

# HB

## 中华人民共和国航空航天工业部 航空工业标准

HB 6702—93

---

### WZ 8 系列用 GH 4169 合金棒材

1993—02—22 发布

1993—08—01 实施

---

中华人民共和国航空航天工业部

批准

1 主题内容与适用范围

本标准规定了 GH 4169 合金棒材的化学成分、力学性能、试验方法和检验规则等要求。  
本标准适用于热轧或锻制的 GH 4169 合金棒材,供制造燃气涡轮发动机的关键和重要转动部件。

2 引用标准

下列标准在本标准规定的范围内构成本标准的一部分,应采用最新版本。

- GB 222 钢的化学分析用试样采取法及成品化学成分允许偏差
- GB 223 钢铁及合金化学分析方法
- GB 228 金属拉伸试验法
- GB 231 金属布氏硬度试验方法
- GB 2101 型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
- GB 4338 金属高温拉伸试验方法
- GB 6394 金属平均晶粒度测定法
- GB 6395 金属高温拉伸持久试验方法
- GB<sub>1</sub> 176 转动部件用高温合金热轧棒材
- GB<sub>1</sub> 187.1 高温合金棒材纵向低倍组织酸浸试验法
- GB<sub>1</sub> 187.2 高温合金横向低倍组织酸浸试验法
- GB<sub>1</sub> 187.3 高温合金棒材纵向断口试验法
- GB<sub>1</sub> 187.4 高温合金显微组织试验法

3 尺寸、外形

3.1 棒材尺寸及其允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 mm

直 径	允许偏差
18~50	+2.0
	-1.0
>50~80	+4.0
	-2.0
>80~100	±5.0
>100~80	±8.0

根据需方要求,可供应表 1 规定以外的棒材,其尺寸和允许偏差由供需双方商定,并在合同中注明。

3.2 棒材的通常长度为 2~5m,但直径大于 50mm 的棒材,长度为 1~4m,允许少量大于 0.6m的棒材交货。

3.3 棒材的不圆度不得大于直径公差 的 70%。

3.4 棒材的弯曲度每米不得大于 6mm。

4 技术要求

4.1 合金的化学成分应符合表 2 的规定。

表 2 %

元素	C	Cr	Mo	Nb+Ta	Ti	Al	Ni	B	Fe
含量	0.02~ 0.08	17.0~ 21.0	2.8~ 3.3	4.8~ 5.5	0.70~ 1.15	0.30~ 0.70	50.0~ 55.0	0.002~ 0.006	余

元素	Mn	Si	S	P	Co	Cu	Ca	Mg	Pb	Bi	Ag
含量	不 大 于										
	0.35	0.35	0.015	0.015	1.0	0.20	0.01	0.01	0.0010	0.0001	0.0005

注:未经需方许可,不准加入成分表以外的元素。

4.2 合金采用真空感应冶炼加真空自耗双联工艺生产;在保证合金组织和性能的前提下,允许使用小于或等于 40%的返回料;当供方生产工艺有重大改变时,须预先征得需方同意;必要时,供需双方都可以查看对方的制造生产工艺和本标准所要求的各项试验,但双方应予保密。

4.3 钢锭加工之前,需经均匀化处理,均匀化处理后的加工温度不应超过 1125℃。

4.4 交货状态:不经热处理的热轧或锻制棒材,需经车光或磨光交货,具体规定在合同中注明。

4.5 力学性能

4.5.1 棒材用经过热处理的试样测定其室温和高温力学性能,并应符合表 3 和表 4 的规定。热处理规范为 950~980℃×1h,空冷+720±5℃×8h,以 50℃/h 炉冷至 620±5℃×8h,空冷。

4.5.1.1 拉伸性能应符合表 3 的规定。

表 3

试样 形状	试验温度 ℃	$\sigma_b, \text{N/mm}^2$	$\sigma_{0.2}, \text{N/mm}^2$	$\sigma_s, \%$	$\psi, \%$	HB
		不 小 于				
光滑	室温	1270	1030	12	15	346
光滑	650	1005	865	12	15	
缺口	室温	$\sigma_b \text{ 缺口} / \sigma_b \text{ 光滑} \geq 1.3$				

