



中华人民共和国国家标准

GB/T 23605—2020
代替 GB/T 23605—2009

钛合金 β 转变温度测定方法

Determination of β transus temperature of titanium alloys

2020-03-06 发布

2021-02-01 实施

国家市场监督管理总局
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,除编辑性修改外,主要技术变化如下:

- 删除了规范性引用文件 GB/T 13298(见第 2 章,2009 年版的第 2 章);
- 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 年版的第 5 章);
- 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 年版的第 6 章);
- 修改要素“试验条件和要求”为“试验步骤”,并修改了试样热处理温度的间隔、试样的保温时间和淬火延迟时间的要求(见 7.1,2009 年版的第 7 章);
- 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);
- 修改要素“金相试样制备及检验要求”为“试验步骤”,并修改了相对应的要求(见第 7 章,2009 年版的第 8 章);
- 增加了试样的腐蚀和检验用放大倍数的规定(见 7.2.2 和 7.2.3);
- 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 型、 α - β 型和亚稳定 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:宝钛集团有限公司、宝鸡钛业股份有限公司、有色金属技术经济研究院、宝钢特钢有限公司、西北有色金属研究院、西部金属材料股份有限公司、西部超导材料科技股份有限公司。

本标准主要起草人:穆丹宁、史文、李剑、李笑、张雷、解晨、冯军宁、白智辉、冯永琦、顾艳、王松茂、马红征、朱静、高颀、贾栓孝。

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 转变温度的原理、试样、仪器设备、试验步骤、试验结果的判定、和试验报告。

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

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件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文件。

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、 α - β 型和亚稳定 β 型钛合金经熔炼、热变形、退火和固溶时效后均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。通过观察按照预设温度间隔并进行不同温度淬火处理后试样的金相组织来确定钛合金的 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 试样宜为直径 10 mm~12 mm、高 15 mm 的圆柱,或边长 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 热态和固溶态的亚稳定 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:在 $650\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下保温 1 h 后,随炉冷至 $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,空冷。

6 仪器设备

6.1 热处理炉可采用箱式电阻炉或管式电阻炉,箱式电阻炉应具备加载负载热电偶的功能。电阻炉有效工作区的炉温均匀性应不低于 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

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 金相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 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 转变温度参考范围参见附录 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,但最多不应超过 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 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.1.4 试样保温时间为 $35\text{ min}\pm 5\text{ min}$ 。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 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,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 试样淬火后,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:

- a) α 型钛合金: $10\text{ mL HF}+20\text{ mL HNO}_3+70\text{ mL H}_2\text{O}$;
- b) α - β 型和亚稳定 β 型钛合金: $2\text{ mL HF}+4\text{ mL HNO}_3+94\text{ mL H}_2\text{O}$;
- c) 对 α 或 α - β 型钛合金,采用规定的腐蚀剂腐蚀后,淬火组织中 α 相仍难以判定时,为提高金相组织衬度,推荐可再使用 20 g/L 的 NH_4HF_2 擦拭试样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 相含量。

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 试验结果的判定

8.1 不同牌号或加工工艺的钛合金中 α 相转变为 β 相的速度不同,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 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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℃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 型及亚稳定 β 型钛合金的 β 转变温度判定图片示例参见附录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的内容:

- 产品名称、牌号、锭号、炉批号和规格;
- 本标准编号;
- 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

各种常见牌号钛合金 β 转变温度的参考范围见表 A.1。

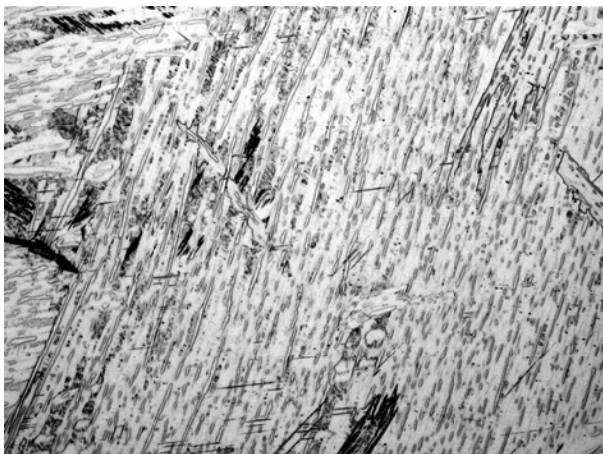
表 A.1 常见牌号钛合金 β 转变温度的参考范围

合金牌号	$T_{\beta}/^{\circ}\text{C}$	合金牌号	$T_{\beta}/^{\circ}\text{C}$
TA5	980~1 020	TC2	955~995
TA7	1 000~1 040	TC4	970~1 010
TA11	1 020~1 050	TC4ELI	940~980
TA15	980~1 010	TC6	960~990
TA16	930~970	TC9,TC11	980~1 020
TA17	960~990	TC16,TC18	840~880
TA18	920~950	TC17	875~915
TA19	980~1 020	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

