

团 体 标 准

T/CCMI XX—XXXX

进口锻造用三联冶炼 IN718 棒材

Triple melt inconel alloy 718 forged billets

征求意见稿

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中 国 锻 压 协 会 发 布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
3.1 黑斑	1
3.2 径轴向剖面	1
4 技术要求	2
4.1 化学成分	2
4.2 熔炼要求	2
4.3 交付状态	2
4.4 热处理	3
4.4.1 固溶处理	3
4.4.2 时效处理	3
4.5 力学性能	3
4.5.1 室温拉伸性能	3
4.5.2 650℃拉伸性能	3
4.5.3 650℃持久性能	3
4.6 低倍组织	4
4.7 高倍组织	4
4.7.1 显微组织	4
4.7.2 晶粒度	4
4.8 超声波检验	4
4.9 尺寸、外形	5
4.10 表面质量	5
5 质量保证	5
5.1 质量控制	5
5.2 检验责任	5
5.3 质量一致性检验	5
5.3.1 组批规则	5
5.3.2 检验项目	5
5.3.3 判定与重复检验规则	5
5.4 冶金缺陷处理	6
5.5 试样加工	6
6 交付准备	6
6.1 标识	6

6.2 包装与运输	7
6.3 质量证明书	7
7 确认	7
8 拒收	7
附录 A（规范性附录）棒材金相组织检查及验收	8

前 言

本标准依照GB/T 1.1 《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》的要求编制。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国航空技术国际控股有限公司国际合作发展事业部提出。

本标准由中国锻压协会归口。

本标准负责起草单位：中国航空技术国际控股有限公司国际合作发展事业部。

本标准参加起草单位：中国航空技术国际控股有限公司国际合作发展事业部、陕西宏远航空锻造有限责任公司、贵州安大航空锻造有限责任公司、中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限公司、无锡透平叶片有限公司、西安三角防务股份有限公司、贵州航宇科技发展股份有限公司、无锡派克新材料科技股份有限公司。