注：室温光滑和缺口拉伸试样由相邻部位切取，分开进行测试。

4.5.1.2 高温持久性能应符合表 4 规定。

表 4

试样形状	试验温度 ℃	应力 $\text{N/mm}^2$	断裂时间, h	伸长率 $\delta_5, \%$
			不 小 于	
组合	650	690	25	4

注：① 650℃组合持久可以用由相邻部位切取的光滑和缺口分开的试样代替，只要试样工作部分的截面和缺口试样与组合试样相符合；缺口试样的断裂时间应大于光滑试样的断裂时间。

② 当试验时间达到 25h 后，每隔 10h 以 34.5N/mm<sup>2</sup> 的增量加载，直至拉断为止。

4.6 低倍组织

4.6.1 横向低倍

4.6.1.1 在相当于每炉号钢锭头部和尾部的棒材上切取试样，在未经标准热处理的横向酸浸试片上检验低倍组织时，不得有肉眼可见的缩孔痕迹、空洞、裂纹、针孔、夹渣、折迭、白斑、黑斑等缺陷。

4.6.1.2 当需要加强检验以寻找“白斑点”型缺陷时，试片经标准热处理和腐蚀后，在清洗和烘干前立即进行检查，如存在“白斑点”（见附图 2）或“黑斑点”，则整炉报废。

棒材直径大于 100mm 时，横向低倍在 90mm×90mm 熔检试样上进行检验。

试样腐蚀剂：

HCl      500ml    浓度 36%~38%

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>   35ml    浓度 95%~98%

CuSO<sub>4</sub>     150g

4.6.2 纵向低倍：对于直径小于或等于 32mm 的棒材，在相当于每炉号钢锭头部和尾部的棒材上切取试样，经标准热处理后按 GB<sub>187.1</sub> 要求制备试样和检验纵向低倍组织的偏折严重程度，并以 1：1 比例摄取低倍组织照片，积累数据，暂不作验收依据，待积累足够数据后，双方商定验收标准图片。

4.6.3 纵向断口：在相当于每炉号钢锭头部和尾部的棒材上切取试样，经标准热处理后检查纵向断口组织时，不允许存在分层、缩孔、夹渣、裂纹等缺陷。

4.7 高倍组织：在相当于每炉号钢锭头部和尾部棒材的心部和半径中部上切取纵向试样。需

要时,在低倍和断口检查可疑的部位取样。

4.7.1 碳化物:试样在机械抛光后,在未经腐蚀的表面上放大 50 倍,按照附图 1 的图片 1~4 进行评定,碳化物的一般分布不超过图 1 和 2,试样每平方厘米最多 3 个视场的碳化物分布不超过图片 3,但其余视场不超过图片 1。

4.7.2 Laves 相:试样经机械抛光、腐蚀后进行检查,出现 Laves 相,则全炉报废。

腐蚀剂由下列两种溶液等量混合后稀释到 50%。

溶液 1:HNO<sub>3</sub> 20ml

HCl 100ml

FeCl<sub>3</sub> 7g

CuCl<sub>2</sub> 5g

H<sub>2</sub>O 100ml

溶液 2:HCl 120ml

CuCl<sub>2</sub> 80g

H<sub>2</sub>O 100ml

4.7.3 晶粒度:试样经标准热处理后按 GB 6394 进行评定,直径小于或等于 85mm,平均晶粒度级别数大于或等于 5 级,个别大晶粒允许至 3 级;直径大于 85mm 的棒材,平均晶粒度级别数大于或等于 4 级,个别大晶粒允许至 2 级。

4.7.4 δ-Ni<sub>3</sub>Nb 相:试样经标准热处理后,进行抛光、腐蚀后,按照附图 3 的图片 1~12 进行评定,图片 1~4 为合格组织;图片 5~8 为极限组织,若不超过被检表面的 30%是合格的;图片 9~12 为不合格组织。

试样在下列溶液中用 3~5V 电压电解腐蚀:

