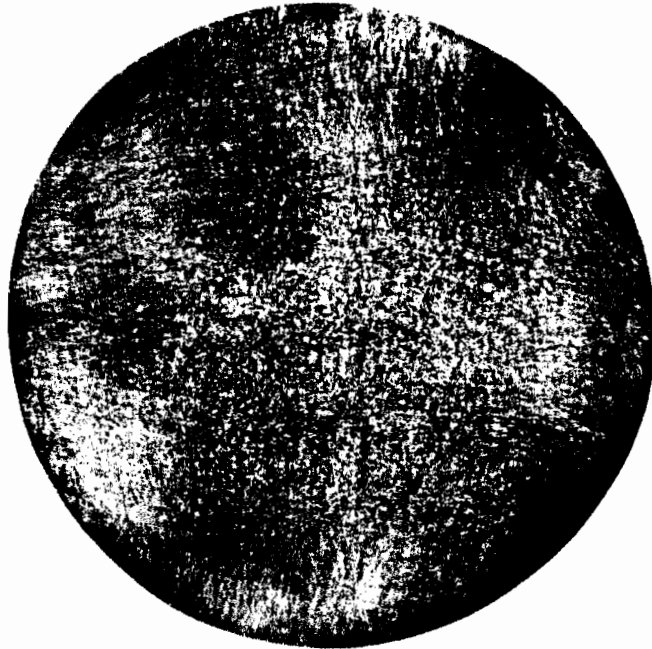
×1
f)
图 1



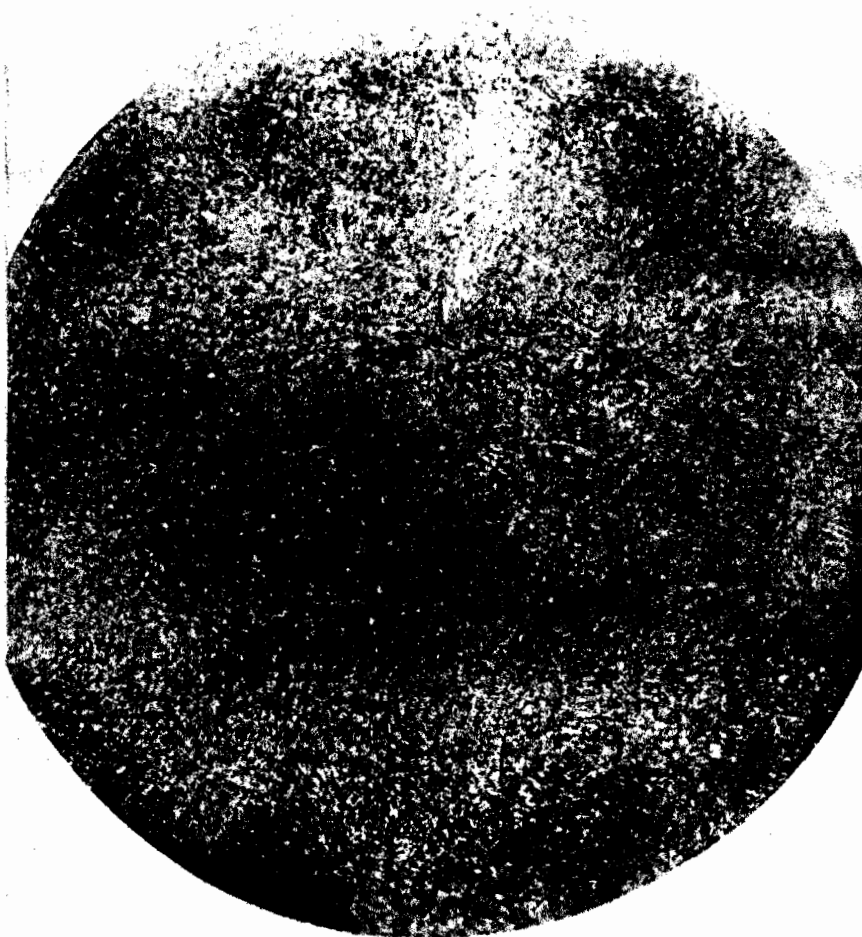
×1
a)



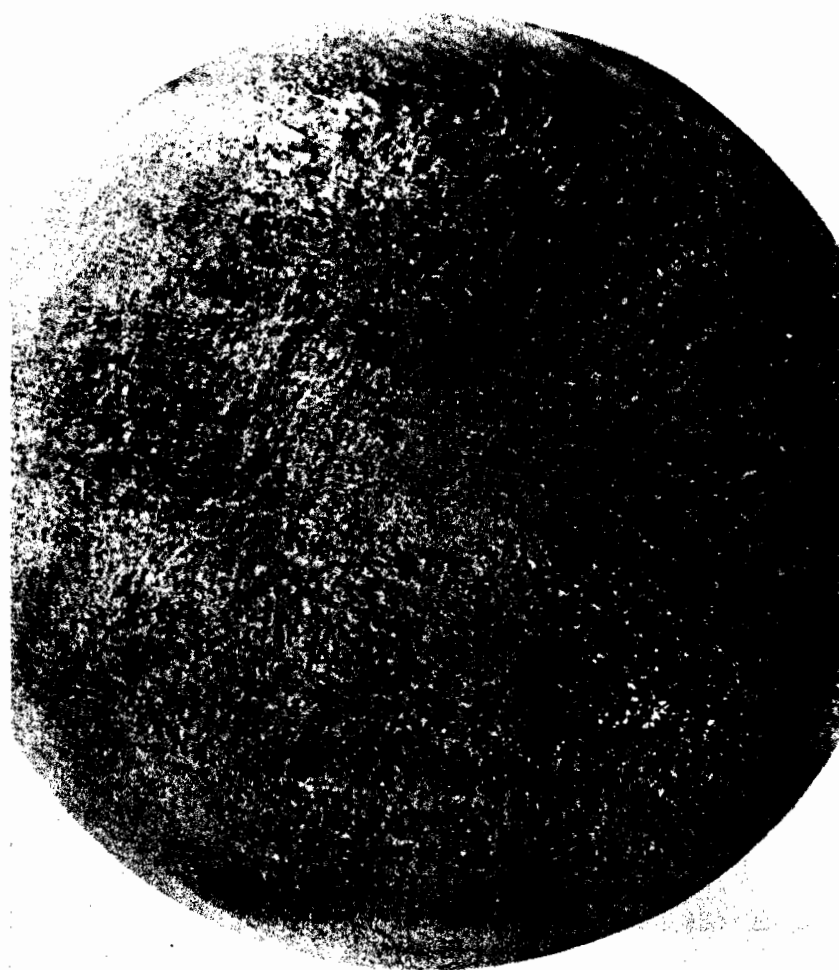
×1
b)



×1
c)



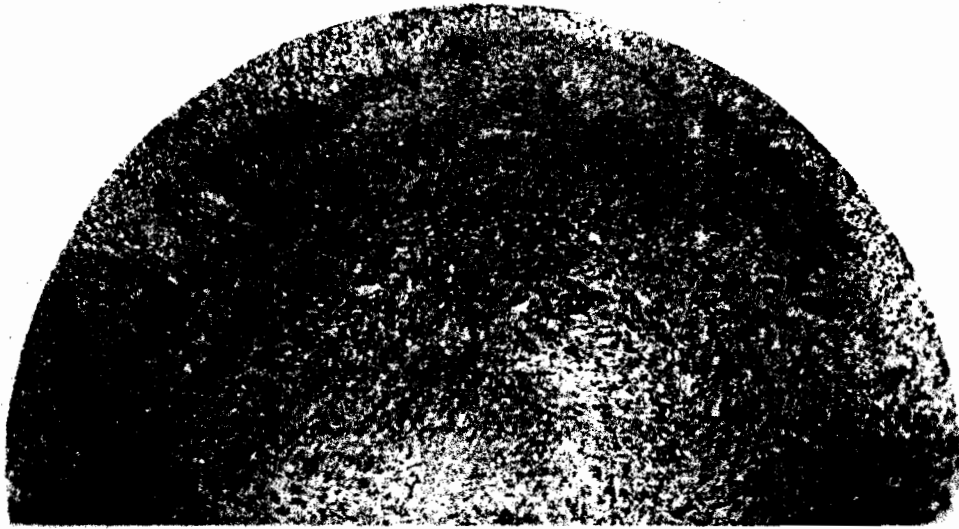
×1
d)



×1
e)