标准主要起草人：

标准参加起草人：

进口锻造用三联冶炼 IN718 棒材

1 范围

本标准规定了IN718合金锻制棒材的要求、质量保证规定和交货准备等。

本标准适用于直径 ϕ 200mm- ϕ 300mm的三联冶炼IN718合金锻制棒材（以下简称棒材），但不局限于此应用。

国内对应牌号为GH4169。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

AMS-STD-2154A 变形金属超声波检验程序

AMS 2261 镍、镍基合金和钴基合金棒材、线材、丝材公差

AMS 2269 镍、镍基合金和钴基合金的化学成分极限值分析

AMS 2371 耐蚀高温合金钢、合金、可锻产品和锻坯取样和检测的质量保证

AMS 2750 高温测量规范

AMS 2806 碳钢、合金钢、不锈钢、耐热钢和高温合金的棒材、丝材、机加工管材和挤压型材的标志

志

ASTM E 8/8M 金属材料的拉伸试验方法

ASTM E 21 金属材料的高温拉伸试验

ASTM E 112 平均晶粒度的测试方法

ASTM E 139 金属材料的蠕变、蠕变断裂和持久试验

ASTM E 292 材料的缺口持久拉伸试验

ASTM E 340 金属和合金低倍腐蚀的标准试验方法

ASTM E 354 高温钢、电炉钢、磁钢和其他类似的铁、镍和钴基合金化学成分分析试验方法

ASTM E 407 金属和合金腐蚀标准方法

ARP 1313 高温合金微量元素的测定

3 术语与定义

下列文件中的下列术语和定义适用于本标准。

3.1 黑斑 freckle

溶质元素正偏析导致的碳化物、碳氮化物、Laves相、 μ 相、 δ 相（ Ni_3Nb ）相和/或其他金属间化合物聚集，并在腐蚀面上呈现暗色区域。

3.2 径轴向剖面 radial/axial plane

指由棒坯径向（横向）和轴向包围而成的面，如图1所示。

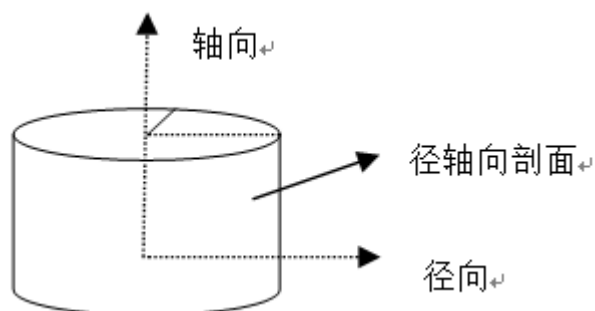


图1 径轴向剖面示意图

4 技术要求

4.1 化学成分

按质量百分比的化学成分应符合表1的要求。按照ASTM E 354的湿化学法、光谱化学法测定，根据ARP 1313的方法测定Pb、Bi、Se等痕量元素含量或者采用客户认可的其他分析方法。成分偏差应符合AMS 2269的使用要求，复验分析允许偏差不适用于Pb、Bi、Ag、Mg元素。

表1 化学成分

元素	含量	元素	含量
C	0.012~0.036	Cr	17.0~19.0
Si	≤0.35	Cu	≤0.30
Mn	≤0.35	Mo	2.8~3.15
P	≤0.015	Ni	52.00~55.00
S	≤0.001	Pb	≤0.0005
Ag	≤0.0005	Ti	0.75~1.15
Al	0.35~0.65	Nb	5.20~5.50
B	≤0.006	Ta	≤0.10
Bi	≤0.00003	Co	≤1.00
Ca	≤0.005	O	≤0.002
Mg	≤0.005	Tl	≤0.0001
Te	≤0.00005	As	≤0.0025
Se	≤0.0003	Sn	≤0.005
N	≤0.01	Fe	16.00~19.00

4.2 熔炼要求

熔炼工艺应采用三联冶炼工艺（VIM+ESR+VAR），即真空感应冶炼加电渣重熔再加真空自耗炉熔炼。

4.3 交付状态

棒坯以锻制状态、经车光或打磨后交付，也可按需方规定的要求交付。

4.4 热处理

试样热处理制度应符合AMS 2750的相关规定，采用固溶处理加时效处理，实际热处理制度应在质量说明书中注明。

4.4.1 固溶处理

950℃~980℃范围内选定温度下±10℃，保温1h~1.25h，空冷或以比空冷更快的速度冷却。

4.4.2 时效处理

720℃±6℃，保温8h~8.5h，以(55±10)℃/h速率炉冷至620℃±6℃，保温8h~8.5h，空冷。

4.5 力学性能

从棒坯上切取横向试样，按4.4热处理后测试力学性能，应符合下列性能要求。

4.5.1 室温拉伸性能

照ASTM E 8/E 8M进行室温拉伸性能测试，测试结果应符合表2的规定。应变速率在达到屈服点之前应保持(0.005±0.002)/min，过了屈服点之后，增加十字头加载速度，使得增加时间约1min后产生断裂，但加载速度不应超过12.7mm/min。

表2 室温拉伸性能

棒材直径 mm	试样方向	σ_b Ksi (MPa)	$\sigma_{0.2}$ Ksi (MPa)	δ_5 %	Ψ %
>200~250	横向	195 (1345)	160 (1100)	12	15
>250~300	横向	185 (1276)	150 (1034)	10	12

4.5.2 650℃拉伸性能

按照ASTM E 21进行高温拉伸性能测试，650℃高温拉伸性能应符合表3的规定。应变速率按4.5.1的规定。

表3 650℃拉伸性能

棒材直径 mm	试样方向	σ_b Ksi (MPa)	$\sigma_{0.2}$ Ksi (MPa)	δ_5 %	Ψ %
>200~250	横向	157 (1080)	135 (930)	12	15
>250~300	横向	145 (1000)	125 (862)	10	12

4.5.3 650℃持久性能

缺口试样和光滑试样组合试样的测试应符合ASTM E 292的要求，光滑试样测试应符合ASTM E 139的要求，性能要求见表4。

表4 650℃持久性能

应力/MPa	延伸率/%	持久时间/h
	δ_5	
725	≥ 5	≥ 25

4.5.3.1 标准光滑缺口试样组合试样保持在 650℃±2℃ 下持续加载，产生不小于 725MPa 的初始轴向应力，断裂时间不小于 25h。未改变载荷前，测试进行到试样断裂。断裂应发生在光滑部位，该部位断裂后的室温延伸率应达到表 4 的要求。