HCl 100ml

CH<sub>3</sub>OH 100ml

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40ml

## 4.8 表面质量

4.8.1 供热加工用棒材表面上不得有裂纹、折迭、结疤、夹渣;棒材表面上局部缺陷应以倾斜打磨法清除,允许清除深度不应大于交货尺寸的负公差。

4.8.2 供冷加工用棒材表面上允许有局部缺陷存在,其深度由公称尺寸算起,不得大于该尺寸公差之半。

4.9 棒材应逐根进行超声波探伤,合格后交货。当棒材上缺陷显示的波幅大于或等于表 5 所列平底孔直径所显示的波幅时,有缺陷的那一部分应予报废。

表 5

mm

棒材直径	平底孔直径
<50	0.8
≥50~180	1.2

## 5 试验方法

5.1 尺寸测量方法、外形测量方法、表面质量检验方法、化学分析方法按 GB<sub>n</sub> 176 的 3.1~3.4 条规定。

### 5.2 低倍、高倍及力学性能试验方法

低倍、高倍及力学性能每批取样数量、部位和试验方法应符合表 6 的规定。

表 6

序号	试验项目	取 样 部 位	试验方法
1	横向低倍	相当于钢锭头尾各一支	GB <sub>n</sub> 187.2
2	纵向低倍		GB <sub>n</sub> 187.1
3	纵向断口		GB <sub>n</sub> 187.3
4	高倍组织		GB <sub>n</sub> 187.4
5	晶粒度		GB <sub>n</sub> 187.4
6	高温持久		GB 6395
7	高温拉伸		GB 4338
8	室温拉伸		GB 228
9	布氏硬度		GB 231
10	成分取样	相当于钢锭头尾	GB 222
11	化学分析		GB 223

注:① 棒材直径小于或等于 32mm,力学性能样坯的中心线与棒材中心线吻合。

② 棒材直径大于 32mm,力学性能样坯的中心线在棒材的 1/2 半径处。

5.3 需方复验时,高温持久试验可采用其它常用的方法。

## 6 检验规则

6.1 棒材的验收、组批、复验、质量异议和仲裁试验按 GB<sub>n</sub> 176 中的 4.1~4.5 条规定。

6.2 当需方在成品或半成品零件上发现冶金来源缺陷,并经供需双方鉴定确认时,供方应予退货;当需方要求时,供方应予补制;如供需双方对缺陷性质有争议时,可提请上级部门指定的或双方同意的单位仲裁,以便得出最后结论。

## 7 包装、标志和质量证明书

包装、标志和质量证明书按 GB<sub>n</sub> 176 的 5.1~5.3 条规定,对相当于铸锭头部位位置的棒材,应有明显的符号标志,对于直径大于 30mm 的棒材,需标出顺序号,并在质量证明书中注明。