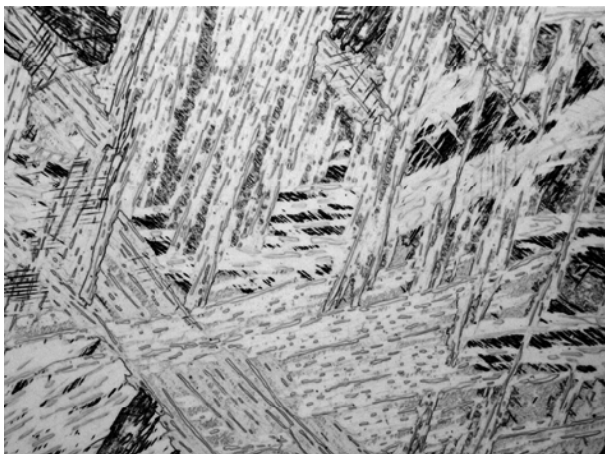
附 录 B
(资料性附录)

各类钛合金 β 转变温度判定的典型淬火组织图片

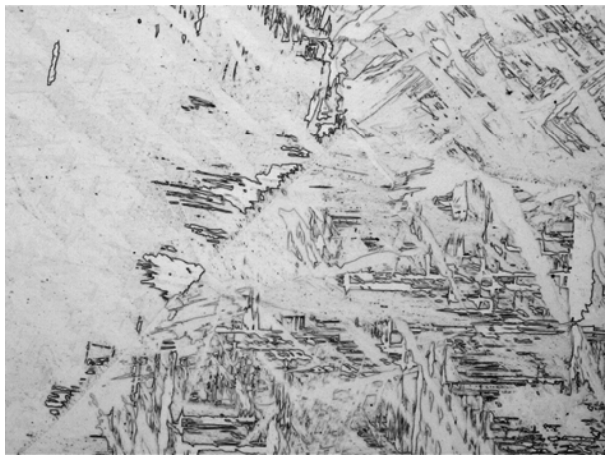
α 型、 α - β 型及亚稳定 β 型钛合金的 β 转变温度判定典型淬火组织见图 B.1~图 B.16。其中图 B.1~图 B.3 为 α 型钛合金的典型淬火组织,图 B.4~图 B.14 为 α - β 型钛合金的典型淬火组织,图 B.15~图 B.16 为亚稳定 β 型钛合金的典型淬火组织。



a) 995 °C



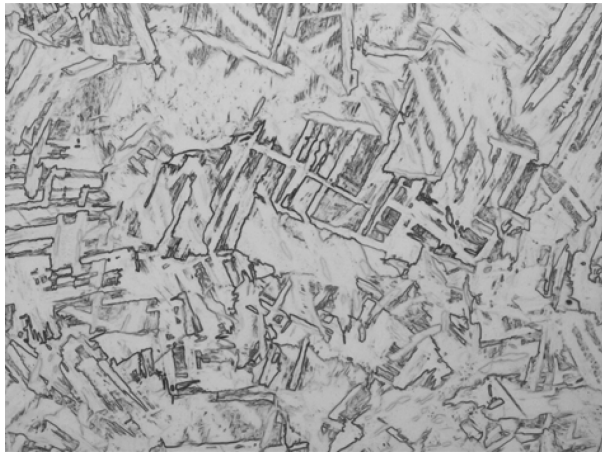
b) 1 000 °C



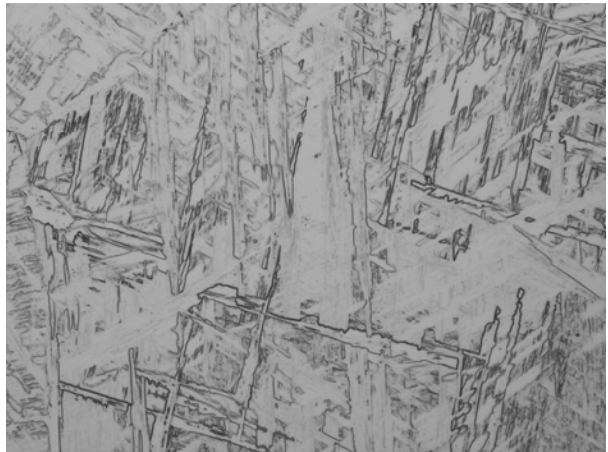
c) 1 005 °C

T_{β} : 1 002 °C。

图 B.1 TA5-A 铸态的淬火组织(200×)(窄温度范围)



a) 995 °C



b) 1 000 °C



c) 1 005 °C

$T_p: 1\,002\text{ °C}$ 。

图 B.2 TA5-A 加工产品的淬火组织(200×)(窄温度范围)