4.5.3.2 作为替代程序，单独的光滑试样和缺口试样应从同一切片的邻近部位切取，各自标距应符合 ASTM E 292 中规定的尺寸要求，根据 4.5.3.1 的条件分别进行测量。光滑试样断裂时间应不小于 25h，且断裂后室温下的延伸率应符合 4.5.3.1 的规定。缺口试样断裂时间应大于光滑试样，可不测试到试样断裂。

4.5.3.3 4.5.3.1 和 4.5.3.2 的测试也可采用增量载荷。在该情况下，加载产生不小于 725MPa 的初始轴向应力，在该载荷下测试进行到试样断裂或达到 25h（视何者先发生）。25h 后，允许每隔 8h 增加应力 35MPa，断裂时间、断裂位置和延伸率应符合 4.5.3.1 的规定。

4.6 低倍组织

4.6.1 按 ASTM E 340 进行低倍组织检查。

4.6.2 横向低倍试样上不应有目视可见的疏松、针孔、白斑、分层、折叠、裂纹、缩孔、夹渣和夹杂等冶金缺陷，并检查黑斑、白斑、浅腐蚀区、暗腐蚀区等，按附录 A 进行结果判定。

4.7 高倍组织

在棒坯上切取试样，经 4.4 热处理后进行高倍组织检查。

4.7.1 显微组织

按 ASTM E 407 检查显微组织。应符合附录 A 的要求。

4.7.2 晶粒度

按 ASTM E 112 检查晶粒度，取样部位和晶粒度应符合表 5 的规定，检查面为径轴向剖面。

表5 取样部位和晶粒度要求

直径/mm	取样部位	晶粒度
>200~250	棒材中心、1/2 半径及棒材边缘	6 级或更细，允许被 20% 以上细晶包围的个别 3 级。
>250~300	棒材中心、1/2 半径及棒材边缘	5 级或更细，允许被 20% 以上细晶包围的个别 3 级。

4.8 超声波检验

棒坯应符合 AMS-STD-2154A 类检测要求，逐支进行水浸超声检测，验收要求见表 6。

表6 超声波检验验收要求

棒坯直径/mm	参考平底孔*/mm	报警极限/mm	不合格极限/mm	振幅报告/mm	级别
>200~250	1.2	0.8	0.8	—	ARA
>250~300	1.2	0.8	1.2	0.8	AA
*标准波幅应为 80%FSH					

4.9 尺寸、外形

棒坯的长度应不小于1.5m，小于1.5m的棒坯可按定尺交货。棒坯的尺寸及其允许偏差、外形的其他要求可按AMS 2261执行，或由供需双方协商确定。

4.10 表面质量

表面粗糙度Ra应不大于 $1.6\mu\text{m}$ 。棒坯应质量均匀、完好无损、无外来物及对产品使用有害的缺陷，棒材表面不允许有裂纹、折叠、结疤和夹渣。表面局部缺陷应予清除，清除深度不应超过棒材该尺寸公差之半，宽深比应不小于6。

5 质量保证

5.1 质量控制

供应方保留制造工艺可追溯性的记录和相关受控文件（制造方法和重要工艺参数等），需方有权进行查阅。受控文件应由需要批准，一旦批准，未经需方书面认可，不得更改。当任何重要工艺参数超出规定的界限值时，供方应预先取得需方的书面批准。必要时，需方可查看供方的制造生产工艺和本标准所要求的各项试验，但应予保密。

