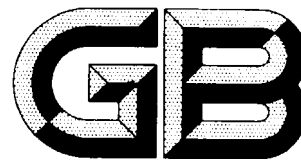


ICS 77.120.99

H 14



中华人民共和国国家标准

GB/T 23605—××××

代替GB/T 23605—2009

钛合金 β 转变温度测定方法

Method of β transus temperature determination of titanium alloys

(送审稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准代替GB/T 23605-2009《钛合金 β 转变温度测定方法》。

本标准与GB/T 23605-2009相比，主要有以下变动：

——修改要素“方法原理”为“原理”，并将“初生 α ”改为“初生 α 相或时效析出 α 相”（见第4章，2009年版的第4章）；

——修改要素“取样要求”为“试样”，并修改了相对应的试样要求（见第5章，2009年版的5.1和5.2）；

——修改要素“试验设备要求”为“仪器设备”，并修改了相对应的要求（见第6章，2009年版的6.1，6.2和6.3）；

——修改要素“试验条件和要求”和“金相试样制备及检验要求”为“试验步骤”，并修改了试样的保温时间、淬火延迟时间和热处理温度间隔的要求（见第7章，2009年版的7.1.1，7.1.2和7.2.1）；删除了“推荐试样淬火后进行普通退火”的规定（见2009年版的7.1.3）；增加了试样的腐蚀和检验用放大倍数的规定（见7.2.2，7.2.3和7.2.4）；

——修改要素“试验结果的判定”为“结果的判定”，并修改了 β 转变温度的判定方法和结果的表示方式（见第8章，2009年版的9.1）；

——修改要素“检验报告”为“试验报告”，并修改了相对应的内容（见第9章，2009年版的第10章）；

——修改了附录B，并列举了 α 、 $\alpha-\beta$ 和亚稳定 β 型钛合金 β 转变温度判定的典型淬火组织图片（见附录B，2009年版的附录B）；

本标准由中国有色金属工业协会提出。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）归口。

本标准起草单位：xxxx

本标准主要起草人：xxx

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 23605-2009。

钛合金 β 转变温度测定方法

1 范围

本标准规定了金相法测定钛合金 β 转变温度的试样、仪器设备、试验步骤、结果的判定、试验报告等内容的要求。

本标准适用于采用金相法测定 α 、 $\alpha-\beta$ 和亚稳定 β 型钛合金的 β 转变温度。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的，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。

GB/T 5168 钛及钛合金高低倍组织检验方法

GB/T 9452 热处理炉有效加热区测定方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准

3.1 β 转变温度 β transus temperature

钛合金在加热过程中全部转变为 β 相组织的最低温度，用 T_{β} 表示。

4 原理

α 型、 $\alpha-\beta$ 型和亚稳定 β 型钛合金经熔炼、热变形、退火和固溶时效后都含有一定数量的初生 α 相或时效析出 α 相。随温度的升高，钛合金中 α 相逐渐减少，达到某一临界温度后，将全部转变为 β 相组织，在该临界温度保持一定时间后快速淬火，可以得到没有 α 相的针状马氏体或亚稳定 β 相组织。通过观察一组按照预设温度间隔，进行不同温度淬火处理后试样的金相组织就能确定钛合金的 β 转变温度。

5 试样

5.1 试样根据需要可取自产品加工过程的任一环节，即铸锭、棒坯、锻坯及板坯等中间坯料，或棒材、板材等加工产品。同组试样坯应取自产品的相同加工环节。若产品标准对取样要求有规定时，应按产品标准执行。

5.2 切取试样时，应避免变形和过热，试样的待检验面应能较好地代表材料整个横截面组织。

5.3 试样通常为直径 10 mm~12 mm，高 15 mm 的圆柱或者边长 10 mm~12 mm，高 15 mm 的长方体。

5.4 每组试样的数量通常为 5 个，也可适当增减。

5.5 对于热态和固溶的亚稳定 β 型钛合金相变点测试，必要时，试样坯应先进行热处理：推荐 TB2、TB3 和 TB5 的热处理制度为：650 °C ± 10 °C / 1 h 随炉冷至 550 °C ± 10 °C 空冷。

6 仪器设备

6.1 金相法测定钛合金 β 转变温度用的热处理炉可采用箱式电阻炉或管式电阻炉，箱式电阻炉必须具备加载热电偶的功能。电阻炉有效工作区的炉温均匀性和负载测温系统精度应不劣于 ± 3 °C。

6.2 热处理用电阻炉有效工作区的炉温均匀性测试应按 GB/T 9452 的规定执行。

6.3 观察试样用显微镜应经计量校准合格，并在有效使用期内。

7 试验步骤

7.1 试样热处理

7.1.1 在材料的理论 β 转变温度附近，选取 5 个试验温度点，以 5 °C 的间隔对一组（5 个）试样依次进行热处理。也可在保证试验结果准确度的前提下，适当增减试验温度点的个数。部分牌号钛合金的 β 转变温度参考范围见附录 A 中表 A.1。

7.1.2 当不同组试样的某一个试验温度点相同时，允许多个试样同时装炉进行热处理，但最多不得超过 5 个，并做好试样区分标识。所有试样应放在电阻炉有效工作区内。

7.1.3 采用箱式炉加热时，为确保电阻炉有效工作区的炉温均匀性推荐使用耐热不锈钢制的保温罩。先将保温罩放在炉膛有效工作区内，然后将试样放入保温罩里，负载热电偶应在试样的正上方接触放置。在试样保温阶段，负载热电偶显示的温度波动范围不允许超出设定加热温度的 ± 3 °C。

7.1.4 试样保温时间为 35 min \pm 5 min。应以炉膛有效工作区达到设定温度起开始计算保温时间。若采用负载热电偶，以保温结束时负载热电偶显示的温度作为测试样品的实际温度。