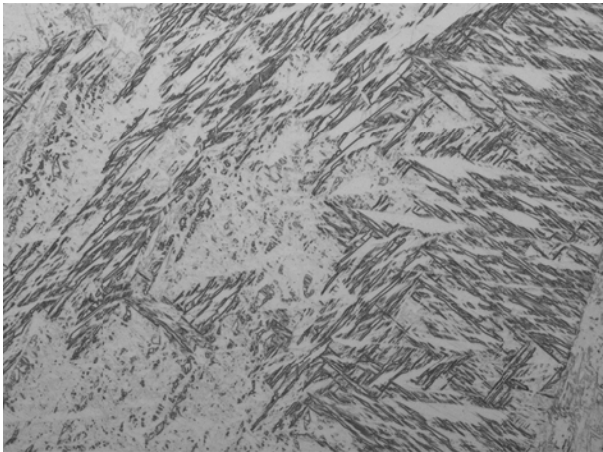


a) 995 °C



b) 1 000 °C

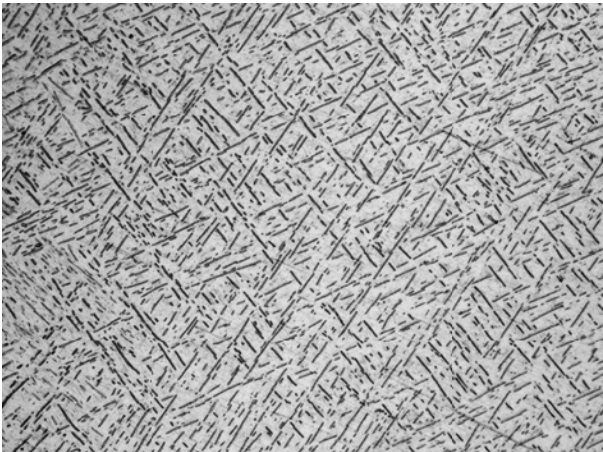
图 B.3 TA5-A 加工产品的淬火组织(200×)(窄温度范围)



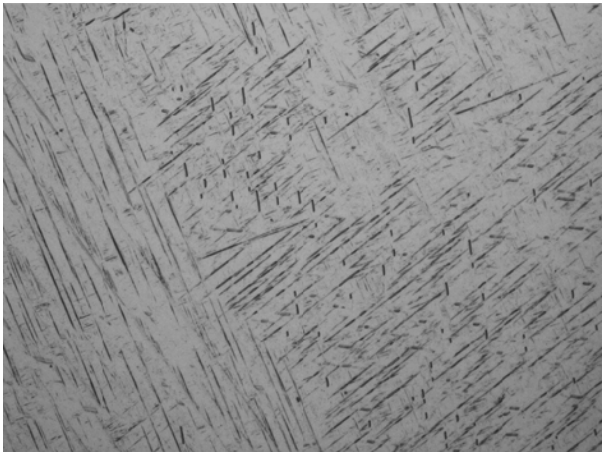
c) 1 005 °C

T_{β} :1 002 °C。

图 B.3 (续)



a) 990 °C



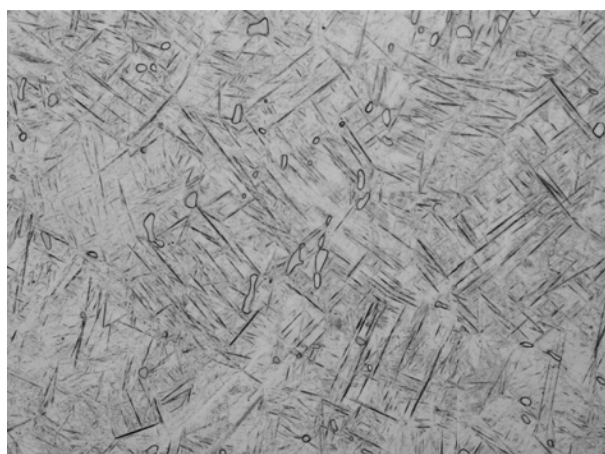
b) 995 °C



c) 1 000 °C

T_{β} :997 °C。

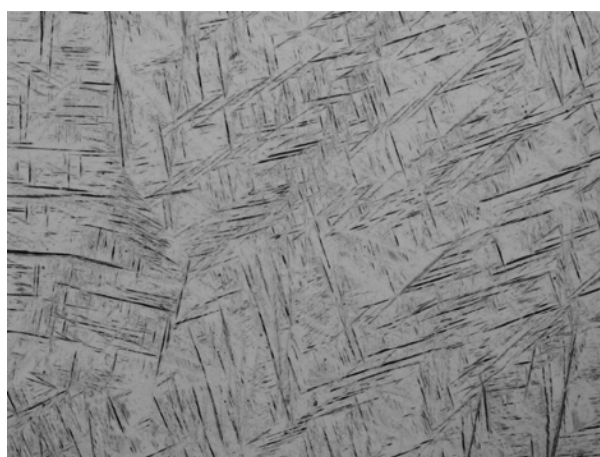
图 B.4 TA15 铸态的淬火组织(200×)(窄温度范围)