5.2 检验责任

供方须完成全部要求的试验，以保证产品符合本标准的要求，需方按需进行复验，检测项目及验收指标不得低于本标准相关规定。

5.3 质量一致性检验

5.3.1 组批规则

棒坯应成批提交验收，每批应由同一合金牌号、同一熔炼炉号（母炉号、子炉号）、同一制造方法、同一规格、同一状态的棒坯组成。

5.3.2 检验项目

质量一致性检验项目、取样数量、取样部位以及相应要求的章条号应符合表7的规定。

5.3.3 判定与重复检验规则

5.3.3.1 如果由于错误的试样尺寸、试验程序或设备故障，导致试样测试结果不能满足要求，则此试验结果作废，并重新取样进行测试，以满足相关测试要求。

5.3.3.2 当化学成分分析结果不合格时，允许重新取样一次对不合格元素进行复验，复验结果仍不合格，则该炉批棒坯判定不合格。

表7 检验项目、取样部位、取样数量

序号	检验项目	取样数量	取样部位	要求的章节号
1	化学成分	共 2 个	相当于铸锭头部、尾部	4.1
2	室温拉伸	共 2 个	相当于铸锭头部、尾部的棒材的 1/2 半径处取弦向样品	4.5.1
3	高温拉伸/650℃	共 2 个		4.5.2
4	高温持久	共 2 个		4.5.3
5	低倍组织	共 2 个	相当于铸锭头部、尾部的棒材	4.5.6
6	显微组织	共 2*个	相当于铸锭头部、尾部的棒材	4.7.1
7	晶粒度	共 6 个	相当于铸锭头部、尾部的棒材的中心、1/2 半径和边缘	4.7.2
8	超声波检验		逐支	4.8
9	尺寸、外形		逐支	4.9
10	外观质量		逐支	4.10
*显微组织检验样品从相当于铸锭头部和尾部的棒材处切取 2 个完整棒坯切片，然后按附录 A 的 A.2.3 取样进行组织观察。				

5.3.3.4 超声波检验不合格时，应从不符合要求的邻近切面取样进行低倍和显微组织检查，并将结果提交给需方，如果复验结果仍显示为有害缺陷，则应再切样检查直到清除全部缺陷区域。

5.3.3.5 尺寸、外形或外观质量检验不合格时，该支棒坯不合格。

5.4 冶金缺陷处理

对于已验收的棒材，在后续加工过程中，发现有不允许的冶金缺陷，经供需双方确认后，应进行退货处理。

5.5 试样加工

测试试样的加工应符合AMS 2371或需方规定的其他要求。

6 交付准备

6.1 标识

每根棒坯应标明合金牌号、炉批号（母炉号、子炉号）、锭节号/顺序号。对相当于铸锭头部和尾部位置的棒材，应有明显的符号标记。标识的其他要求应按AMS 2806的规定。

6.2 包装与运输

产品应按商业惯例做好装运准备以及保证运输部门接收和安全交付。包装和运输应符合适用的商业、健康、安全和环保等部门的规章和条例。

6.3 质量证明书

每批棒材应附有质量证明书。填写质量证明书应字迹清楚，其上注明：

- a) 供方名称;
- b) 需方名称;
- c) 合同号;
- d) 本标准号及版次;
- e) 合金牌号;
- f) 冶炼方法;
- g) 炉号、批号;
- h) 交付状态;
- i) 规格、数量、重量;
- j) 按本标准或协议、合同规定的各项检验结果（如复验，应包括两次检验结果）;
- k) 质量检验部门印记。

7 确认

供方在所有报价单上和承接订货单时应注明本标准的编号及版次。

8 拒收

凡不符合本标准要求的產品，需方有权予以拒收。

附 录 A
(规范性附录)