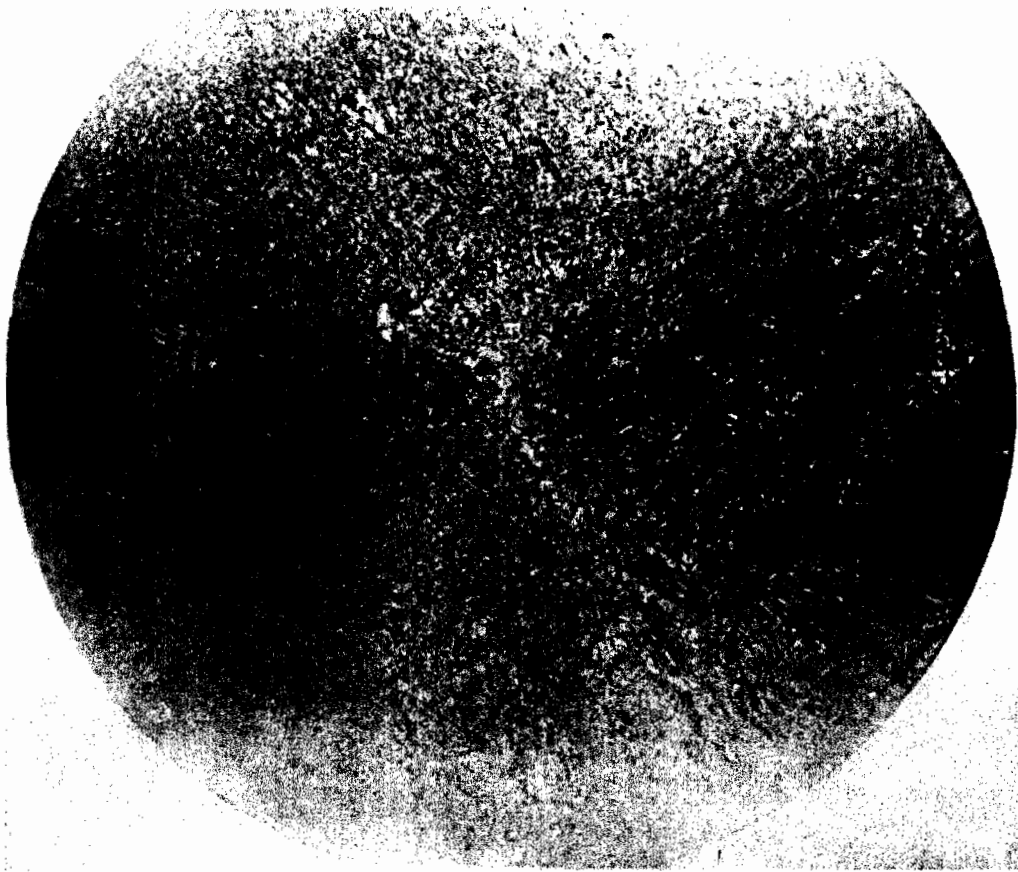
×1
f)



×1
g)



×1
h)



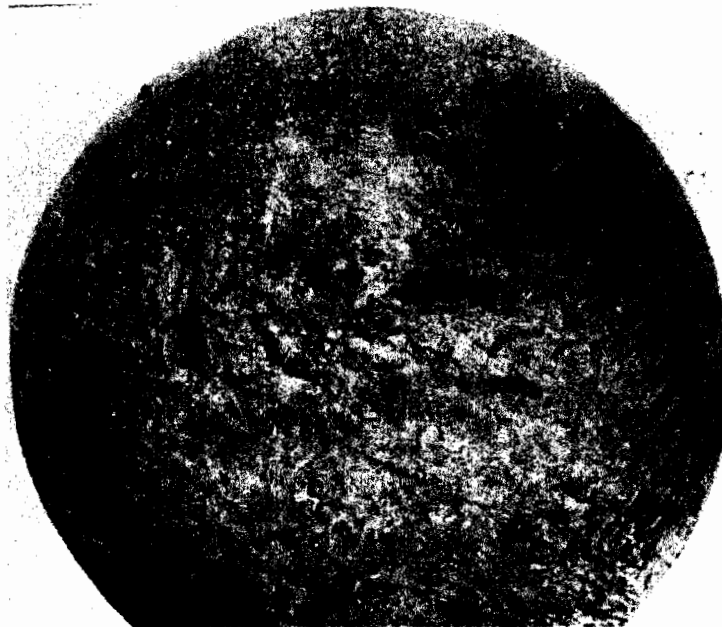
×1
i)



×1
j)



×1
k)

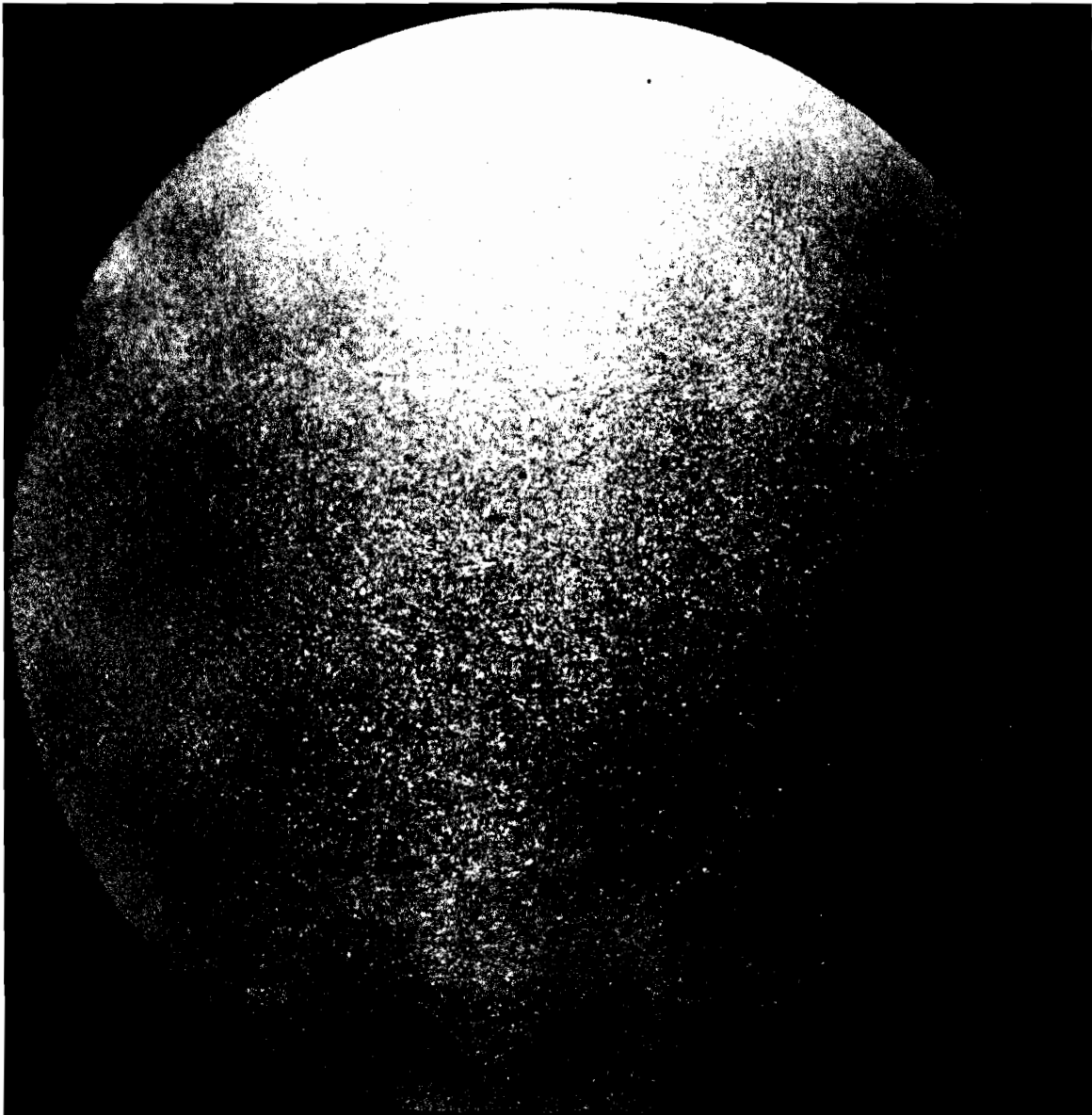


×1
l)



