

团 体 标 准

T/CCMI 6—2020

进口三联熔炼 718（GH4169）锻制棒材

Triple melted alloy 718 forged billets

2020 – 10 – 27 发布

2020 – 12 – 01 实施

中 国 锻 压 协 会 发 布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	2
4.1 熔炼要求	2
4.2 化学成分	2
4.3 交付状态	2
4.4 热处理	3
4.5 力学性能	3
4.6 低倍组织	4
4.7 高倍组织	4
4.8 超声波检验	4
4.9 尺寸、外形	4
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
5.4 检验方法	6
5.5 冶金缺陷处理	7
5.6 试样加工	7
6 交付准备	7
6.1 标识	7
6.2 包装与运输	7
6.3 质量证明书	7
7 确认	8
8 拒收	8
附录 A（规范性附录） 棒材金相组织检查及验收	9

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国航空技术国际控股有限公司提出。

本文件由中国锻压协会归口。

本文件负责起草单位：中国航空技术国际控股有限公司。

本文件参加起草单位：中国航空技术国际控股有限公司、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、抚顺特殊钢股份有限公司。

本文件主要起草人：王洋、陈祖祥、侯伟、王彦伟、韩何岩、杨孝荣、陈文、李晓婷、马玉斌、杨良会、张奇、刘其源、何涛、魏丽、任乾光、杨玉军。

引 言

国内锻造企业对外采购主要是各自技术协议为主，不具备通用性，不利于规模化采购和国外供应商批量生产，对产品的稳定性、生产成本、交付周期等都存在不利影响。

本文件在国内锻造企业的共同参与和业内专家的指导下，对现有各企业的技术协议进行整合、改进和提升，形成了统一的进口三联熔炼718（GH4169）采购标准—《进口三联熔炼718（GH4169）锻制棒材》。

本文件强化了对国外材料供应商的生产过程管控，对提升进口高温合金材料质量稳定性、提升锻造企业对外话语权意义重大；为供应商批量化生产和企业规模化采购创造条件，提升国内锻造企业的整体话语权和市场地位，有助于提升整个行业供应链的运行效率；有助于推动中国锻造企业加强协作，共同参与国际市场竞争。

进口三联熔炼 718 (GH4169) 锻制棒材

1 范围

本文件规定了718合金 (GH4169) 锻制棒材的要求、质量保证规定和交货准备等。

本文件适用于直径 $\phi 150\text{mm}$ – $\phi 350\text{mm}$ 的三联熔炼718合金 (GH4169) 锻制棒材 (以下简称棒材)。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 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 2281 高温、高应力下应用的变形镍合金、钴合金和铁合金的痕量元素控制
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识
ARP 1313 高温合金微量元素的测定
ASTM E 8/8M 金属材料的拉伸试验方法
ASTM E 10 金属材料的布氏硬度
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 140 金属硬度换算表
ASTM E 292 材料的缺口持久拉伸试验
ASTM A 604 电极自耗重熔钢棒材和坯料的低倍腐蚀试验方法
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
ASTM E 2375 锻件超声检测标准操作方法

3 术语和定义

下列文件中的术语和定义适用于本文件。

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 (Ni_3Nb) 相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

白斑 white spot

白斑是指由于碳化物减少或碳化物形成元素和强化元素减少导致的负偏析,并在腐蚀面上呈现浅色区域。

3.3

母炉 heat

单次真空感应熔炼得到的坯料。

3.4

子炉 batch

真空自耗炉重熔得到的坯料。

4 技术要求

4.1 熔炼要求

熔炼工艺应采用三联熔炼工艺,即真空感应熔炼加电渣重熔再加真空自耗重熔。

4.2 化学成分

4.2.1 按质量百分比的化学成分应符合表1的要求。

4.2.2 化学分析应在相当于每个三重熔炼铸锭头部和尾部的坯料或棒材上进行。

4.2.3 成分偏差应符合 AMS 2269 的使用要求。痕量元素含量测量结果应符合 ASTM 2281 的4级要求。

表1 化学成分

wt%

元素	含量	元素	含量
碳	0.015~0.036	铬	17.00~19.00
硅	≤0.35	铜	≤0.30
锰	≤0.35	钼	2.80~3.15
磷	0.007~0.015	镍	52.00~55.00
硫	≤0.0010	铅	≤0.0005
银	≤0.0005	钛	0.75~1.15
铝	0.35~0.65	铌	5.20~5.50
硼	≤0.006	钽	≤0.10
铋	≤0.00003	钴	≤1.00
钙	≤0.005	氧	≤0.0025
镁	≤0.0030	铈	≤0.0001
碲	≤0.00005	砷	≤0.0003
硒	≤0.0003	锡	≤0.005
氮	≤0.01	铁	余