附图 1 碳化物分布

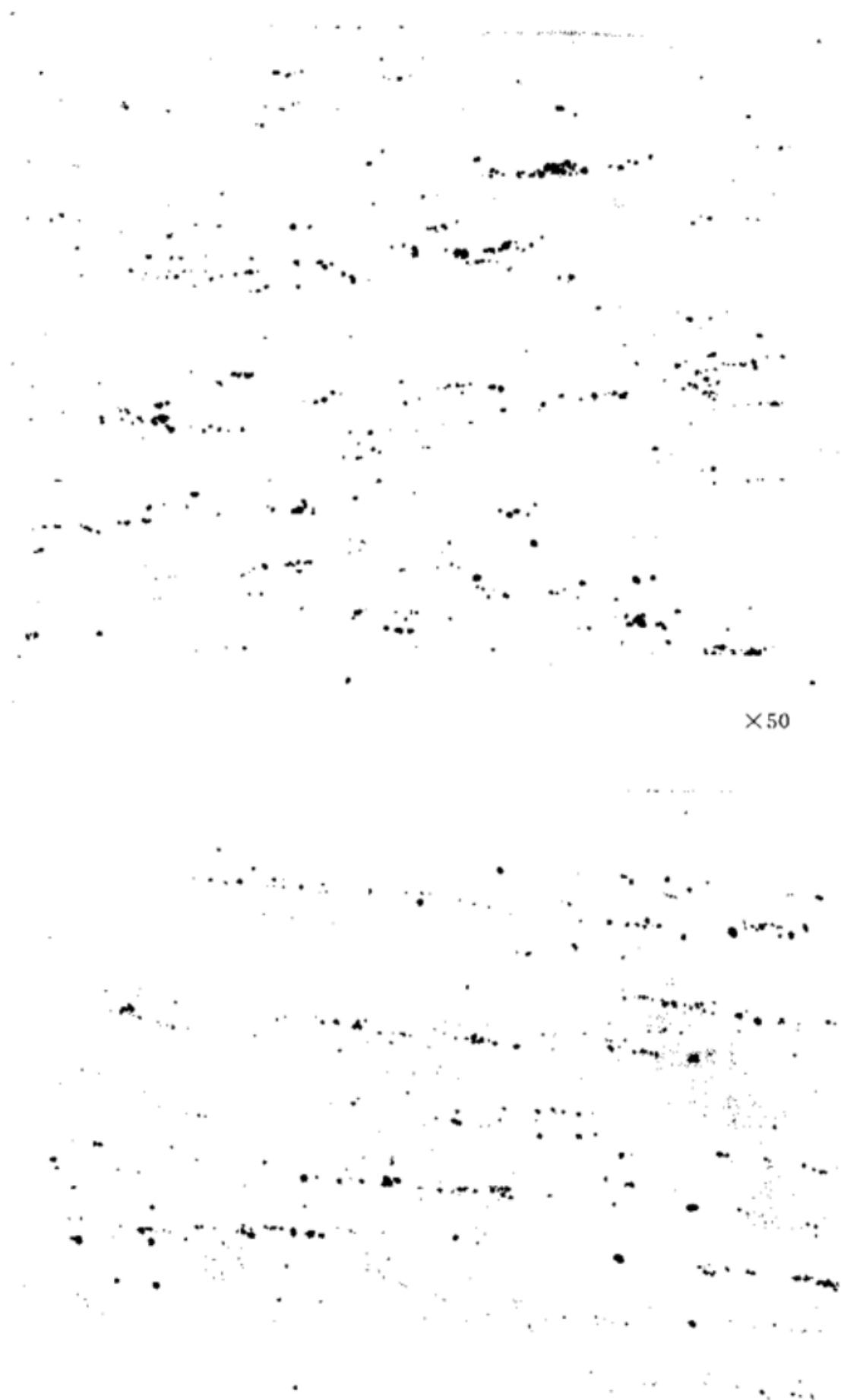
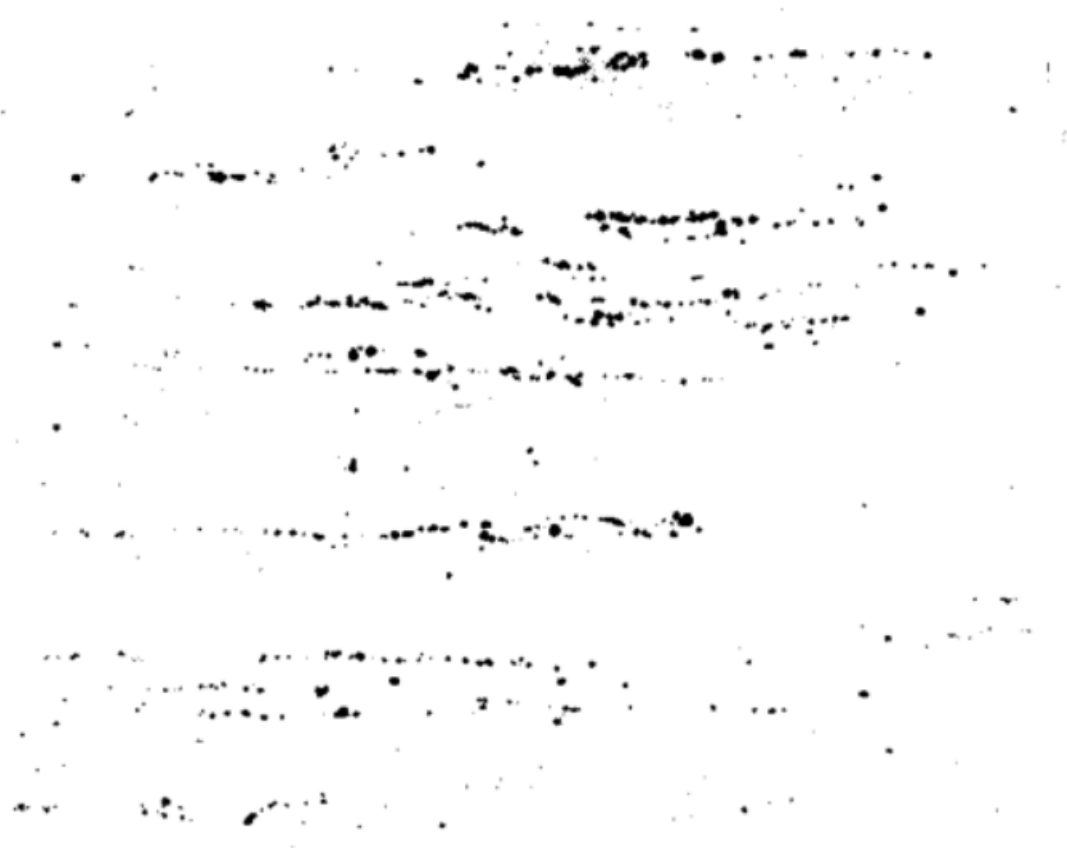