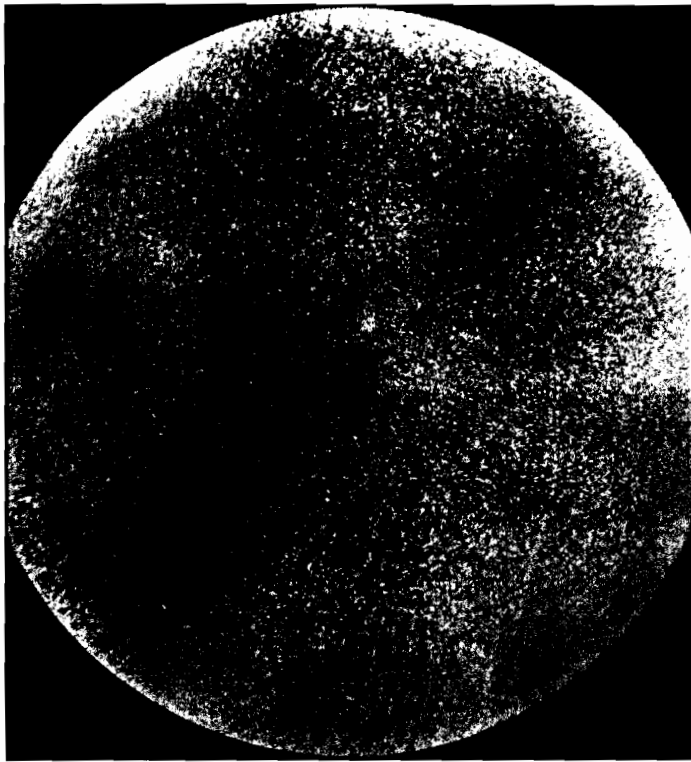
×1

m)
图 2

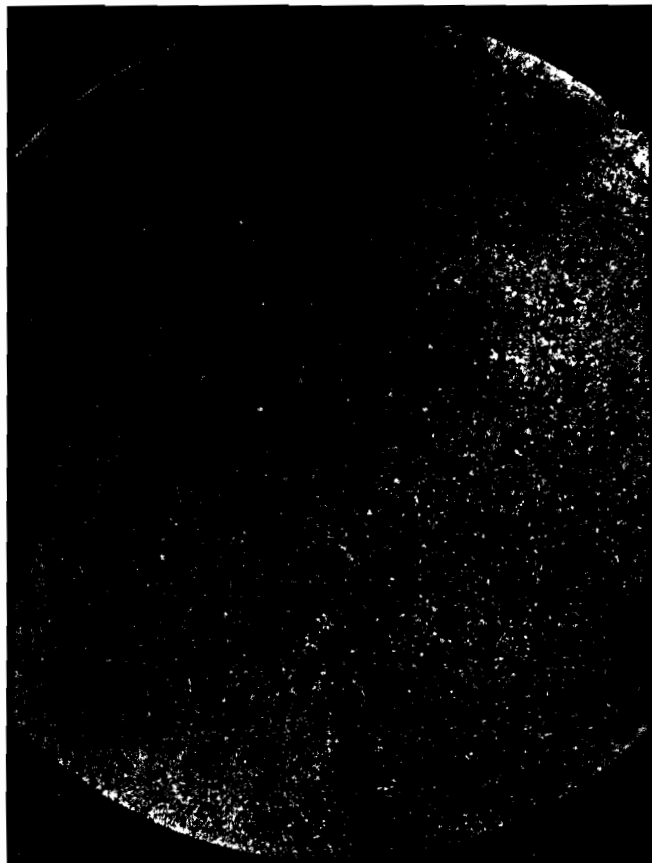


×1

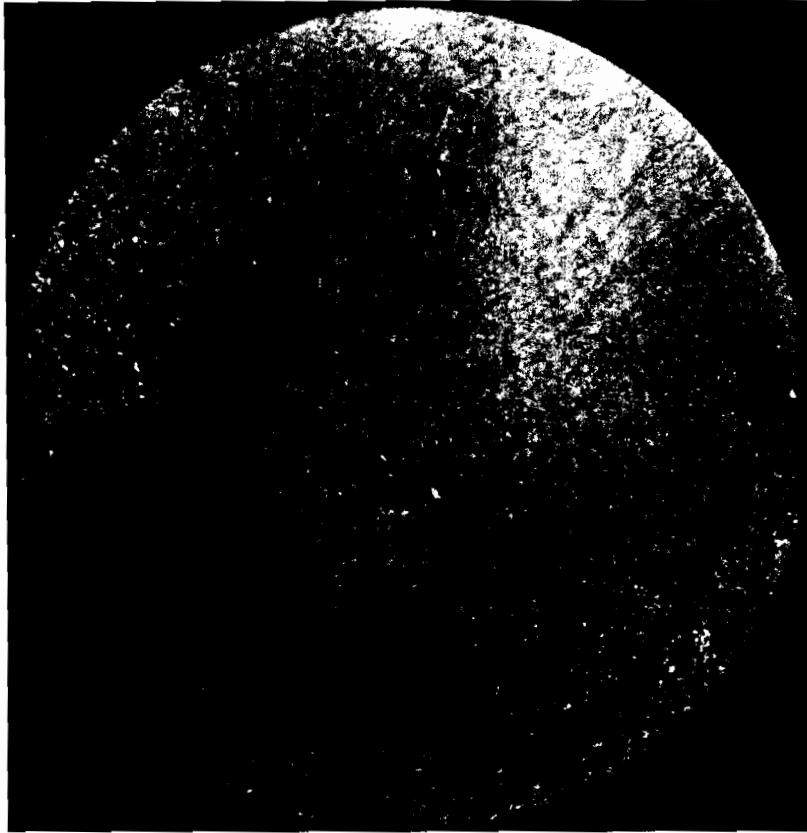
a)



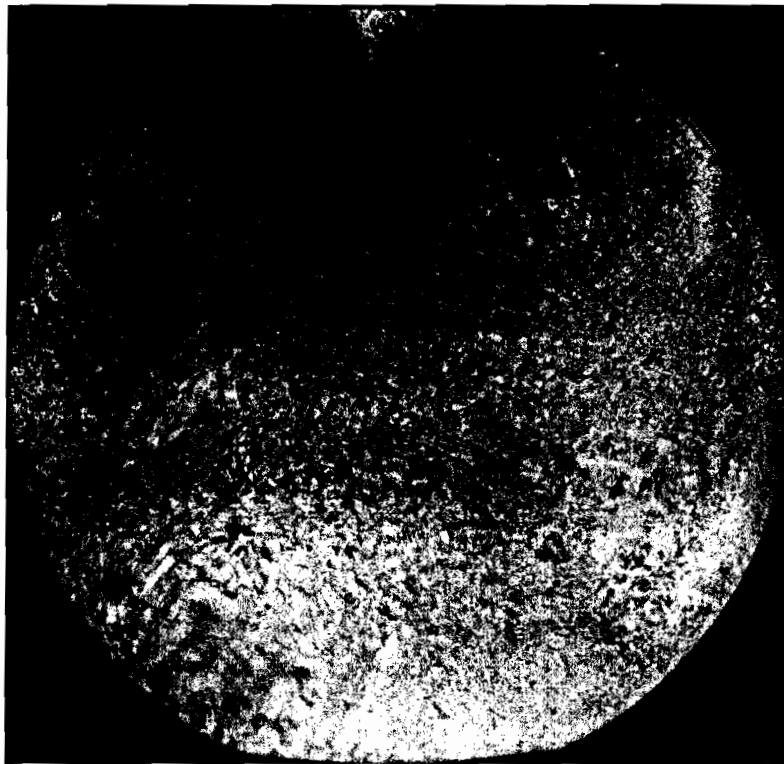
×1
b)



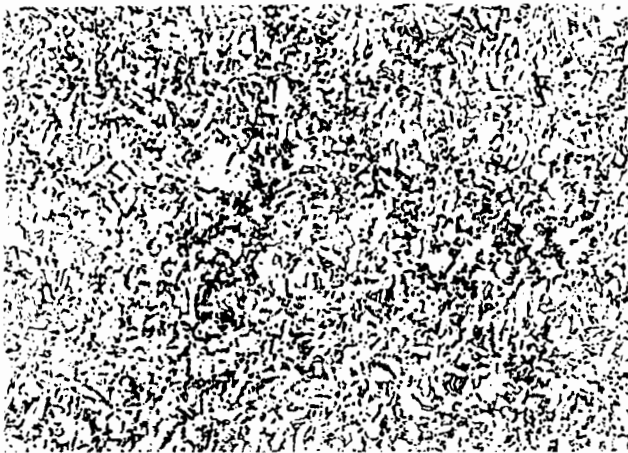
×1
c)



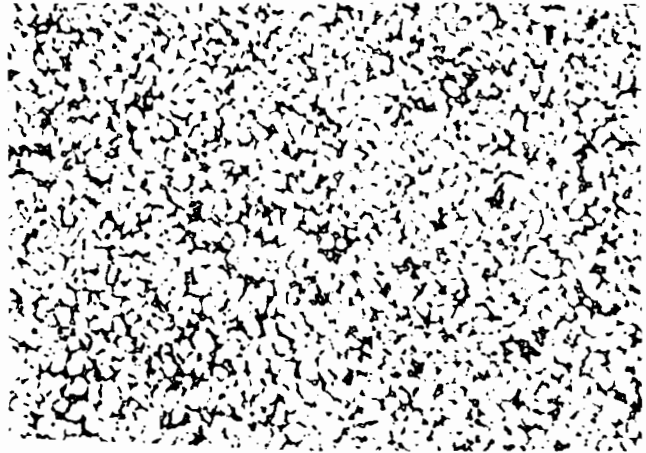
×1
d)



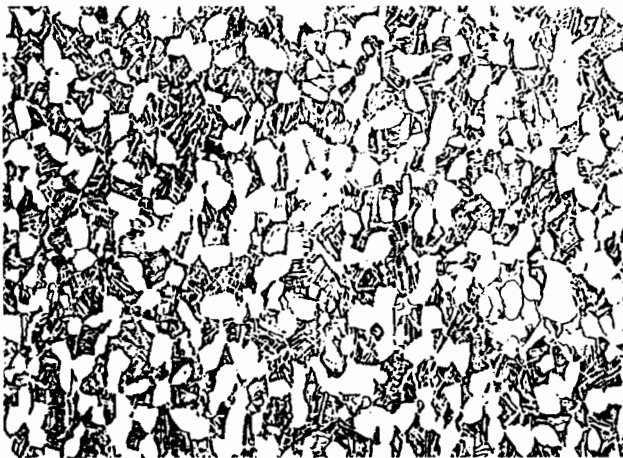
×1
e)
图 3



×250
a)



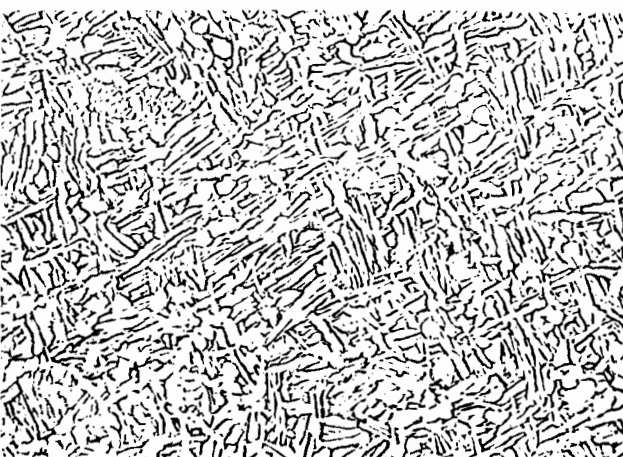
×250
b)



×250
c)