4.3 交付状态

棒材以锻制状态、经车削加工后交付，也可按需方规定的要求交付。

4.4 热处理

4.4.1 通用要求

热处理控制应符合AMS 2750的相关规定。试样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。

4.4.2 固溶处理

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

4.4.3 时效处理

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

4.5 力学性能

4.5.1 通用要求

从棒材上切取横向试样，按4.4热处理后测试力学性能，应符合下列性能要求。

4.5.2 室温拉伸性能

室温拉伸性能测试结果应符合表2的规定。

表2 室温拉伸性能

棒材直径 mm	试样方向	力学性能，不小于			
		R _m Ksi (MPa)	R _{p0.2} Ksi (MPa)	A %	Z %
>150～250	横向	195 (1345)	160 (1100)	12	15
>250～350	横向	185 (1276)	150 (1034)	10	12

4.5.3 650℃拉伸性能

650℃高温拉伸性能应符合表3的规定。

表3 650℃拉伸性能

棒材直径 mm	试样方向	力学性能，不小于			
		R _m Ksi (MPa)	R _{p0.2} Ksi (MPa)	A %	Z %
>150～250	横向	157 (1080)	135 (930)	12	15
>250～350	横向	145 (1000)	125 (862)	10	12

4.5.4 持久性能

表4 650℃持久性能

σ MPa	A %	T h
725	≥ 5	≥ 25

4.5.5 硬度

试样硬度应不小于363HB。

4.6 低倍组织

4.6.1 横向低倍试样经 4.4 热处理后进行低倍组织检查，不应有目视可见的疏松、针孔、分层、折叠、裂纹、缩孔、夹渣、夹杂和不纯物等缺陷。

4.6.2 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

4.7.1 通用要求

在棒材上切取试样，经4.4热处理后进行高倍组织检查。

4.7.2 碳化物

碳化物检验应符合附录A的要求。

4.7.3 晶粒度

经4.4热处理后检查晶粒度，取样部位和晶粒度应符合表5的规定，检查面为横向剖面。

表5 取样部位和晶粒度要求

直径/mm	取样部位	晶粒度
>150~250	棒材中心、1/2R 及棒材边缘	均匀，6 级或更细，允许存在不超过 3 级的晶粒，但在任何视场中不超过 20%。
>250~350	棒材中心、1/2R 及棒材边缘	均匀，5 级或更细，允许存在不超过 3 级的晶粒，但在任何视场中不超过 20%。

4.8 超声波检验

棒材应逐支进行水浸超声检测，验收要求见表6。底波损失的验收按ASTM E 2375的规定执行。

表6 超声波检验验收要求

单位为毫米

棒材直径	盲区要求	参考平底孔	报警极限	不合格极限	振幅报告
>150~250	6.5	1.2	0.8	0.8	-
>250~350	10	1.2	0.8	1.2	0.8

4.9 尺寸、外形

棒材的长度应不小于2m，小于2m的棒材可按定尺交货。棒材的直径允许公差如表7所示，其它允许偏差、外形的其他要求可按AMS 2261执行，或由供需双方协商确定。

表7 直径允许偏差

单位为毫米

棒材直径	允许偏差
>150~250	0~+3
>250~350	0~+5

4.10 表面质量

4.10.1 表面粗糙度 R_a 应不大于 $1.6 \mu m$ 。

4.10.2 棒材应质量均匀、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。

5 质量保证

5.1 质量控制

5.1.1 供应方应建立由需方认可的固定工艺路线，未经需方书面认可，不得更改。

5.1.2 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。供方应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）。

5.1.3 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

棒材应成批提交验收，每批应由同一合金牌号、同一熔炼子炉号、同一制造方法、同一规格、同一状态的棒材组成。

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8的规定。

5.3.3 判定与重复检验规则

5.3.3.1 当化学成分分析结果不合格时，允许在原取样位置和其他位置重新取样对不合格元素进行检验，检验结果即使只有一个试样不合格，则该炉批棒材判定不合格。

5.3.3.2 力学性能某项检验结果不合格时，允许从原棒材的相应位置切取双倍数量的试样对不合格项目进行检验，检验结果即使只有一个试样不合格，该支棒材被判为不合格。所有的测试结果都应在报告里面体现。