7.1.5 保温结束后，迅速取出试样并立即置入水槽中淬火。淬火水液的体积应不小于 25 L，淬火水温应不高于 25 °C，试样的淬火延迟时间应不超过 3 s。

7.2 试样制备及检验

7.2.1 淬火后，试样待检验面至少应去除 2 mm，确保完全去除氧化层。

7.2.2 按 GB/T 5168 规定的方法制备金相试样，推荐采用下述腐蚀剂进行组织显示：

α 型钛合金：10 mL HF+20 mL HNO₃+70 mL H₂O；

α - β 和亚稳定 β 型钛合金：2 mL HF+4 mL HNO₃+94 mL H₂O；

注1：HF（氢氟酸）质量分数为40%~42%，HNO₃（硝酸）质量分数为65%~68%。

当 α 和 α - β 型钛合金淬火组织中 α 相不易判定时，为提高金相组织衬度，推荐可使用 2% NH₄HF₂（g/L）擦拭数秒以更清楚的显示 α 相。

7.2.3 应根据试样淬火组织的大小或形态采用合适的放大倍数观察试样的横截面组织。

7.2.4 考虑到试样不同部位的微观成分波动对显微组织的影响，应在试样的中心和二分之一半径处至少观察 5 个视场，选择有代表性的视场测定 α 含量。

7.2.5 α 相含量的测定可采用图片比较法、图像分析软件或计算法。

8 结果的判定

8.1 不同牌号或加工工艺的钛合金 α \rightarrow β 相转变速度不同，试样淬火组织中 α 相含量从 1%减少至 0% 所需的温度范围有差异，按照窄温度范围与宽温度范围分别规定 β 转变温度判定方法。

a. 窄温度范围：试样淬火组织中 α 相含量从 1%减少至 0%，转变温度范围不大于 10°C 的合金， β 转变温度为 α 相含量为 0% 的试样代表的热处理温度和相邻 α 相含量大于 0% 的试样代表的热处理温度的平均值，结果保留整数。

b. 宽温度范围：试样淬火组织中 α 相含量从 1%减少至 0%，转变温度范围大于 10°C 的合金， β 转变温度为 α 相含量大于 0% 的试样代表的最高热处理温度和相邻较低的热处理温度的平均值，结果保留整数。

8.2 典型的 α 型、 α - β 型和亚稳定 β 型钛合金的 β 转变温度判定图片示例见附录 B。采用图片比较法进行结果判定时，应选择与图片一致的放大倍数。

8.3 当采用其他方法测定的 β 转变温度结果与金相法的测定结果有争议时，应以金相法测定的结果为准。

9 试验报告

试验报告至少应给出以下几个方面内容：

- 产品名称、牌号、锭号、炉批号和规格；
- 本标准编号（包括发布或出版年号）；
- 测定结果；
- 热处理炉型号/编号；
- 试验者和审核者；
- 试验日期；
- 观察到的异常现象；

附录 A

(资料性附录)

钛合金 β 转变温度的参考范围A.1 各种常见牌号钛合金 β 转变温度的参考范围见表A.1。

表 A.1

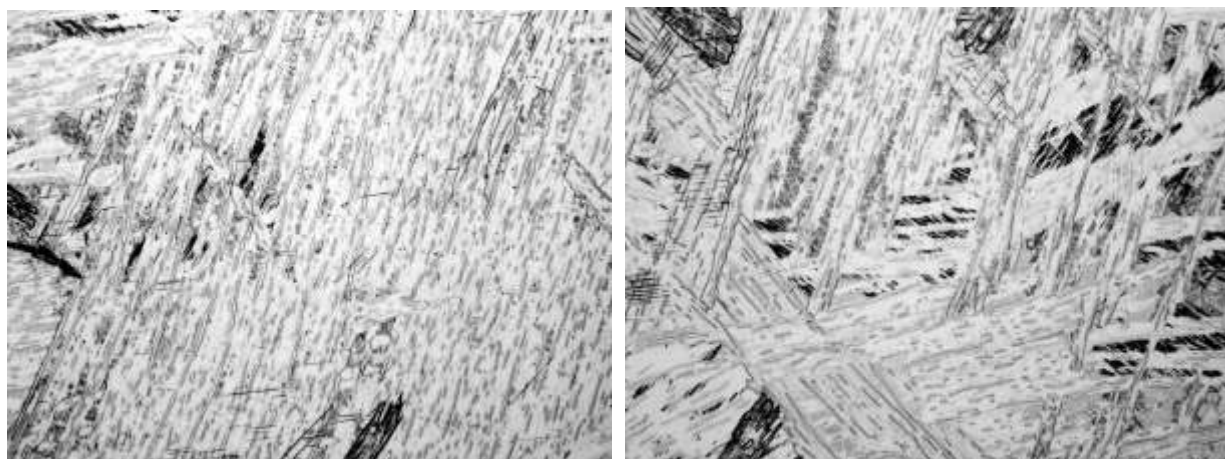
| 合金牌号 | T_{β} , °C | 合金牌号 | T_{β} , °C |
|------|------------------|------------|------------------|
| TA5 | 980~1020 | TC2 | 955~995 |
| TA7 | 1000~1040 | TC4 | 970~1010 |
| TA11 | 1020~1050 | TC4ELI | 940~980 |
| TA15 | 980~1010 | TC6 | 960~990 |
| TA16 | 930~970 | TC9, TC11 | 980~1020 |
| TA17 | 960~990 | TC16, TC18 | 840~880 |
| TA18 | 920~950 | TC17 | 875~915 |
| TA19 | 980~1020 | TC21 | 950~990 |
| TA21 | 870~910 | TB2 | 730~770 |
| TA22 | 930~970 | TB3 | 730~770 |
| TA24 | 940~980 | TB6 | 780~820 |
| TC1 | 890~930 | TB8 | 790~830 |

附 录 B

(资料性附录)

各类钛合金 β 转变温度判定的典型淬火组织图片

- B. 1 TA5-A α 型钛合金铸态的典型淬火组织图片见图B. 1
- B. 2 TA5-A α 型钛合金锻坯的典型淬火组织图片见图B. 2
- B. 3 TA5-A α 型钛合金加工产品的典型淬火组织图片见图B. 3
- B. 4 TA15 $\alpha - \beta$ 型钛合金铸态的典型淬火组织图片见图B. 4
- B. 5 TA15 $\alpha - \beta$ 型钛合金加工产品的典型淬火组织图片见图B. 5
- B. 6 TC2 $\alpha - \beta$ 型钛合金铸态的典型淬火组织图片见图B. 6
- B. 7 TC2 $\alpha - \beta$ 型钛合金加工产品的典型淬火组织图片见图B. 7
- B. 8 TC6 $\alpha - \beta$ 型钛合金铸态的典型淬火组织图片见图B. 8
- B. 9 TC6 $\alpha - \beta$ 型钛合金加工产品的典型淬火组织图片见图B. 9
- B. 10 TC4 $\alpha - \beta$ 型钛合金加工产品的典型淬火组织图片见图B. 10
- B. 11 TC4ELI $\alpha - \beta$ 型钛合金加工产品的典型淬火组织图片见图B. 11
- B. 12 TC17 $\alpha - \beta$ 型钛合金铸态的淬火组织图片见图B. 12
- B. 13 TC17 $\alpha - \beta$ 型钛合金锻坯的淬火组织图片见图B. 13
- B. 14 TC17 $\alpha - \beta$ 型钛合金加工产品的淬火组织图片见图B. 14
- B. 15 TB6 亚稳定 β 型钛合金加工产品的淬火组织图片见图B. 15
- B. 16 TB2 亚稳定 β 型钛合金热态锻棒的淬火组织图片见图B. 16