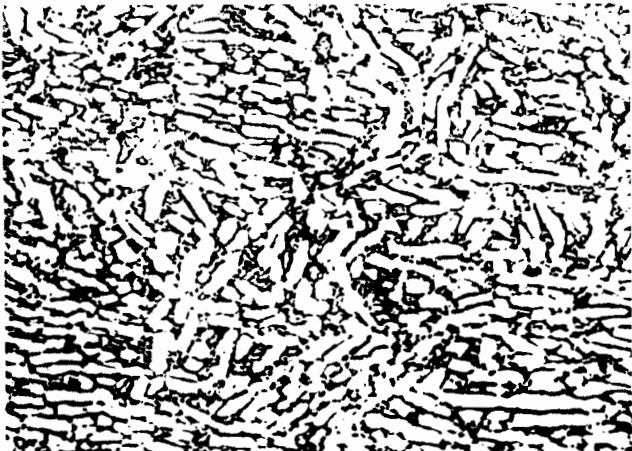
×250
d)



×250
e)



×250
f)



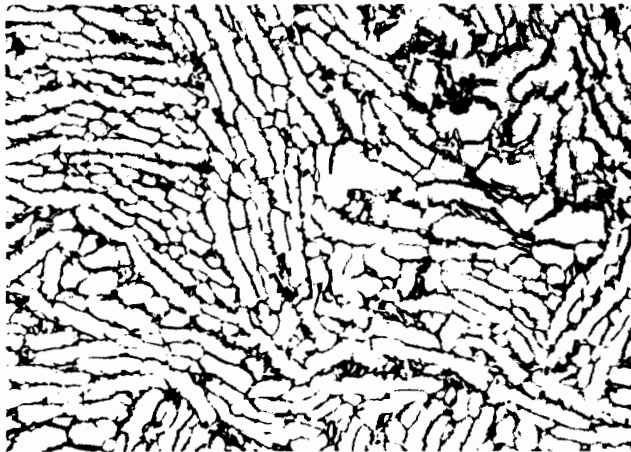
×250
g)



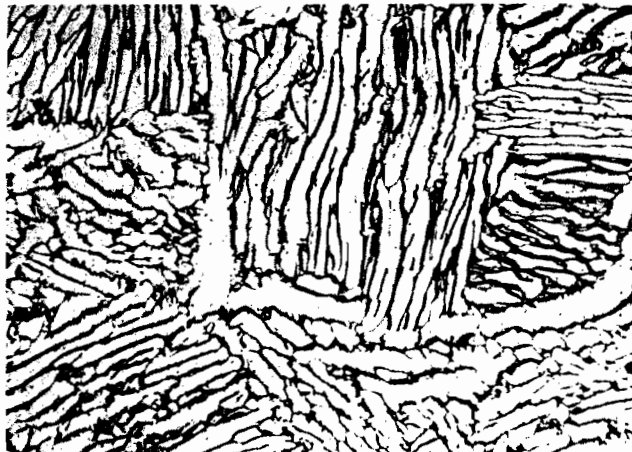
×250
b)



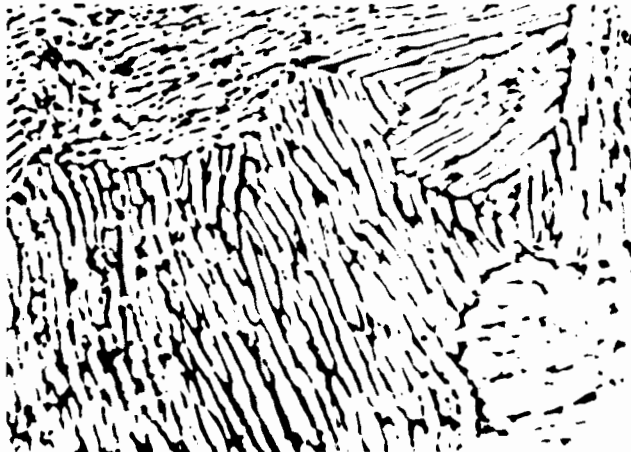
×250
i)



×250
h)



×250
k)



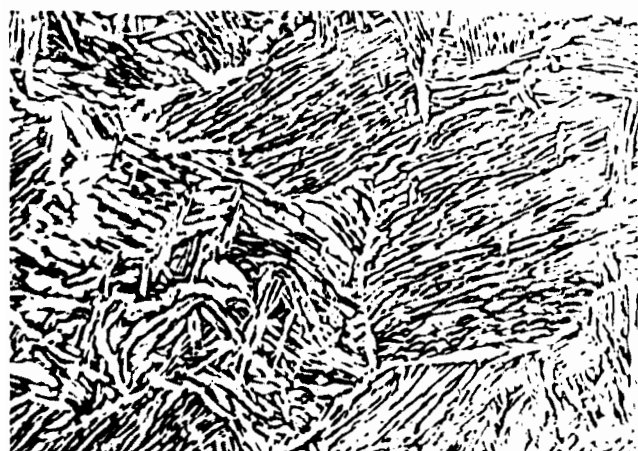
×250
l)



×250
m)



×250
n)

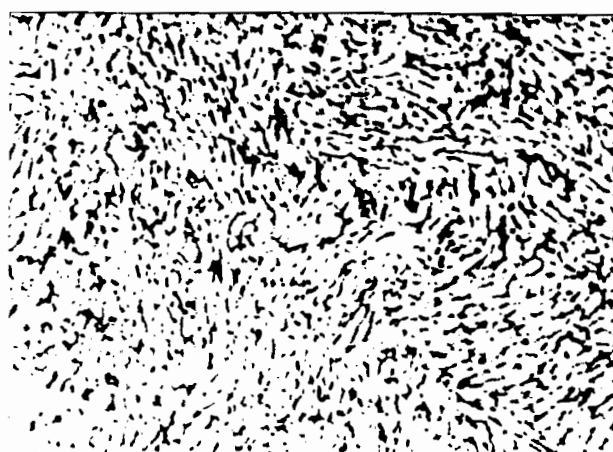


×250
o)

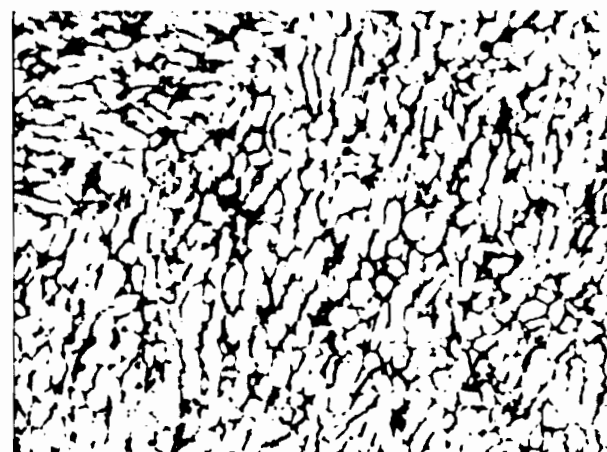


×250
p)

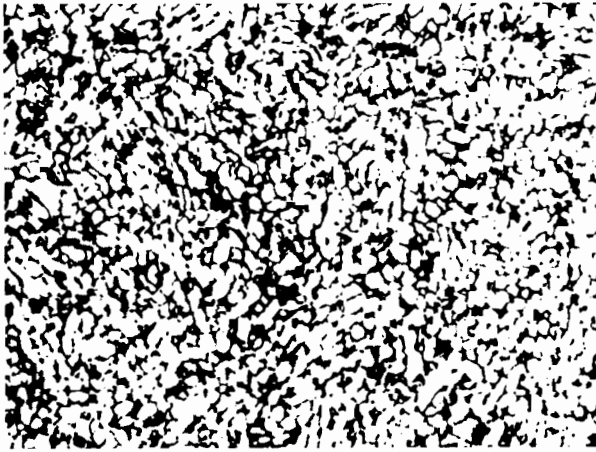
图 4



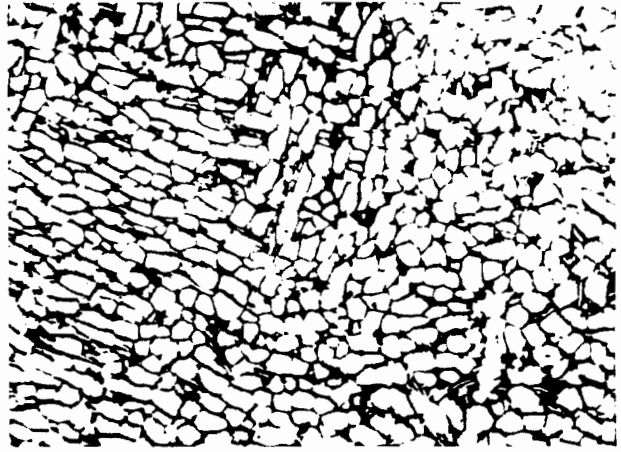
×250
a)



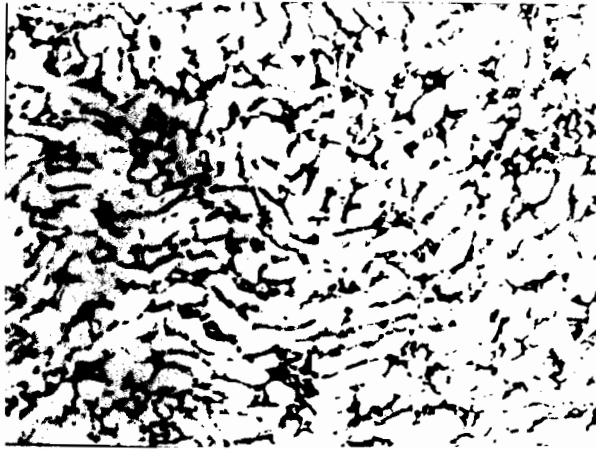
×250
b)