表8 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. 2
2	室温拉伸	共 2 个	相当于铸锭头部、尾部的棒材的 1/2R 处取横向样品	4. 5. 2
3	高温拉伸/650℃	共 2 个		4. 5. 3
4	高温持久	共 2 个		4. 5. 4
5	低倍组织	共 2 个	相当于铸锭头部、尾部的棒材	4. 6
6	碳化物	共 2 个	相当于铸锭头部、尾部的棒材的 1/2R 处	4. 7. 2
7	晶粒度	共 6 个	相当于铸锭头部、尾部的棒材的中心、1/2R 和边缘	4. 7. 3
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
注：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个完整棒材切片，然后按附录A的A. 2. 3取样进行组织观察。				

5.3.3.3 低倍组织、显微组织检验不合格时，应从不符合要求的邻近切面取样进行检查，重复此过程，直到清除全部缺陷区域，保证交付棒材符合标准要求。

5.3.3.4 超声波检验不合格时，允许切除缺陷区域后交付。

5.3.3.5 尺寸、外形或外观质量检验不合格时，该支棒材不合格。

5.4 检验方法

5.4.1 化学成分分析

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。

5.4.2 室温拉伸试验

按照ASTM E 8/E 8M进行室温拉伸性能测试。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。

5.4.3 高温拉伸试验

按照ASTM E 21进行高温拉伸性能测试。应变速率按5.4.2的规定。

5.4.4 持久试验

5.4.4.1 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。

5.4.4.2 标准光滑缺口试样组合试样保持在 $650^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下持续加载，产生不小于 690MPa 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。

5.4.4.3 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 5.4.4.2 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 5.4.4.2 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。

5.4.4.4 5.4.4.2 和 5.4.4.3 的测试也可采用增量载荷。在该情况下，加载产生不小于 690MPa 的初始轴向应力。在该载荷下测试，达到 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 5.4.4.2 的规定。

5.4.5 硬度试验

硬度测试按 ASTM E 10 或 ASTM E 140 进行测试。

5.4.6 低倍组织检验

低倍组织腐蚀试验方法按 ASTM A 604 进行。

5.4.7 高倍组织检验

5.4.7.1 按 ASTM E 407 检查碳化物。

5.4.7.2 按 ASTM E 112 检查晶粒度。

5.4.8 超声波检验

超声波检验应符合 ASTM-E 2375 中水浸探伤的检测要求。

5.5 冶金缺陷处理

产品应该保证均匀、连续、一致，不允许存在影响使用的缺陷。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。

5.6 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

每根棒材应标明合金牌号、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；

T/CCMI 6-2020

- e) 合金牌号;
- f) 冶炼方法;
- g) 热处理制度;
- h) 母炉号、子炉号、顺序号;
- i) 交付状态;
- j) 规格、数量、重量;
- k) 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）;
- l) 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产品，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 6-2020中718 (GH4169) 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, 再进行腐蚀以露出低倍组织。

A.2.2 低倍检查

从棒材上切取横向试样, 经腐蚀后在1×下检验, 应无疏松、针孔、分层、折叠、裂纹、缩孔、夹渣、夹杂和不纯物等缺陷, 如图A.1所示。横向低倍试片经腐蚀后若发现黑斑, 应切取显微组织试样按A.2.3.2进行检查。下列情况的白斑和浅腐蚀区也应该按A.2.3.1进行高倍检查:

- a) 其长度大于 0.1 英寸 (2.54mm);
- b) 每侧数量为 4 个或更多;
- c) 其空间分布状态比 ASTM A 604 中 2 类白斑的 B 级 (图 A.2) 所示更为密集。

A.2.3 高倍检查

A.2.3.1 白斑或浅腐蚀区的微观检测

白斑或浅腐蚀区超过A.2.2的要求, 都需要进行微观检验, 且发现下列任何一种情况, 应该视为不合格。

- a) 金相检测无法显示组织;
- b) 有晶粒度比棒材平均晶粒度要求超过 ASTM1.5 级的区域;
- c) 长度超过 0.3 英寸 (8mm) 的区域;
- d) 有碳氮化物聚集的区域, 且数量和分布超过图 A.3 所示;
- e) 有包含孔洞、夹渣或不纯物的区域。