a) 995 °C

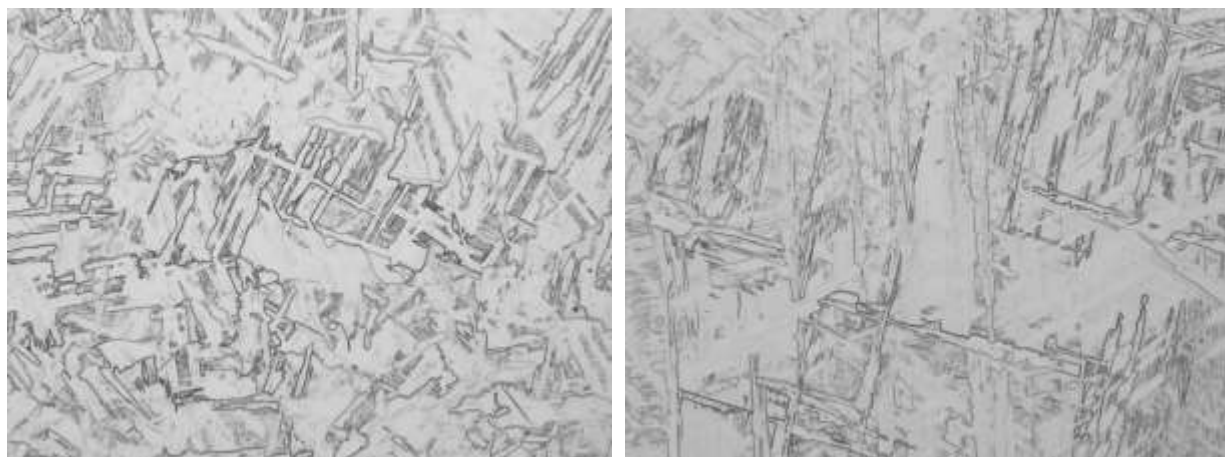
b) 1000 °C



c) 1005 °C

β 转变温度 T_{β} : 1002 °C

图B.1 TA5-A铸态的淬火组织图片(窄温度范围) 200X



a) 995 °C

b) 1000 °C



c) 1005 °C

β 转变温度 T_{β} : 1002 °C

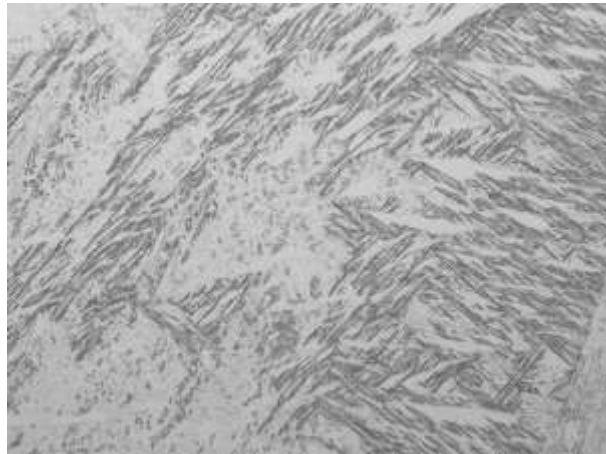
图B.2 TA5-A锻坯的淬火组织图片(窄温度范围) 200X (Φ1260×60饼材)



a) 995 °C



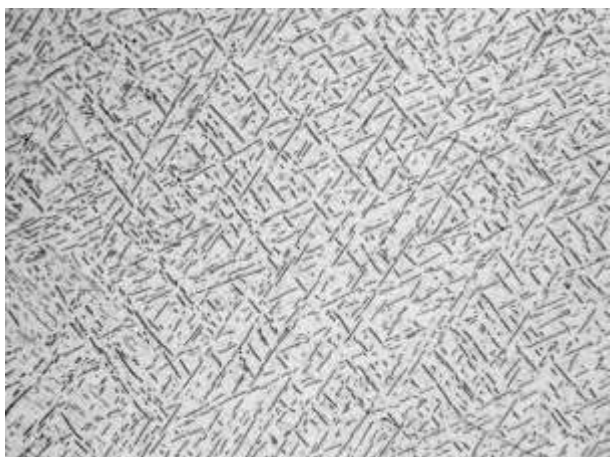
b) 1000 °C



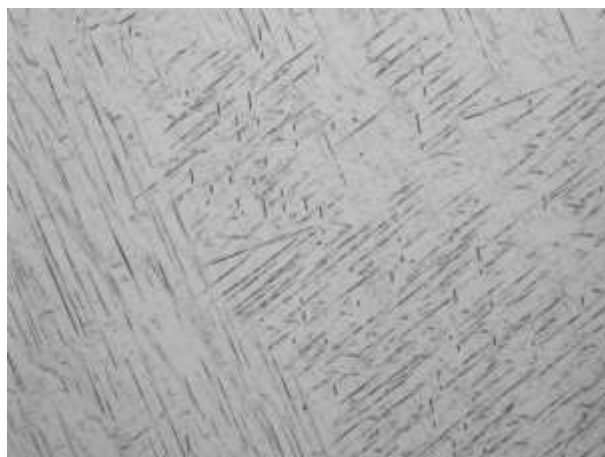
c) 1005 °C

β 转变温度 T_{β} : 1002 °C

图B.3 TA5-A加工产品的淬火组织图片(窄温度范围) 200X (Φ1260×60饼材)