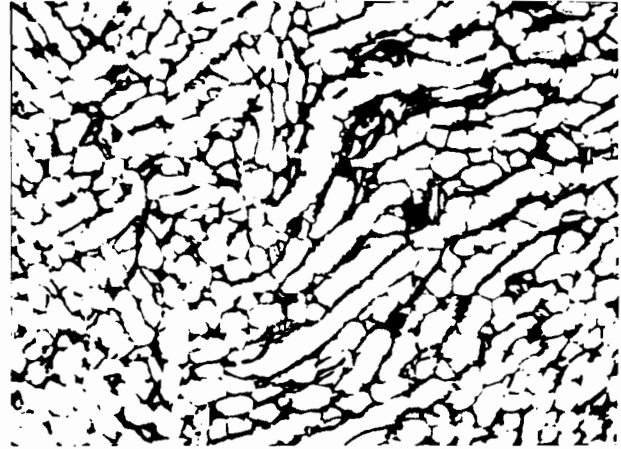
×100
c)



×100
d)



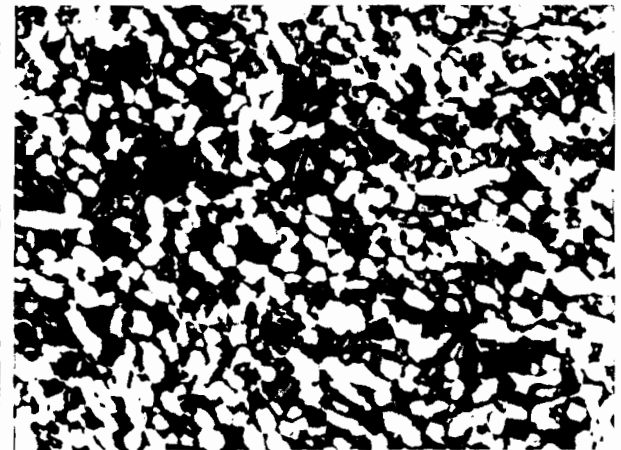
×100
e)



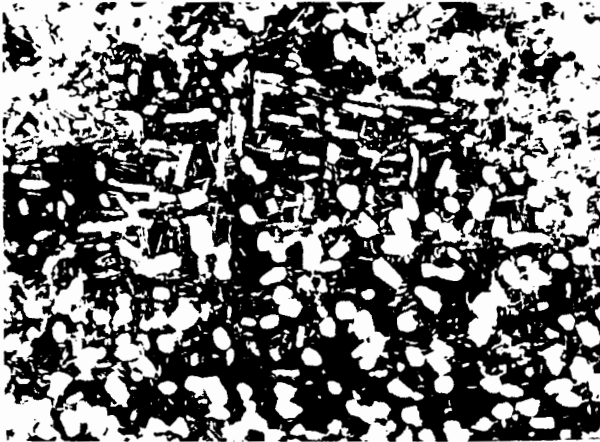
×100
f)



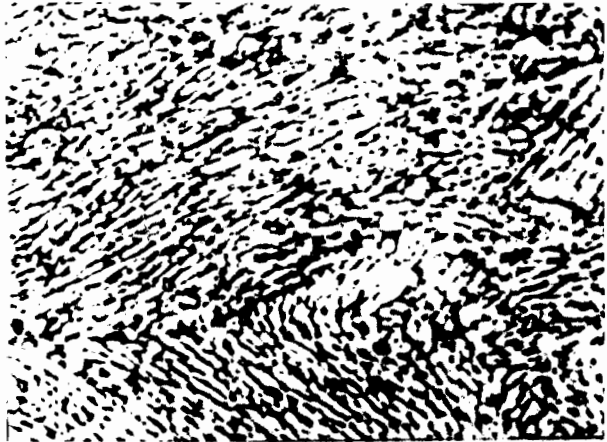
×100
g)



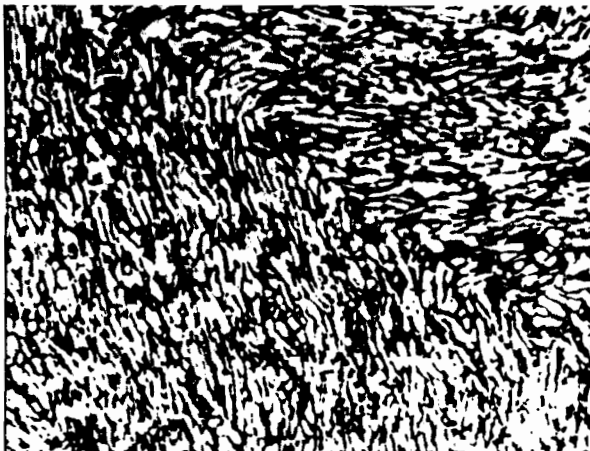
×100
h)



×100
i)



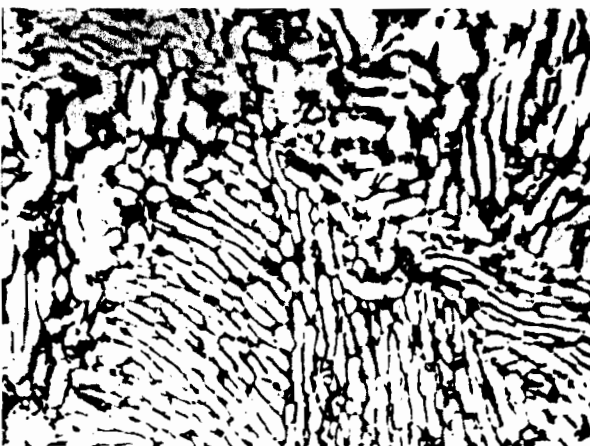
×100
j)



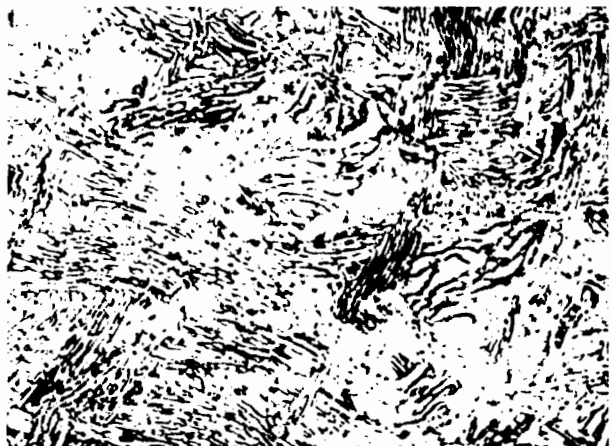
×100
k)



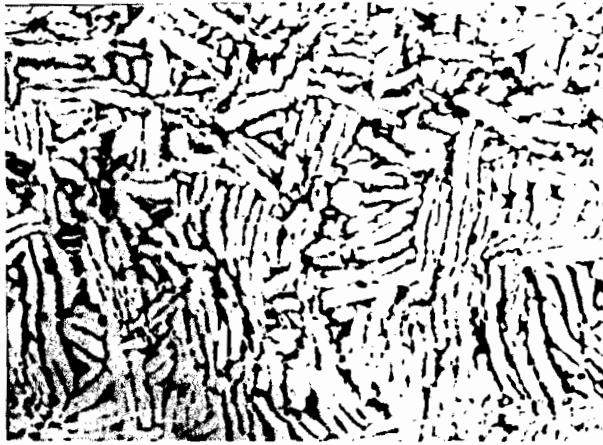
×100
l)



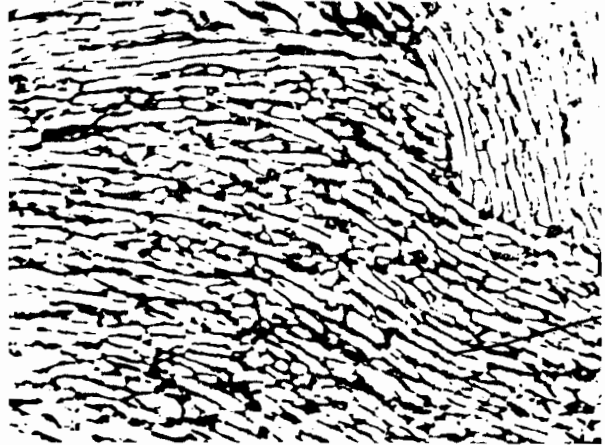
×100
m)



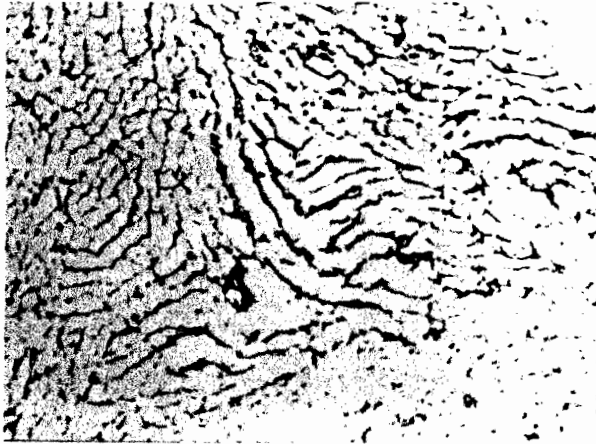
×100
n)