A.2.3.2 暗腐蚀区的微观检查

A.2.3.2.1 所有黑斑都要进行微观检查, 如发现下列任何一种情况, 都视为不合格。

- a) 属于 Laves 相或 μ 相的黑斑;
- b) 暗腐蚀区中有碳化物、碳氮化物或 δ (Ni_3Nb) 等金属间化合物存在, 且聚集程度超过下列图片标准:
 - 1) 碳化物-图 A.4 和图 A.5;
 - 2) 碳氮化物-图 A.3;
 - 3) δ (Ni_3Nb) 相-图 A.6.a) 。

A.2.3.2.2 除了不合格的部位, 所有其他部位无黑斑, 冶金记录也对孤立黑斑做出了合理解释, 则黑斑可以认为是孤立的, 该炉批的其他棒材应视为合格。

A. 2. 3. 2. 3 如果冶金记录不能对黑斑做出合理解释, 则该炉批视为不合格.

A. 2. 3. 3 碳化物

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) 纵条状碳化物聚集程度应不超过图 A. 4 所示;
- b) 网状碳化物聚集程度应不超过图 A. 5 所示。

A. 2. 3. 4 碳氮化物

未经腐蚀的试样在放大100倍下检验, 碳氮化物偏聚数量和分布不应超过图A. 3所示。

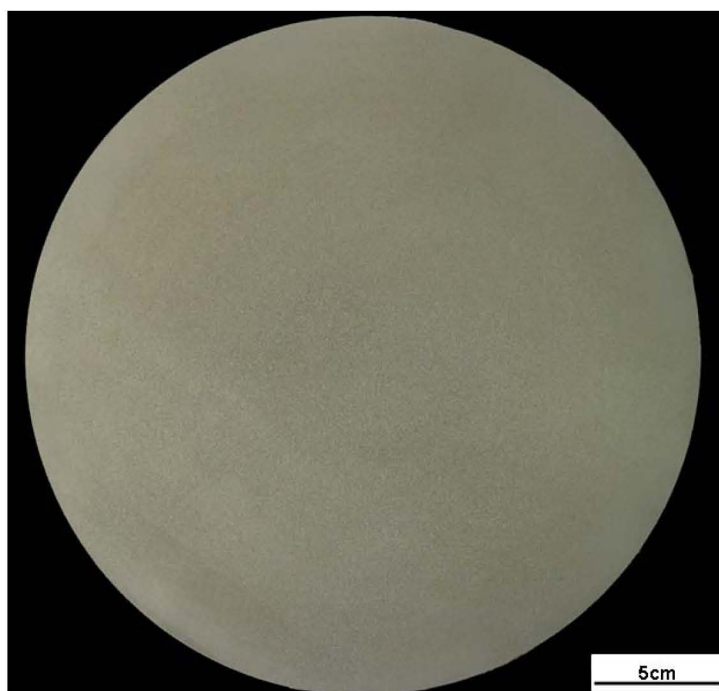
A. 2. 3. 5 δ (Ni_3Nb) 相

A. 2. 3. 5. 1 经腐蚀的显微组织检验试样在放大 $250\times$ 下检验 δ (Ni_3Nb) 相。

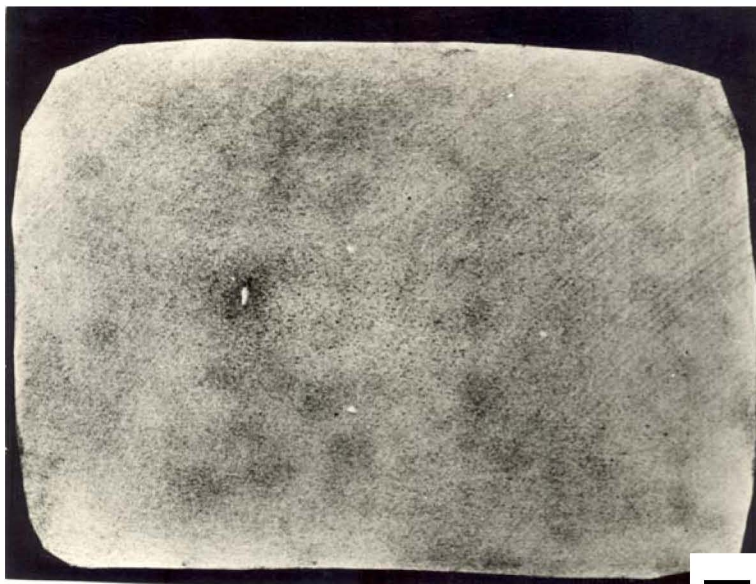
A. 2. 3. 5. 2 材料中的 δ (Ni_3Nb) 相分布和数量应不超过图A. 6. a), 允许不超过10%的试样受检面积内 Ni_3Nb 相的分布和数量达到图A. 6. b); 若10%以上的试样受检面积内 Ni_3Nb 相分布和数量超过上述界限, 则受检试样所代表的该批次材料的显微组织应判为不合格。