a) 990 °C



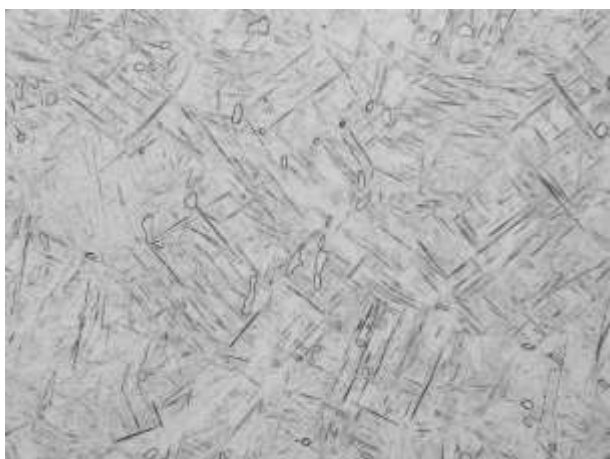
b) 995 °C



c) 1000 °C

β 转变温度 T_{β} : 997 °C

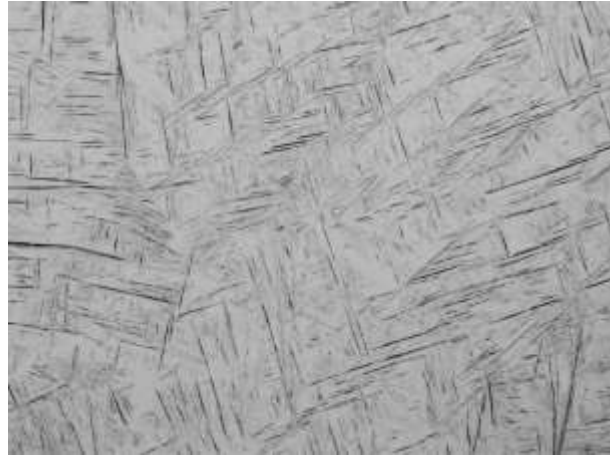
B.4 TA15铸态的淬火组织图片(窄温度范围) 200X



a) 990 °C



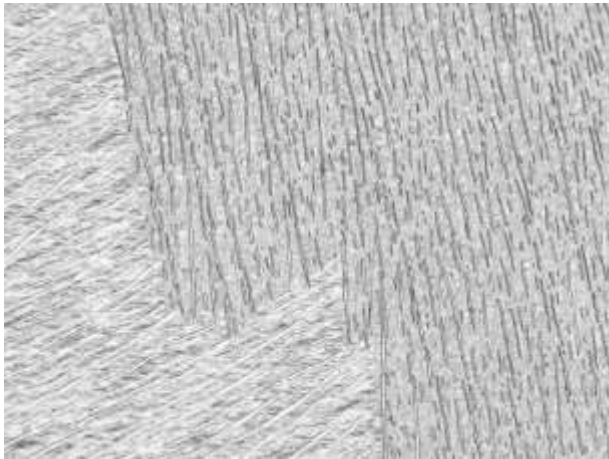
b) 995 °C



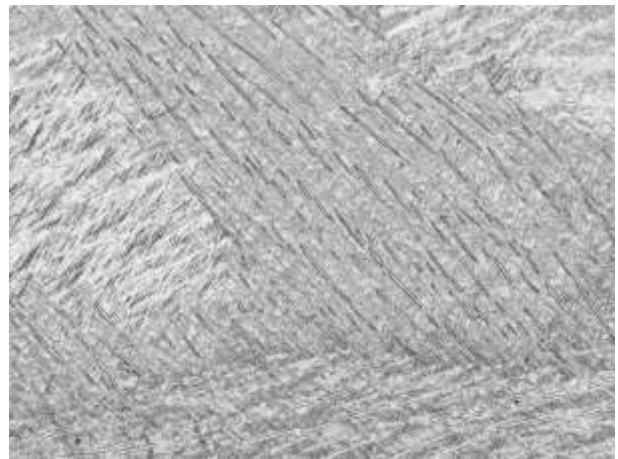
c) 1000 °C

β 转变温度 T_{β} : 997 °C

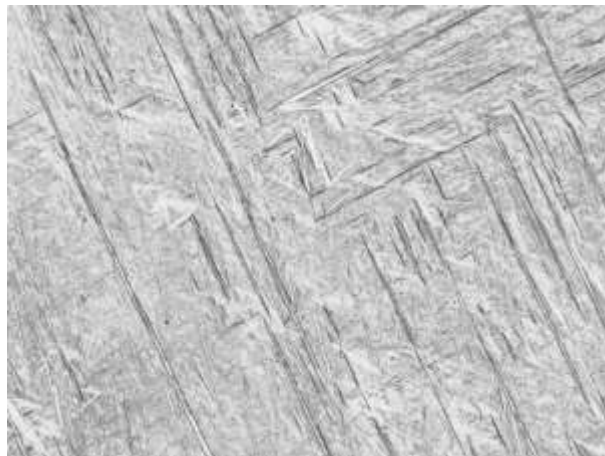
图B.5 TA15加工产品的淬火组织图片(窄温度范围) 200X (\varnothing 300棒材)



a) 970 °C



b) 975 °C



c) 980 °C

β 转变温度 T_{β} : 977 °C

图B.6 TC2铸态的淬火组织图片(窄温度范围) 200X



a) 965 °C

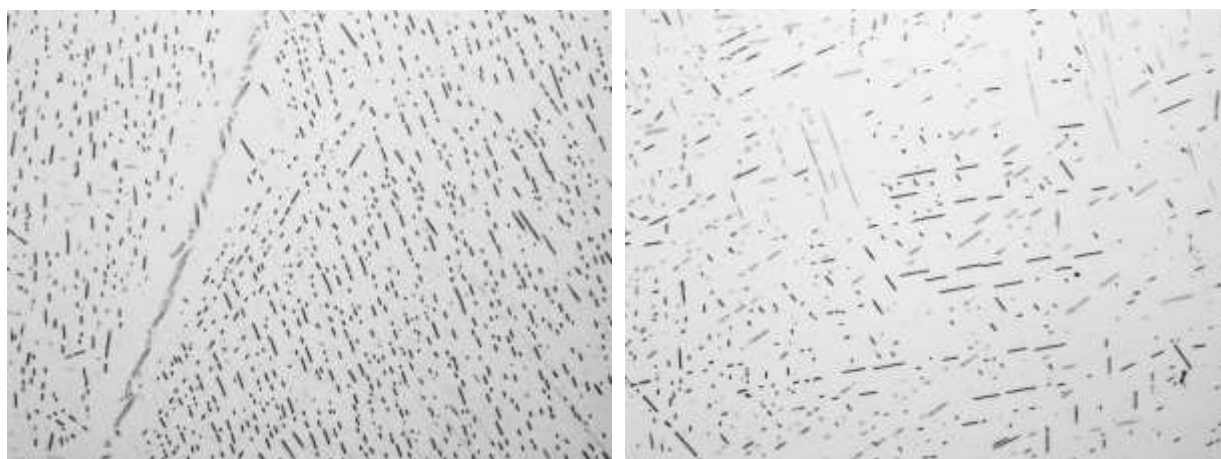
b) 970 °C



c) 975 °C

β 转变温度 T_{β} : 972 °C

图B.7 TC2加工产品的淬火组织图片(窄温度范围) 200X (ϕ 55棒材)