棒材金相组织检查及验收

A. 1 范围

本附录适用于T/CCMI XX-2020(TBJH CCMI 001-002)中IN718合金棒材的金相组织检查及验收。

A. 2 棒坯试样的制备与检测

A. 2.1 棒坯试样的制备

需检测的横截面应机加出合适的表面光洁度,在进行腐蚀以露出低倍组织。表面光洁度和低倍腐蚀程度应经需方批准,并记录在制造方法数据卡中。

A. 2.2 低倍检查

A. 2.2.1 横向低倍

A. 2.2.1.1 经腐蚀后在目视或放大不大于 $10\times$ 下检验,应无缩孔痕迹、疏松、孔洞、裂纹、分层、折叠、夹杂、夹渣等。

A. 2.2.1.2 横向低倍试片经腐蚀后若发现暗腐蚀区或浅腐蚀区,应切取显微组织试样按A. 2.3进行检查。白斑和黑斑一经确认后,按材料标准要求执行。

A. 2.2.2 纵向低倍

纵向低倍试样经腐蚀后在目视或放大不大于 $10\times$ 下检验条带偏析,并摄取低倍组织照片,积累数据。有严重偏析时,由供需双方协商解决。

A. 2.2.3 典型低倍组织

典型低倍组织照片见图A. 1~图A. 3。

A. 2.3 显微组织

A. 2.3.1 碳化物

A. 2.3.1.1 未经腐蚀的显微组织检验试样在放大 $50\times$ 下检验,选择最差视场进行评级。

a) 纵条状碳化物按图 A. 4 进行评级,应不超过 C 级(图 A. 4 的 c)、d)、e))。

b) 网状碳化物按图 A. 5 进行评级,应不超过 C 级(图 A. 5 的 c)、d)、e))。

A. 2.3.2 Ni_3Nb 相

A. 2.3.2.1 经腐蚀的显微组织检验试样在放大 $200\times$ 下检验 Ni_3Nb 相,按图A. 6标准照片评级。异常 Ni_3Nb 相微观组织典型照片参见图A. 7。

A. 2. 3. 2. 2 材料中的 Ni_3Nb 相分布和数量应不超过4级(图A. 9中d), 允许不超过10%的试样受检面积内 Ni_3Nb 相的分布和数量达到5级(图A. 9中e)或6级(图A. 9中f); 若10%以上的试样受检面积内 Ni_3Nb 相分布和数量超过上述界限, 则受检试样所代表的材料的显微组织应判为不合格。