A. 2. 3. 6 Laves相

经腐蚀的显微组织检验试样不允许存在Laves相。



图A. 1 棒材低倍组织 ($1\times$)



(ASTM A 604 2类白斑B级)

图A.2 白斑分布状态 (1X)



(未腐蚀)

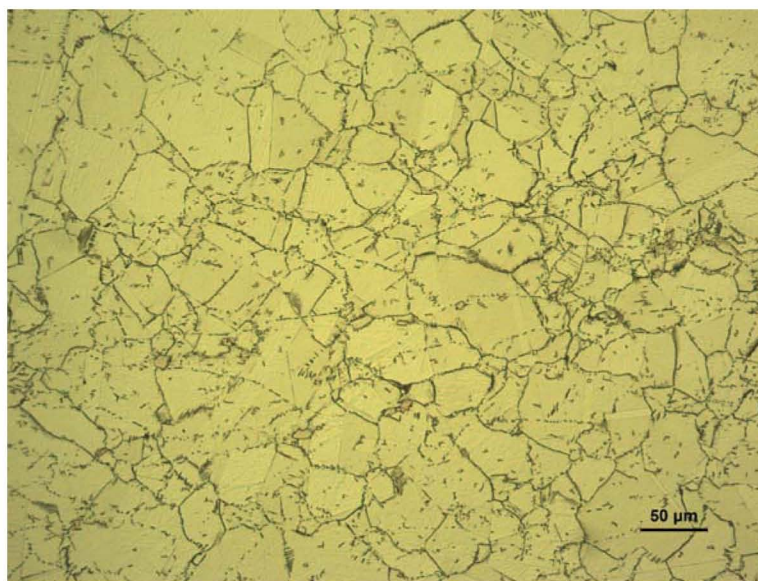
图A.3 碳氮化物偏聚极限照片 (100X)



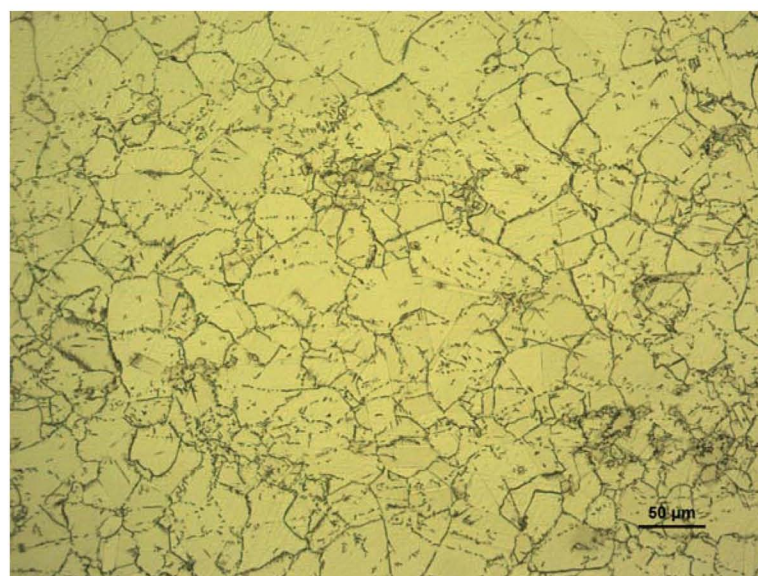
图A. 4 纵条状碳化物标准极限照片（50X）



图A. 5 网状碳化物标准极限照片（50X）



图A.6 a) δ (Ni_3Nb)相可接受极限照片 (250X)



图A.6 b) δ (Ni_3Nb)相不可接受极限照片 (250X)