a) 970 °C

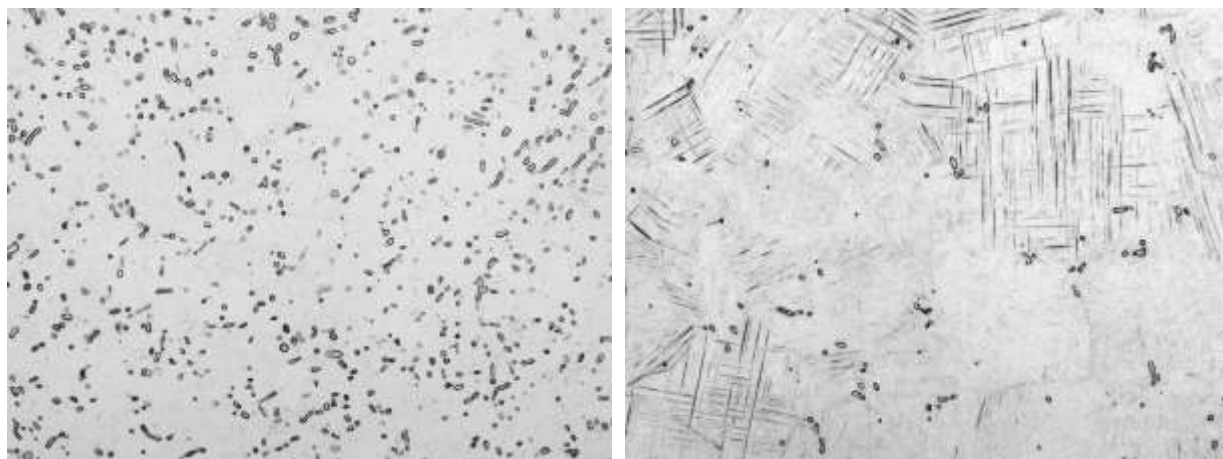
b) 975 °C



c) 980 °C

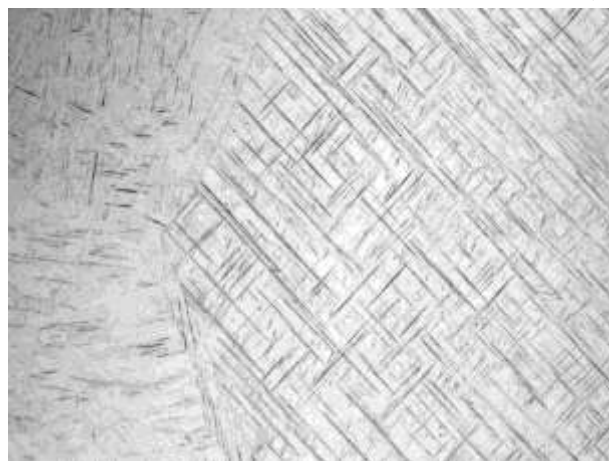
β 转变温度 T_{β} : 977 °C

图B.8 TC6铸态的淬火组织图片(窄温度范围) 200X



a) 975 °C

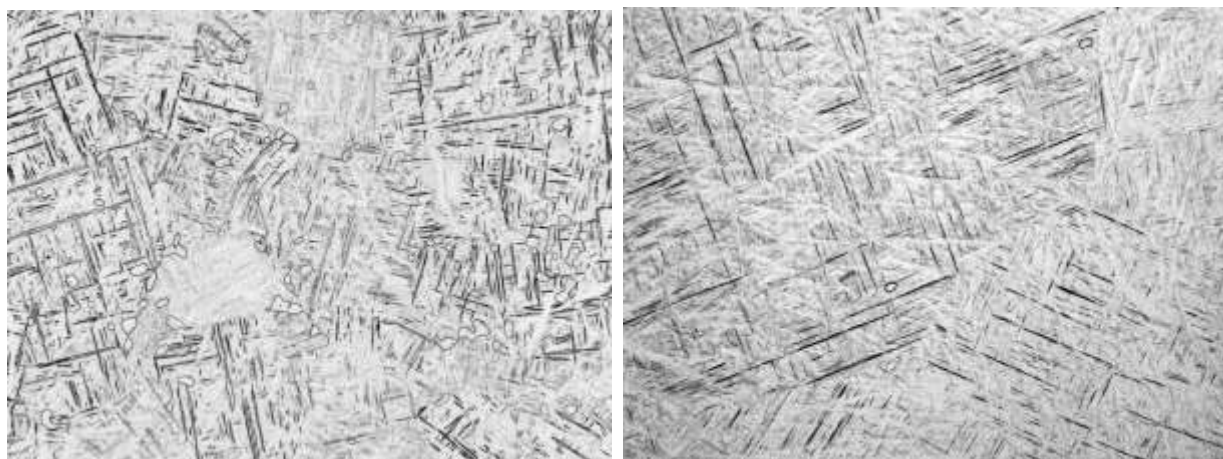
b) 980 °C



c) 985 °C

β 转变温度 T_{β} : 982 °C

图B.9 TC6加工产品的淬火组织图片(窄温度范围) 200X (Φ48棒材)