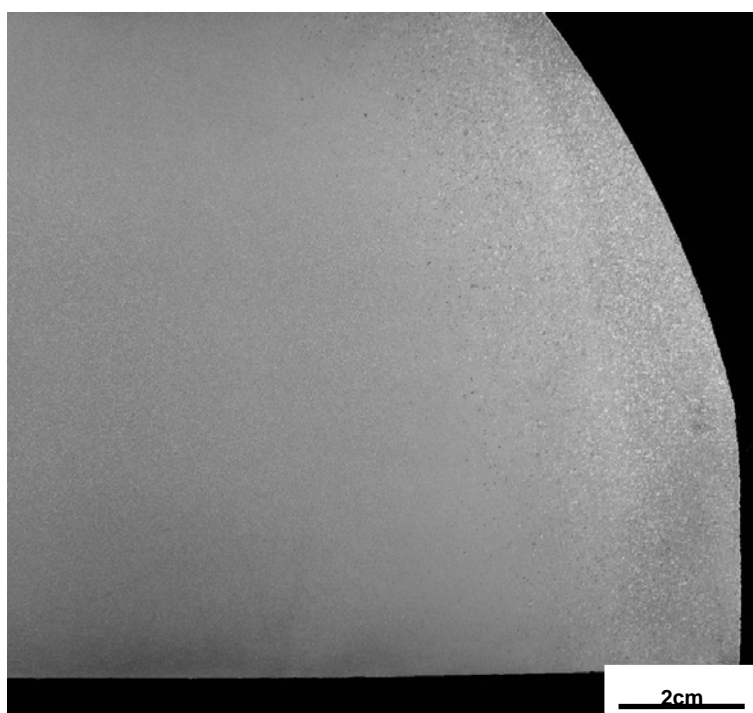
A. 2. 3. 3 Laves相

经腐蚀的显微组织检验试样不允许存在Laves相。



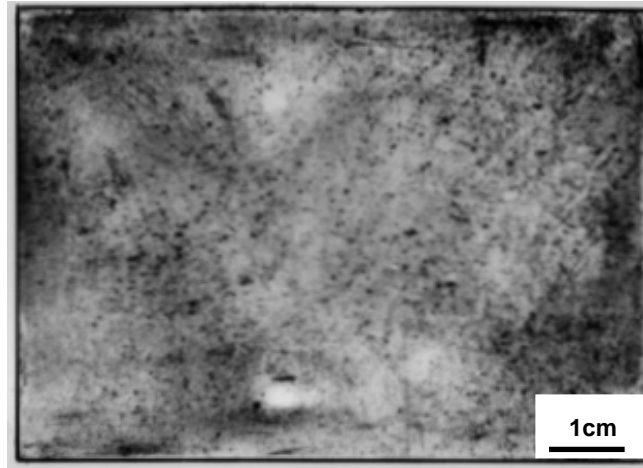
低倍组织均匀, 无缩孔痕迹、疏松、孔洞、裂纹、分层、折叠、夹杂、夹渣等。合格。

图A. 1 棒材均匀低倍组织

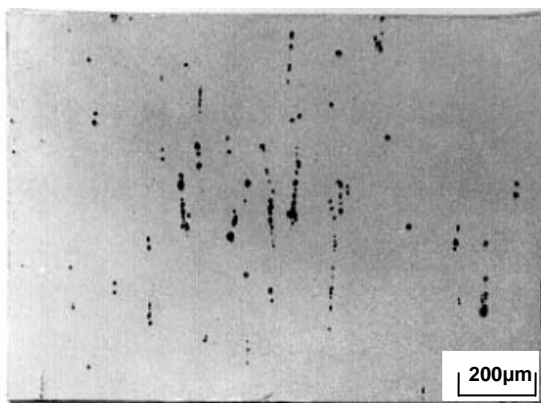


棒材晶粒不均匀，边缘存在粗晶。粗晶环宽度合格与否按材料标准进行判定。

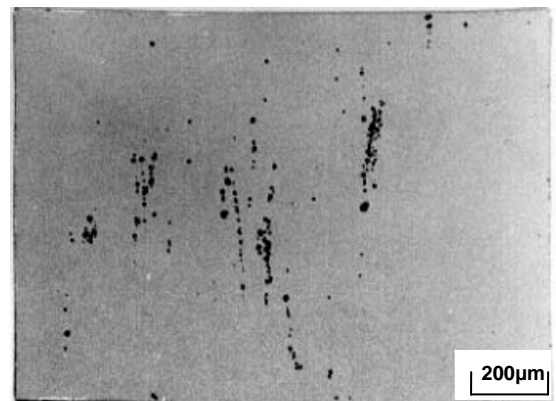
图A.2 棒材不均匀低倍组织



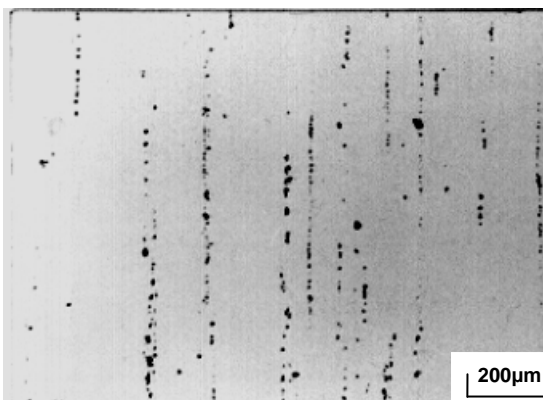