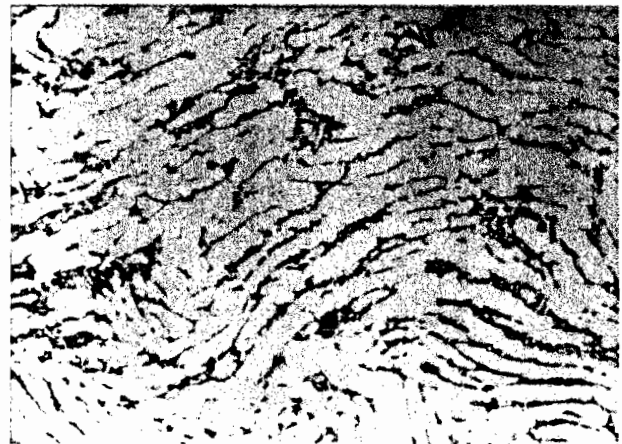
×100
o)



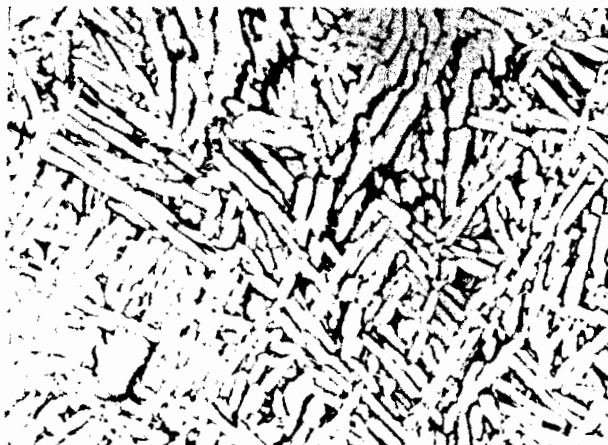
×100
p)



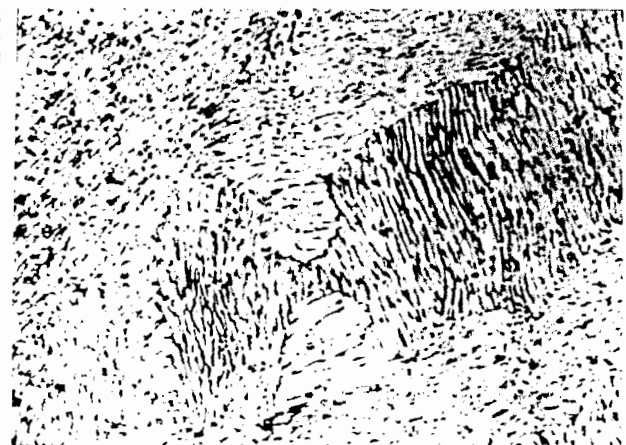
×100
q)



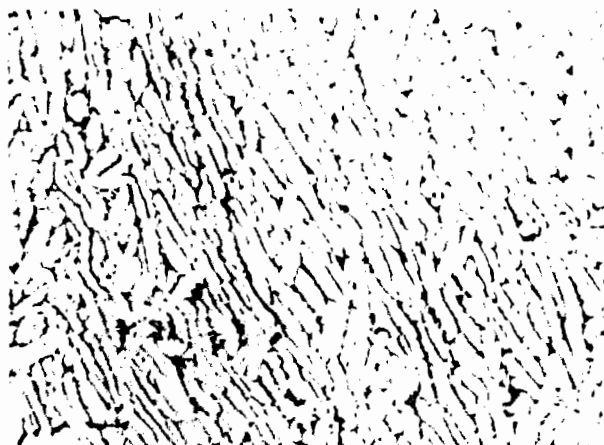
×100
r)



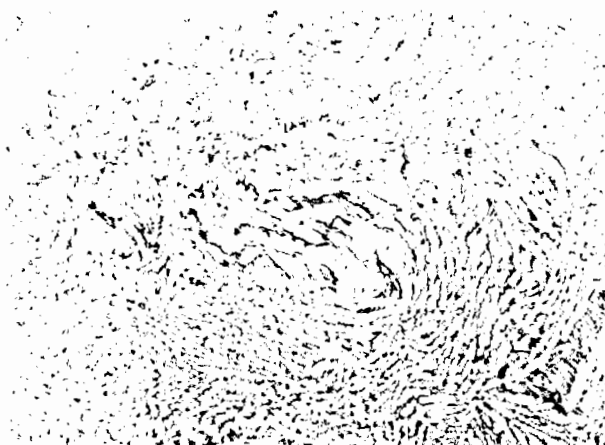
×100
s)



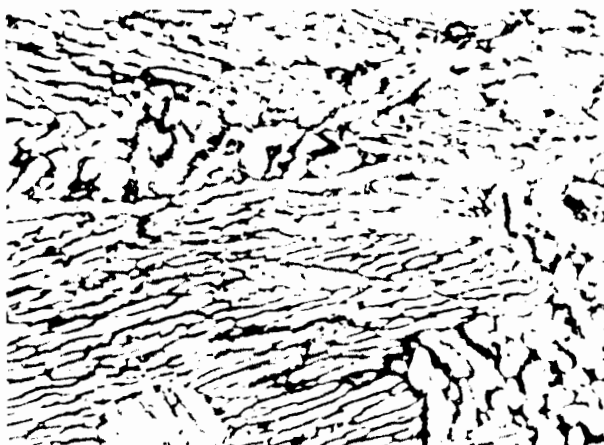
×100
t)



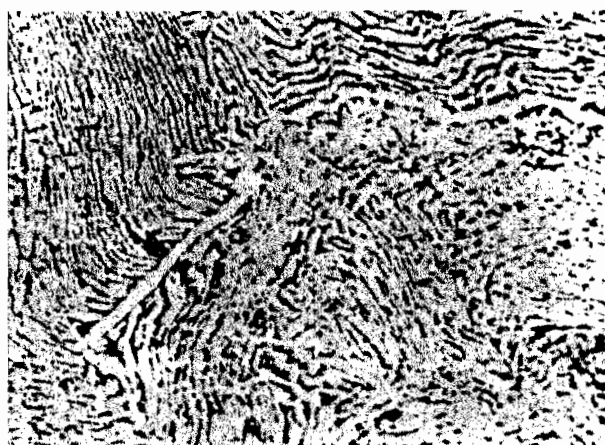
× 100
u)



× 100
v)



× 100
w)



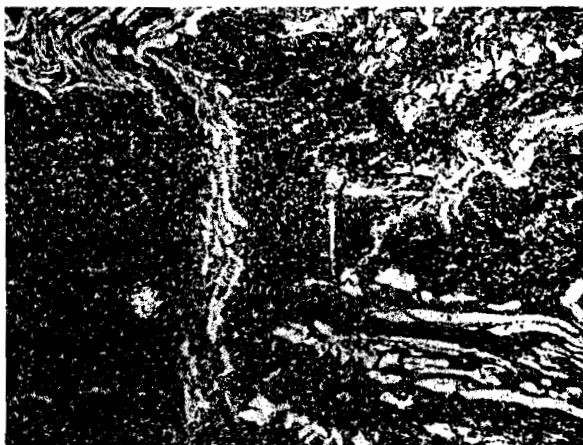
× 100
x)



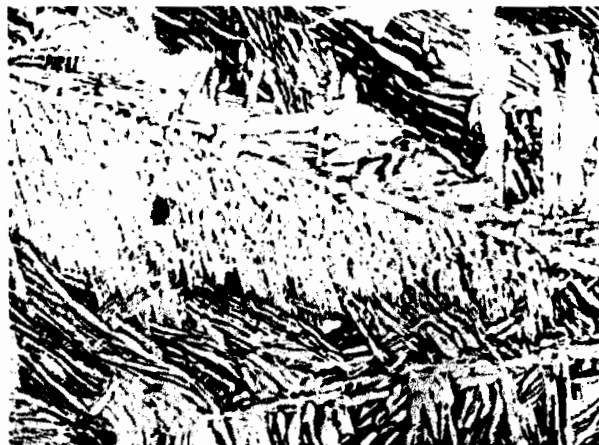
× 100
y)



× 100
z)



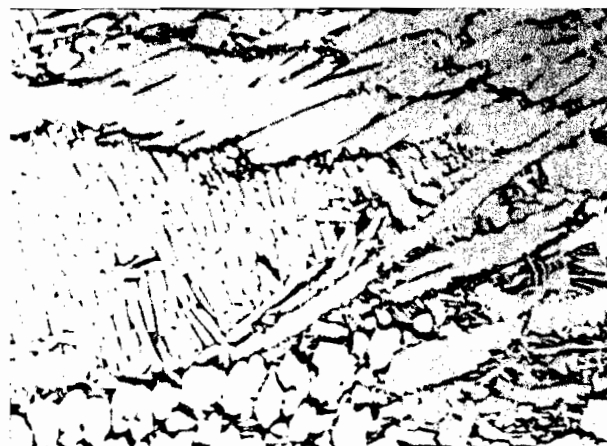
×100
aa)



×100
ab)



×100
ac)

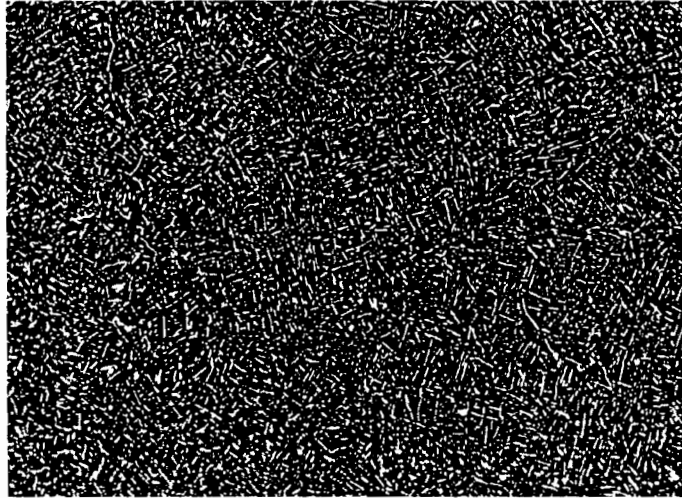


×100
ad)