a) 985 °C

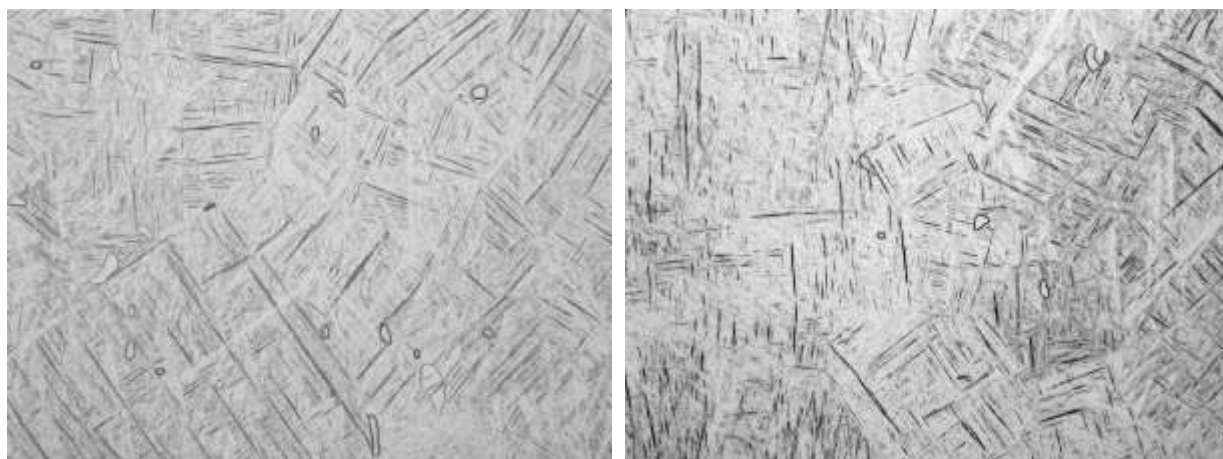
b) 990 °C



c) 995 °C

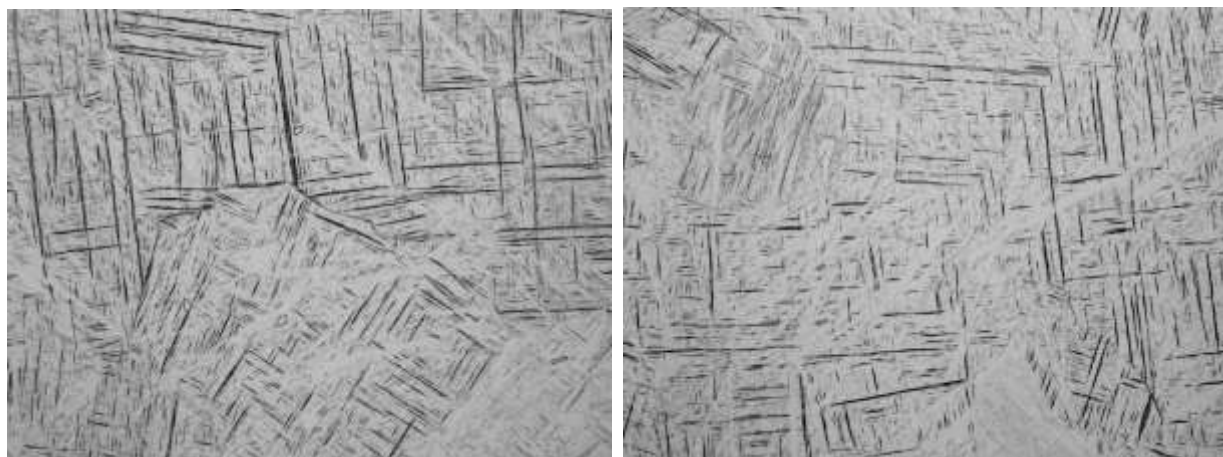
β 转变温度 T_{β} : 992 °C

图B.10 TC4棒材加工产品的淬火组织图片(窄温度范围) 200X



a) 975 °C

b) 980 °C

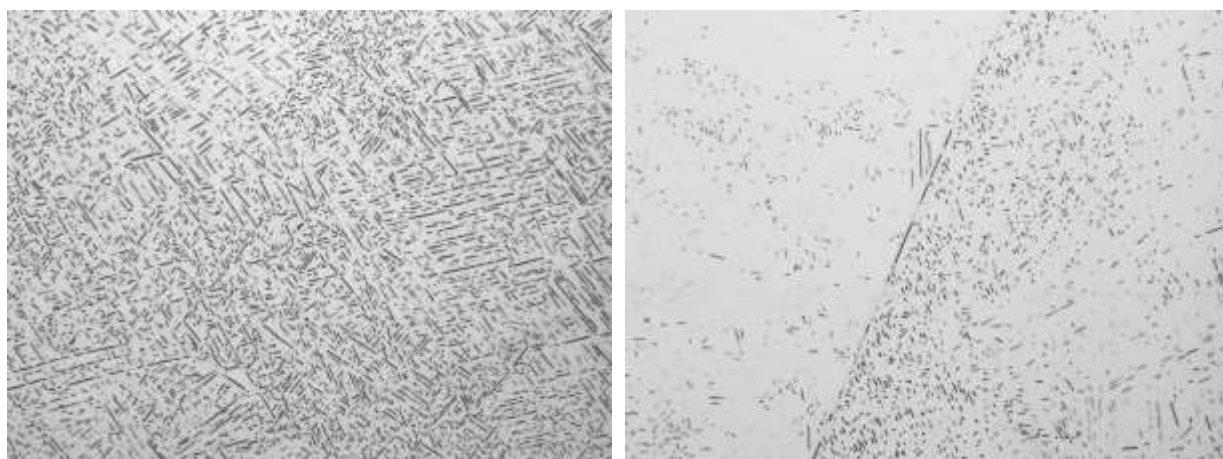


c) 985 °C

d) 990 °C

β 转变温度 T_{β} : 982 °C

图B.11 TC4ELI棒材加工产品的淬火组织图片(宽温度范围) 200X