图A.3 棒材低倍检验时发现的白斑



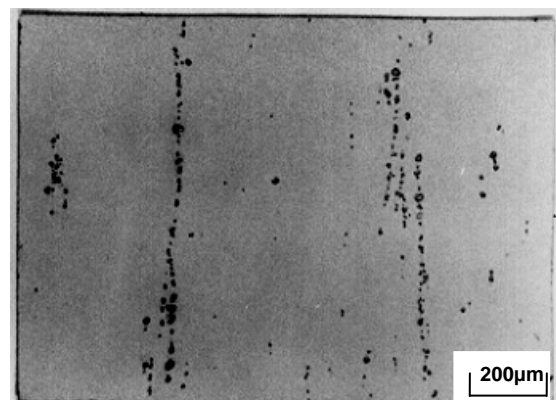
a) A 级



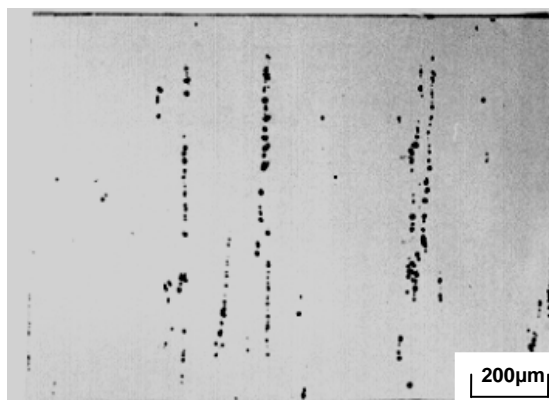
b) B 级



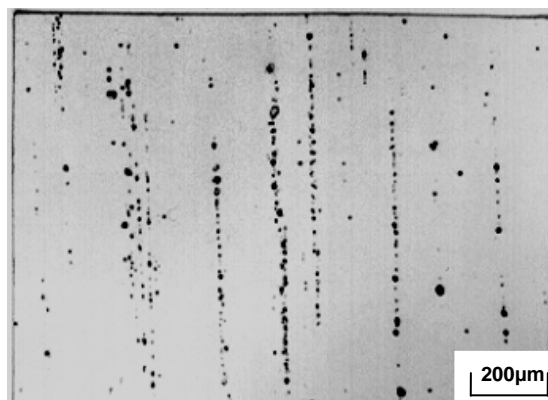
c) C 级



d) C 级

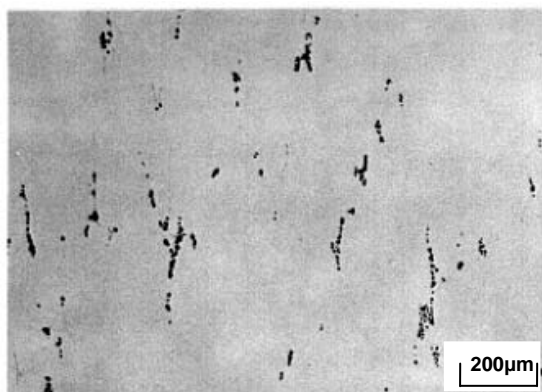


e) C级

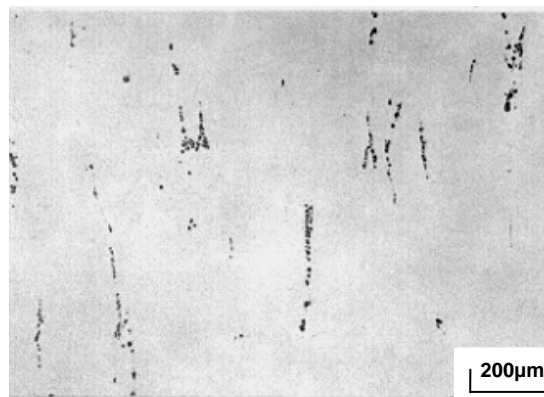


f) D级

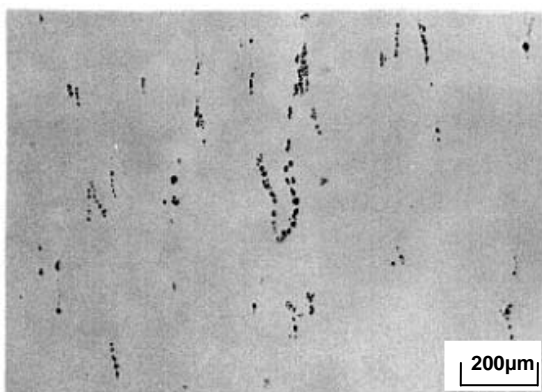
图A.4 纵条状碳化物评级标准照片 (50×)