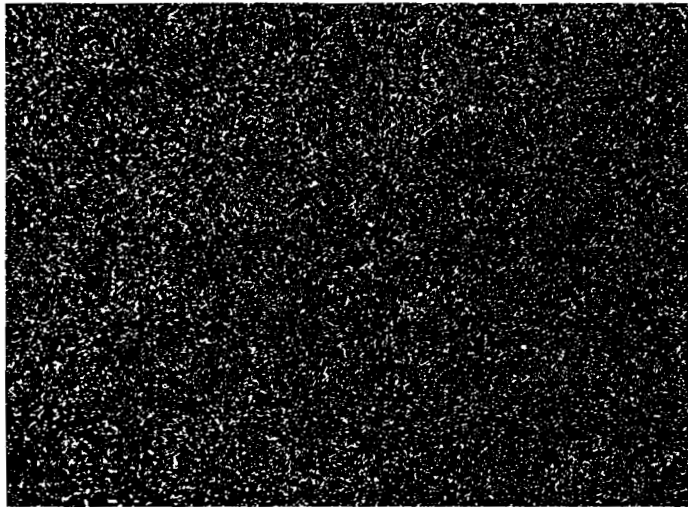


×100
ae)

图 5



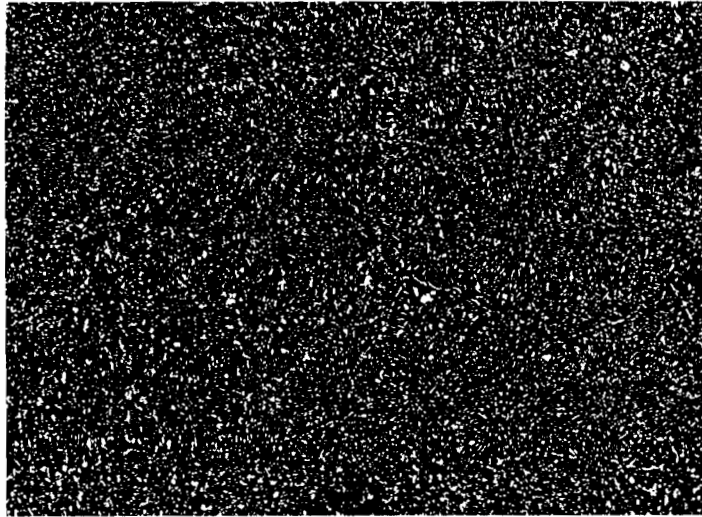
×200
a)



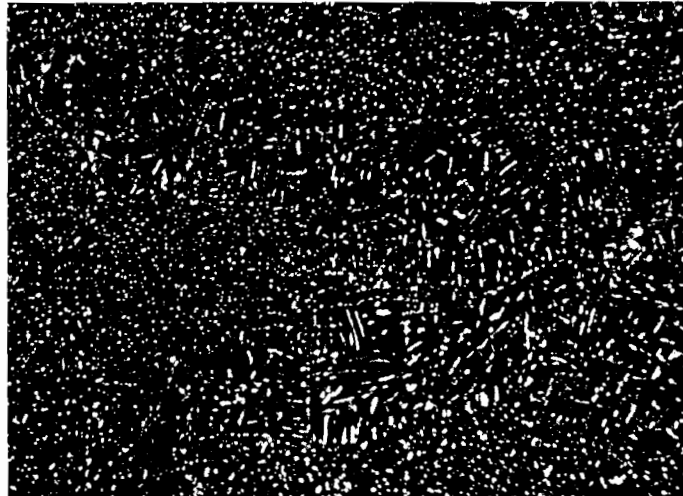
×200
b)



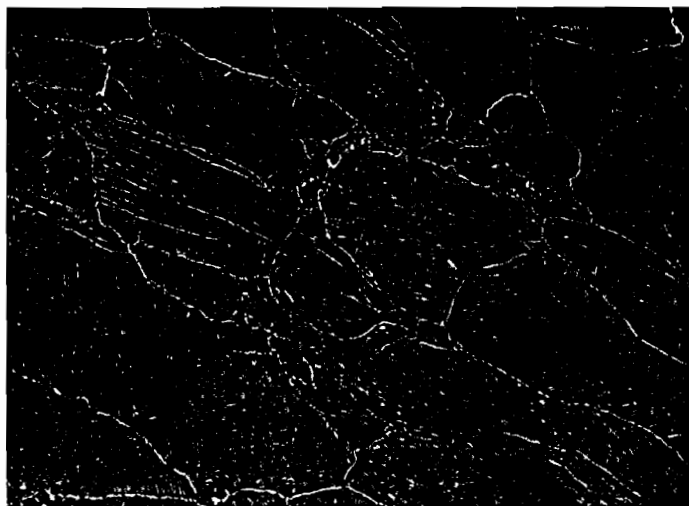
×200
c)



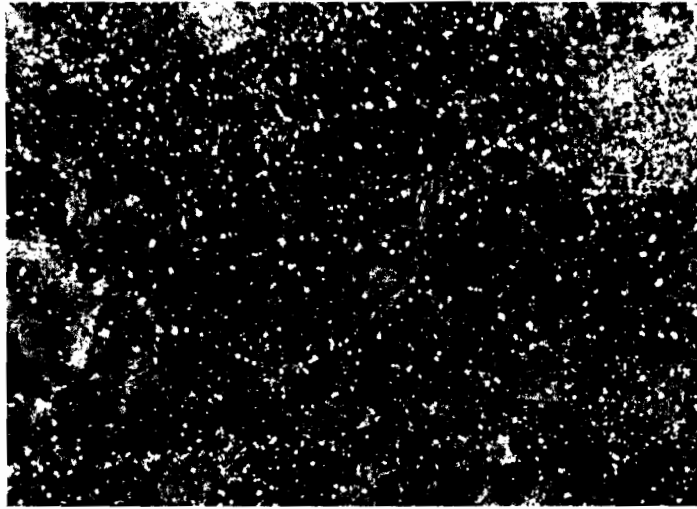
×200
d)



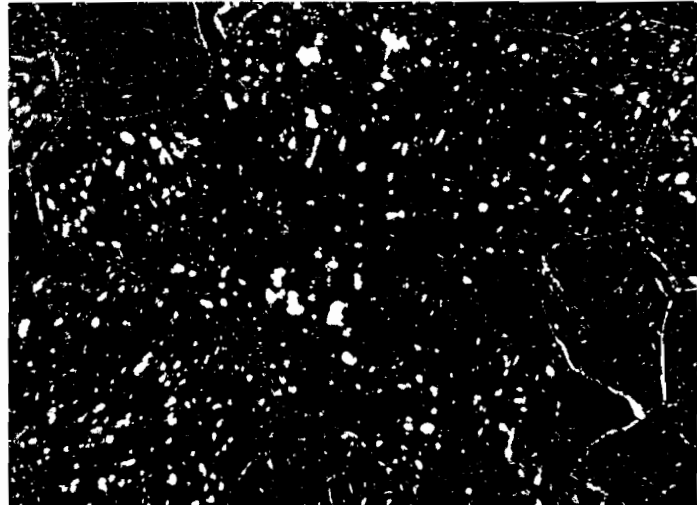
×200
e)



×200
f)



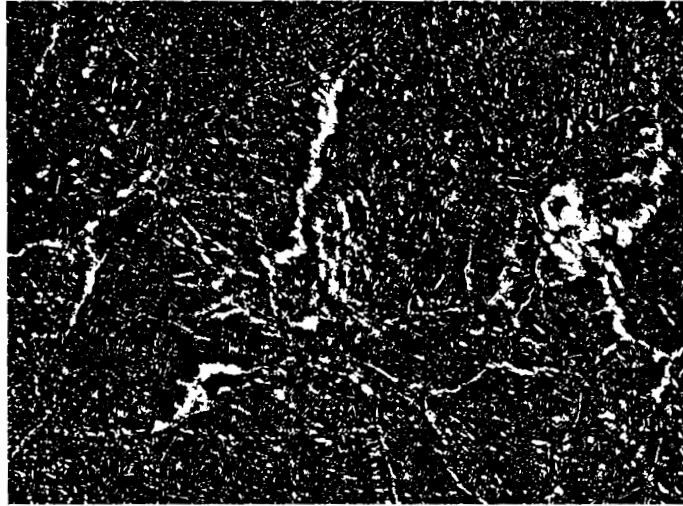
×200
g)



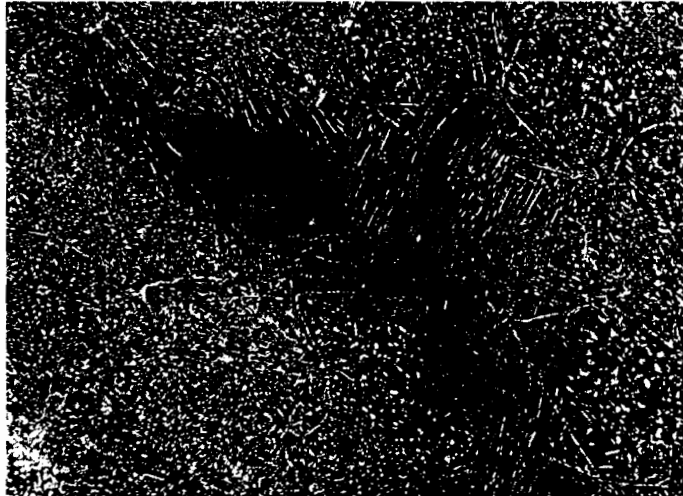
×200
h)