a) 885 °C

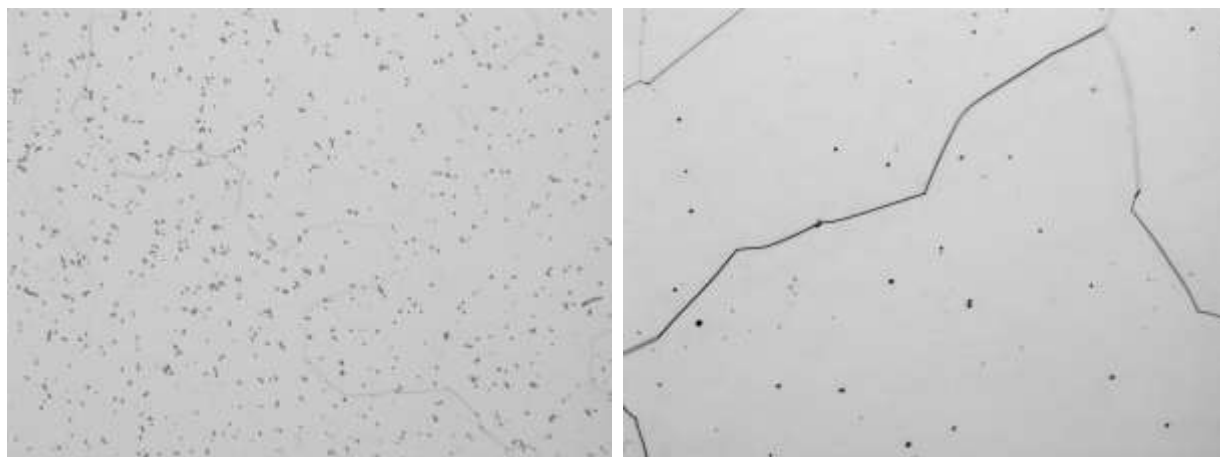
b) 890 °C



c) 895 °C

β 转变温度 T_{β} : 892 °C

图B.12 TC17 铸态的淬火组织图片(窄温度范围) 200X



a) 885°C

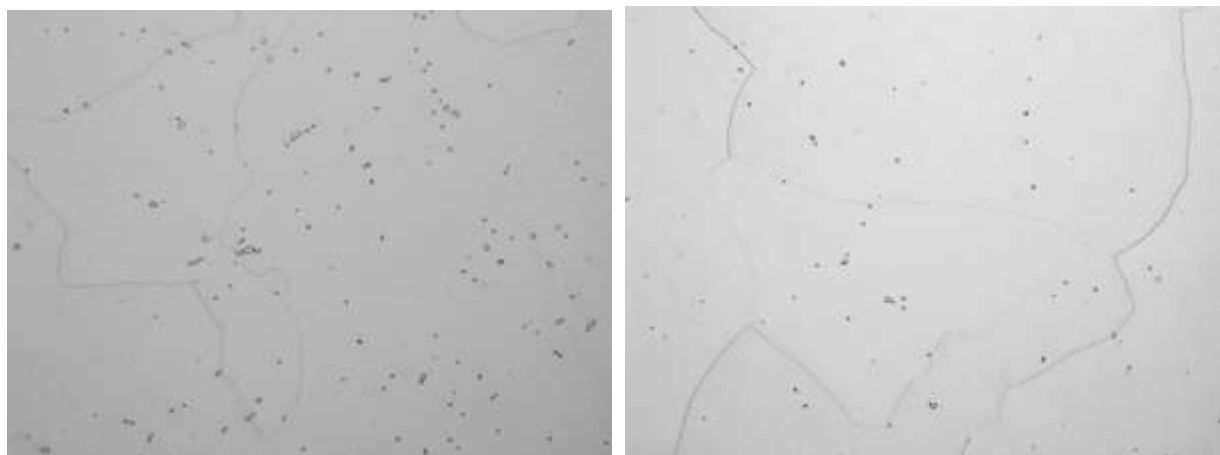
b) 890°C



c) 895 °C

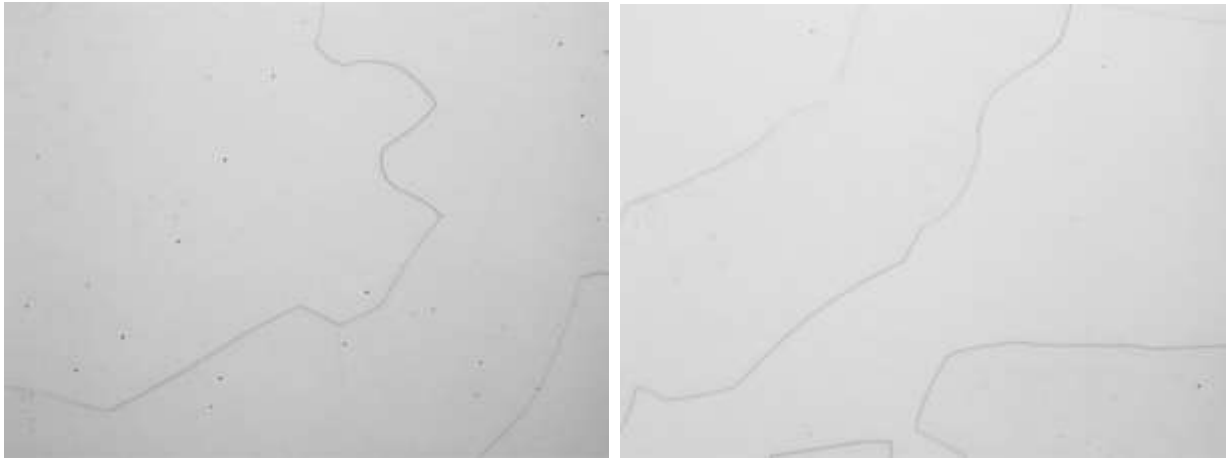
β 转变温度 T_{β} : 892 °C

图B.13 TC17锻坯的淬火组织图片(窄温度范围) 200X (Φ250棒材)