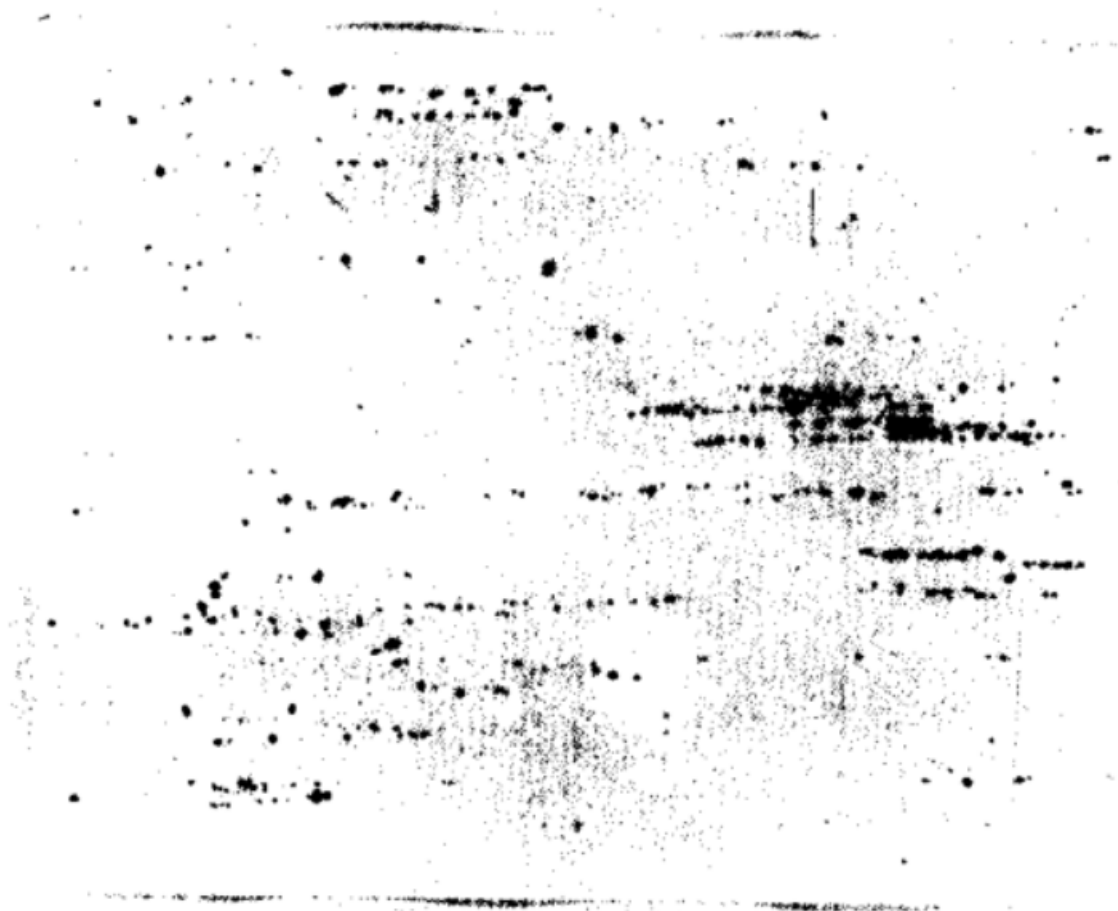
图 1



×50

图 2





×50

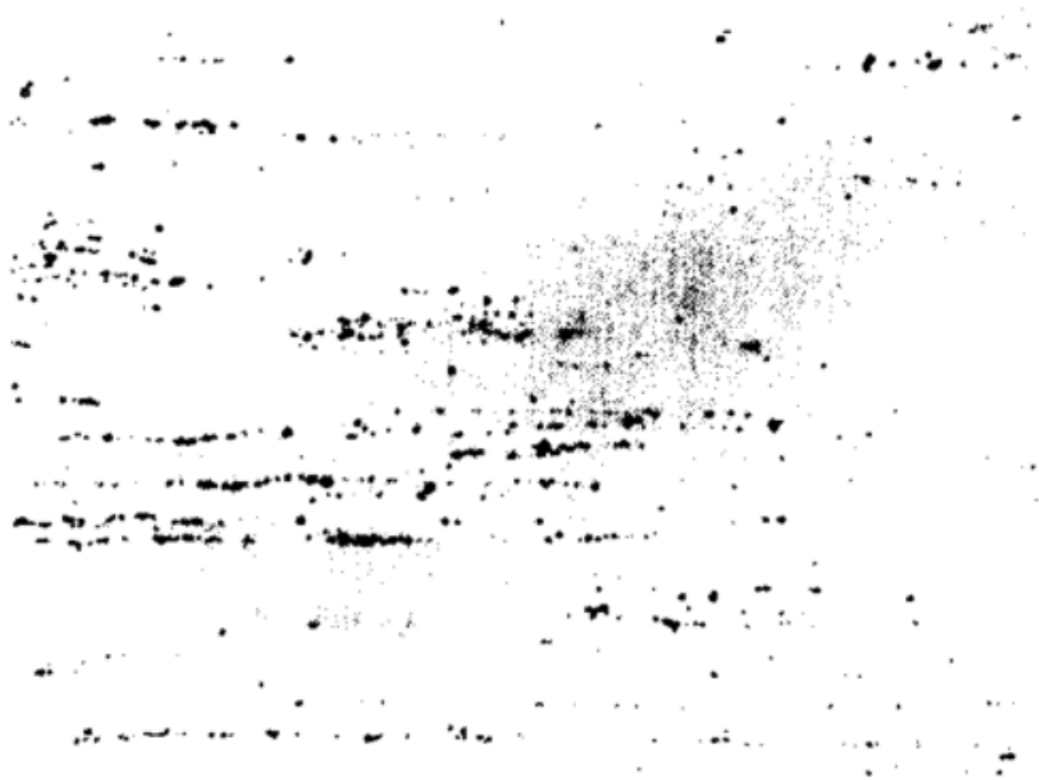


×50

图 3



×50



×50

图 4

附图 2 白斑点



×1

附图 3  $\delta$ -Ni<sub>3</sub>Nb 相组织



图 1 分散的  $\delta$  相  $\times 500$



图 2 分散的  $\delta$  相  $\times 500$



图 3 分散的  $\delta$  相  $\times 500$



图 4 带状  $\delta$  相  $\times 100$

合格的组织



图 5 分散的  $\delta$  相  $\times 500$



图 6 分散的  $\delta$  相  $\times 500$



图 7 分散的  $\delta$  相  $\times 500$



图 8 带状  $\delta$  相  $\times 100$

极限的组织



图 9 分散的  $\delta$  相  $\times 500$



图 10 分散的  $\delta$  相  $\times 500$



图 11 分散的  $\delta$  相  $\times 500$



图 12 带状  $\delta$  相  $\times 100$

不合格的组织

**附加说明:**

提出单位:航空航天工业部航空材料热工艺标准化技术归口单位。

起草单位:南方动力机械公司、抚顺钢厂、上海第五钢铁厂、长城特殊钢公司第三钢厂、第六二一研究所、钢铁研究总院。

本标准与抚顺钢厂抚高新 92—25、上钢五厂 5GH 34—92 与长特钢公司第三钢厂 C3S 179—86 完全等效。

鉴于目前的棒材冶金质量状况,当横向低倍(热处理前或后)存在偏析时,应视为材料质量问题——归口单位。

本标准实施后,Z9 0102—86《涡轴八用 GH 169 合金棒材暂行技术条件》废止。