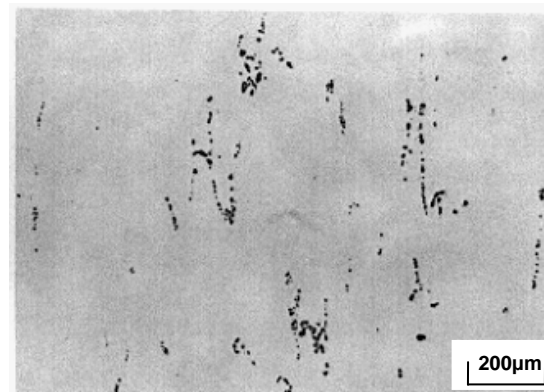
a) A级



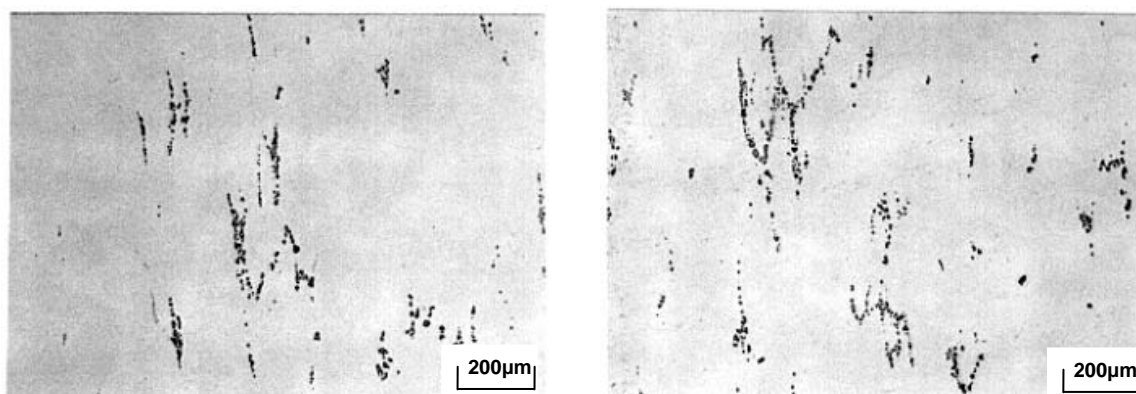
b) B级



c) C级



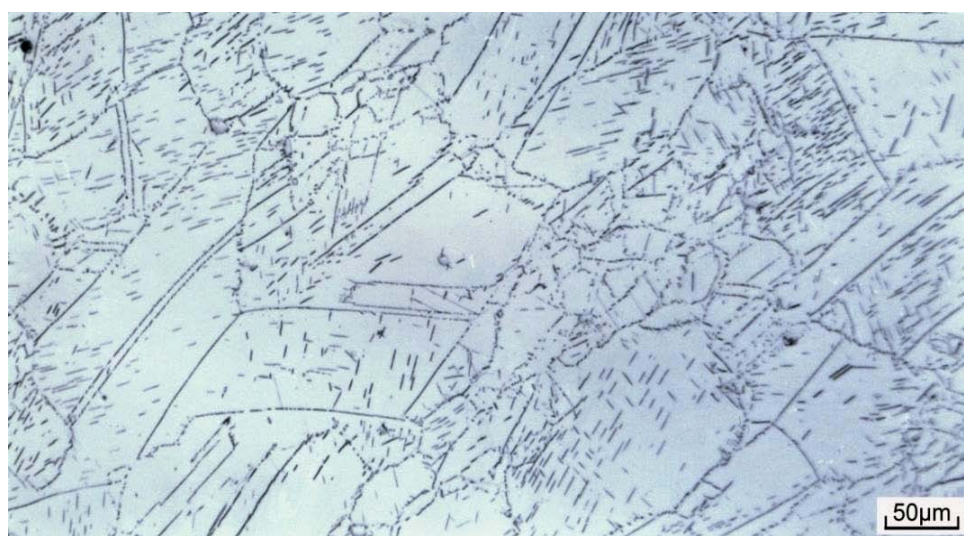
d) C级



图A.5 网状碳化物标准评级照片 (50×)



a) 1级 (200X)



b) 2级 (200X)



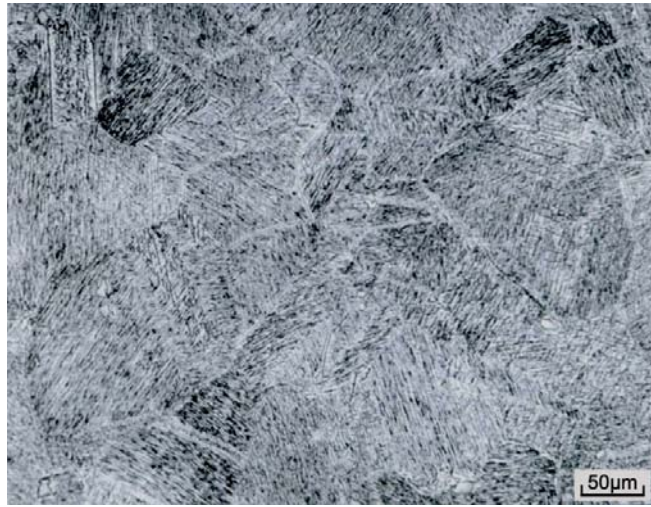
c) 3 级 (200X)



d) 4 级 (200X)



e) 5 级 (200X)



f) 6 级 (200X)

图A.6 Ni_3Nb 相标准评级照片



a) 棒材中析出大量 Ni_3Nb 相



b) a 图的放大

大量魏氏体状 Ni_3Nb 相析出。因终锻温度过低，形成“黑晶”组织。不合格。

图A.7 棒材中 Ni_3Nb 相不均匀分布的典型照片