a) 890°C

b) 895 °C

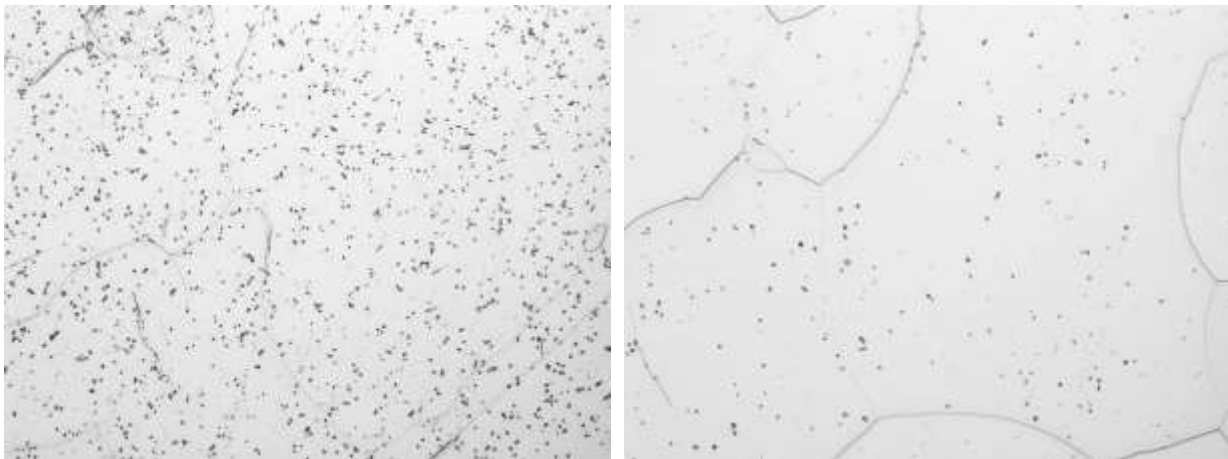


c) 900 °C

d) 905 °C

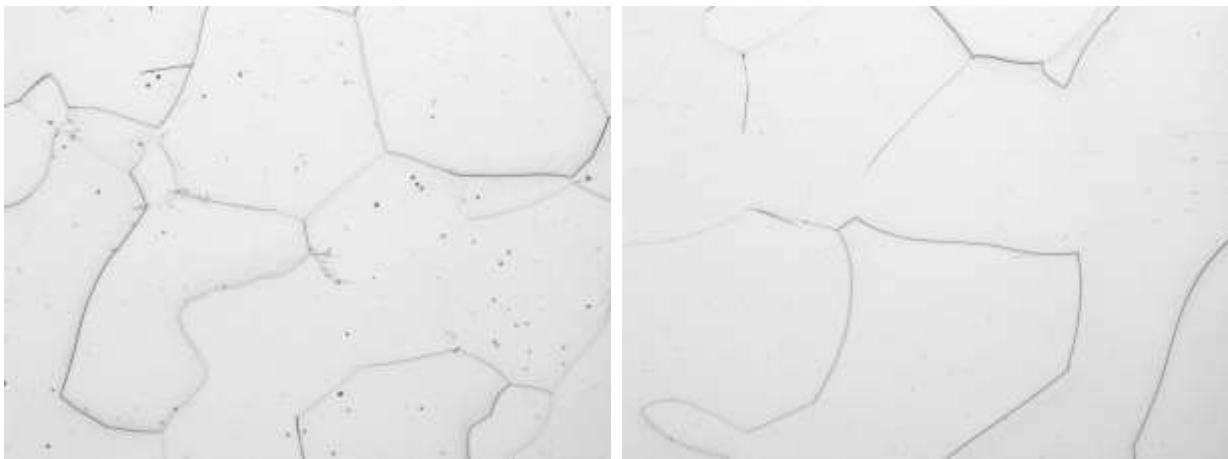
β 转变温度 T_{β} : 897 °C

图B.14 TC17加工产品的淬火组织图片(宽温度范围) 200X (Φ250棒材)



a) 795 °C

b) 800 °C

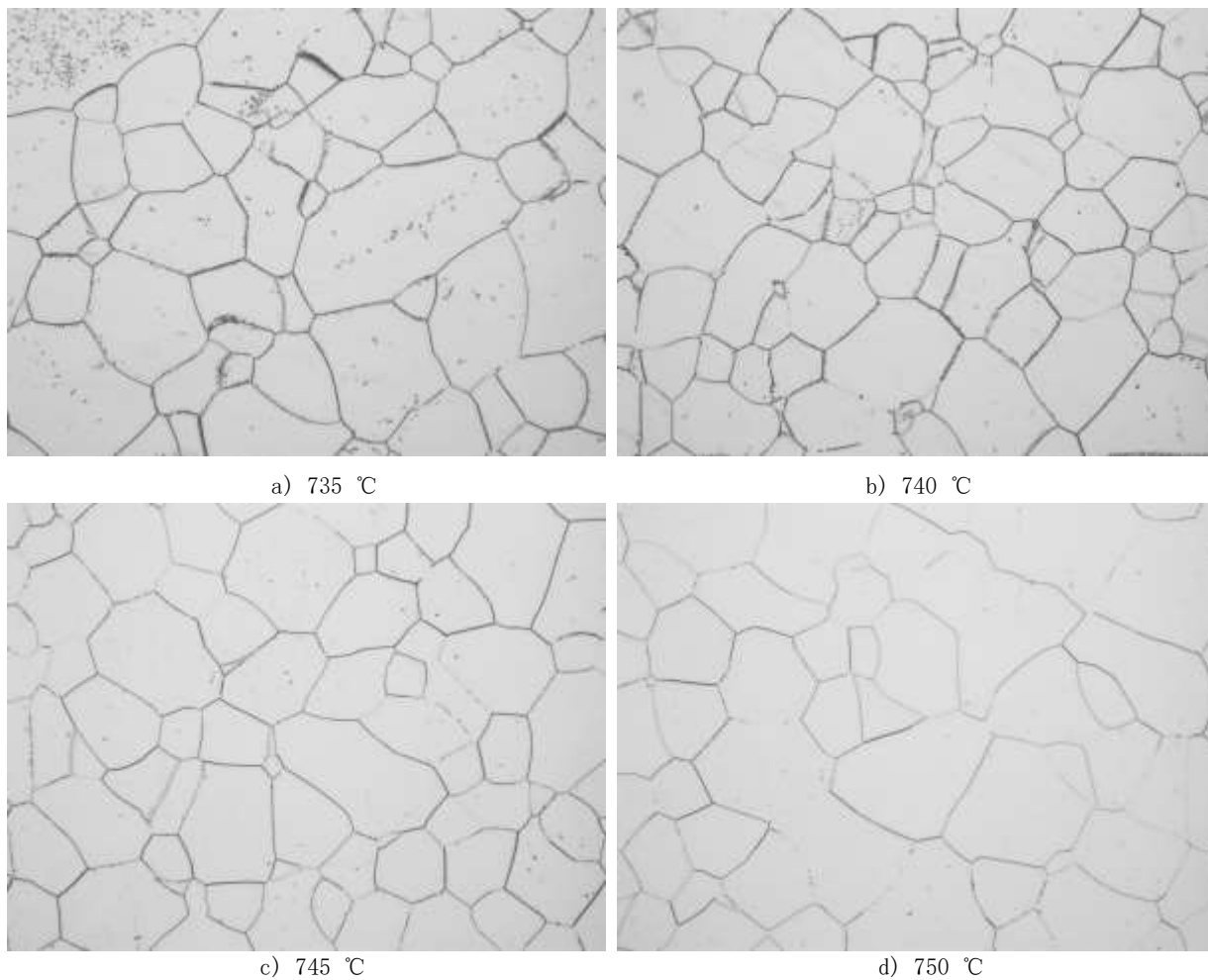


c) 805 °C

d) 810 °C

β 转变温度 T_{β} : 802 °C

图B.15 TB6加工产品的淬火组织图片(宽温度范围) 200X (Φ130棒材)



β 转变温度为 T_{β} : 742 °C

图B.16 TB2热态锻棒的淬火组织图片(宽温度范围) 200X

注：试样经650 °C ± 10 °C/1h随炉冷至550 °C ± 10 °C空冷热处理后再进行淬火