6-9, ×200
i)



×200
j)



×100
k)



×100
l)

图 6

附 录 A (规范性附录)

航空结构件用钛合金棒材超声波检验方法

A.1 范围

本方法适用于航空结构件用直径为 12mm~220mm 的 TC4 钛合金棒材和直径为 21mm~150mm 的 TB6 钛合金棒材的超声波检验和验收。

A.2 概述

A.2.1 本方法规定采用脉冲反射法对棒材进行径向纵波和周向横波两次检验。可采用水浸法或接触法,直径为 12mm~40mm 的棒材应采用水浸法。

A.2.2 扫查方式可采用探头与棒材相对螺旋移动或棒材按规定的间距每周向旋转一定角度探头与棒材相对轴向直线移动一次的方式,百分之百扫查棒材整个表面。可用手动法或机械法传动,扫查间距(或螺距)应不大于声束有效直径的一半,扫查速度不应大于 4m/min。

A.3 一般要求

A.3.1 人员

操作人员应持 I 级(初级)或 I 级以上资格证书;签发及解释检验报告人员应持 II 级或 II 级以上资格证书。

A.3.2 被检验棒材表面

被检验棒材表面粗糙度的 Ra 值应不大于 3.2 μ m。表面机械加工时,应选用圆头刀具切削或磨削。

A.4 超声波探伤仪和探头

A.4.1 探伤仪

超声波探伤仪应符合 JB/T 10061 的规定。

A.4.2 探头

A.4.2.1 TC4 钛合金棒材径向纵波检验,推荐使用直径或边长为 8mm~20mm、工作频率为 2.5MHz~10MHz 的直探头;TB6 钛合金棒材径向纵波检验,推荐使用直径或边长为 8mm~14mm、工作频率为 4MHz~10MHz 的直探头。棒材周向横波检验推荐使用直径或边长为 12mm~20mm、工作频率为 2.5MHz 的探头。

A.4.2.2 直径为 12mm~40mm 的棒材应采用线聚焦形探头。

A.4.3 探伤仪和探头组合的灵敏度余量,对任何一种规格的棒材,在检验灵敏度时均应不低于 16dB。

A.5 耦合剂

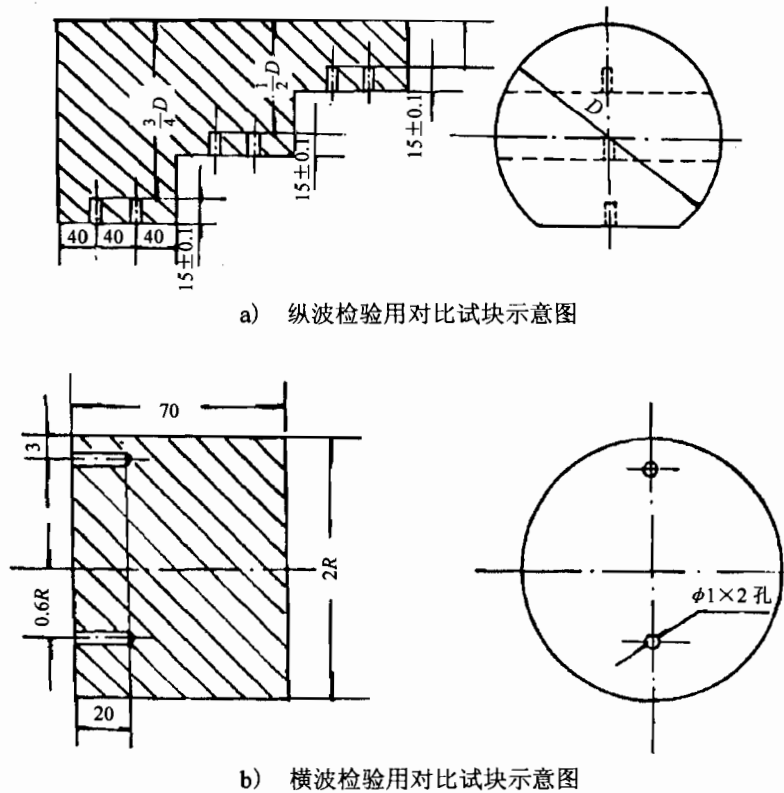
A.5.1 水浸法检验时,采用清洁的自来水作耦合剂,可添加防锈剂或湿润剂。水中不应有可能干扰超声波检验的气泡、悬浮杂物等。

A.5.2 接触法检验时,可采用机油、甘油、变压器油等作为耦合剂。

A.6 对比试块

A.6.1 对比试块应用与被检验棒材的声传播特性(声速、声衰减等)相同或相近的材料制成,差别不应超过 $\pm 25\%$ 。对比试块的形状尺寸如图 A.1 所示。

A.6.2 用于纵波检验的对比试块,其曲率应与被检验棒材相近,对于直径为 12mm~150mm 的棒材,其差别应不超过 $\pm 20\%$;对于直径大于 150mm~220mm 的棒材,其差别应不超过 $\pm 25\%$ 。



a) 纵波检验用对比试块示意图

b) 横波检验用对比试块示意图

TC4 钛合金棒材直径不大于 150mm 时,平底孔直径为 0.8mm 和 1.2mm; 直径大于 150mm 时,平底孔直径为 1.2mm 和 2.0mm。

TB6 钛合金棒材直径不大于 125mm 时,平底孔直径为 0.8mm 和 1.2mm; 直径大于 125mm 时,平底孔直径为 1.2mm 和 2.0mm。

棒材直径小于 70mm 时,平底孔的埋藏深度为 $3D/4$ 和 $D/2$, 且孔深不小于 6mm。

图 A. 1

A. 6.3 用于横波检验的对比试块,其曲率应尽可能与被检验棒材相同,差别应不超过 ±10%。

A. 6.4 在调整检验灵敏度或缺陷评定时,所用对比试块的曲率、声程若与被检验棒材不同,应进行相应的补偿。

A. 6.5 纵波检验时,反射体采用径向平底孔;横波检验时,反射体采用轴向钻孔。

A. 7 检验

A. 7.1 径向纵波检验

A. 7.1.1 选用合适的对比试块,使来自对比试块平底孔孔底的反射波高最大,然后调节探伤仪使埋藏深度为 $3D/4$ 的孔底(对于直径为 120mm~220mm 的棒材也可选用埋藏深度为 $D/2$ 的孔底)反射波高为荧光屏满幅度的 80%作为检验灵敏度。此时仪器的动态范围应不低于 20dB。选用的平底孔孔径如表 A.1。

表 A. 1

单位为毫米

合金牌号	被检验棒材直径	平底孔直径
TC4	12~150	1.2
	>150~220	2.0
TB6	21~125	1.2
	>125~150	2.0

A. 7. 1. 2 采用水浸法检验时，探头到棒材表面的最小水距应满足式(A.1)：

$$H=D \times (V_1/V_2) \cdots \cdots \cdots (A.1)$$

式中：

H ——探头到棒材表面的水距，单位为毫米(mm)；

D ——被检验棒材直径，单位为毫米(mm)；

V_1 ——超声波在水中传播的速度，单位为米每秒(m/s)；

V_2 ——被检验棒材的纵波声速，单位为米每秒(m/s)。

采用聚焦探头时，还应保证棒材中声束是发散的。

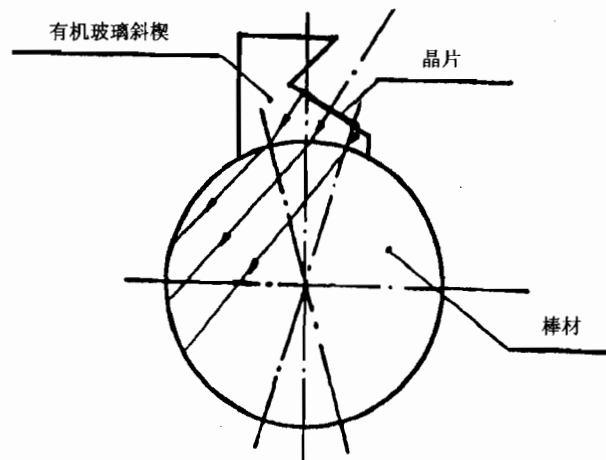
调整检验灵敏度与检验棒材所用的水距应保持一致。

A. 7. 1. 3 保持调整好的检验灵敏度不变，以选定的扫查方式对棒材进行径向纵波检验。

A. 7. 2 周向横波检验

接触法周向横波检验时，探头与棒材的耦合方式如图 A.2 所示。

选择合适的对比试块(采用水浸法时可同时调节水距和声束入射角)使来自对比试块中的任何一孔的反射波高均不低于荧光屏满幅度的 80%，作为检验灵敏度，此时仪器的动态范围不应小于 20dB。



设计探头斜楔时，应使探头内外边缘声束在棒材内不能产生纵波和表面波。

图 A. 2

A. 8 校准

每次检验前或检验前、后或检验过程中(根据需要)应用对比试块校准仪器的工作状态。若检验过程中仪器的工作状态发生变化，应及时调整到正常状态，若变化大于或等于 3dB 时应对上次校准以后的检验部位重新检验。

A. 9 检验结果评定

纵波检验过程中发现的缺陷，一律以同声程的当量法为准进行评定。

中华人民共和国
国家军用标准
航空结构件用钛合金棒材规范
GJB 1538A—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 2 $\frac{3}{4}$ 字数 80 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 7080 号