a) 990 °C



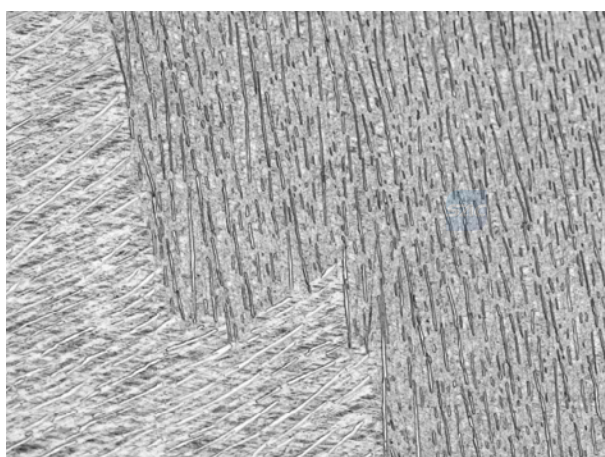
b) 995 °C



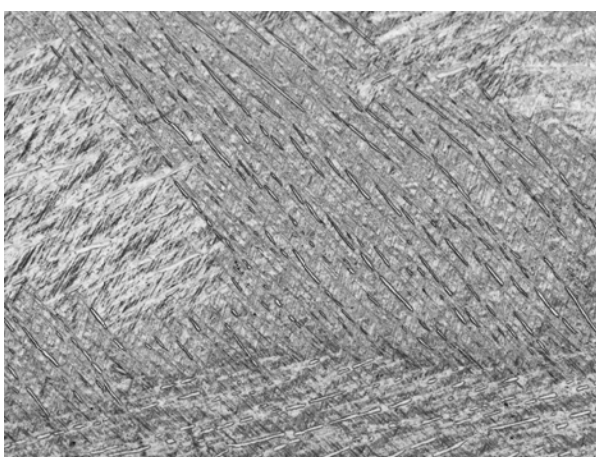
c) 1 000 °C

$T_p: 997\text{ °C}$ 。

图 B.5 TA15 加工产品的淬火组织(200×)(窄温度范围)

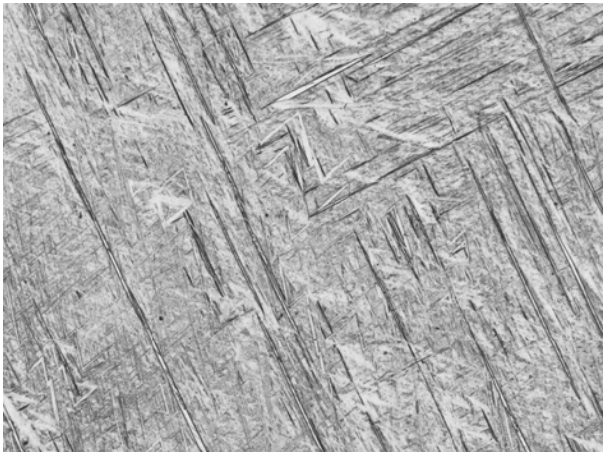


a) 970 °C



b) 975 °C

图 B.6 TC2 铸态的淬火组织(200×)(窄温度范围)



c) 980 °C

T_{β} :977 °C。

图 B.6 (续)



a) 965 °C



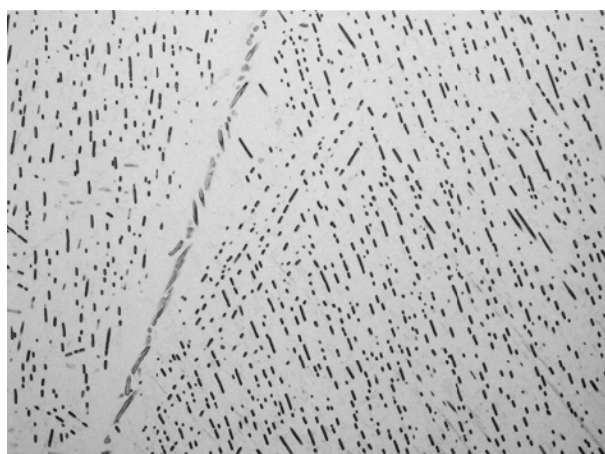
b) 970 °C



c) 975 °C

T_{β} :972 °C。

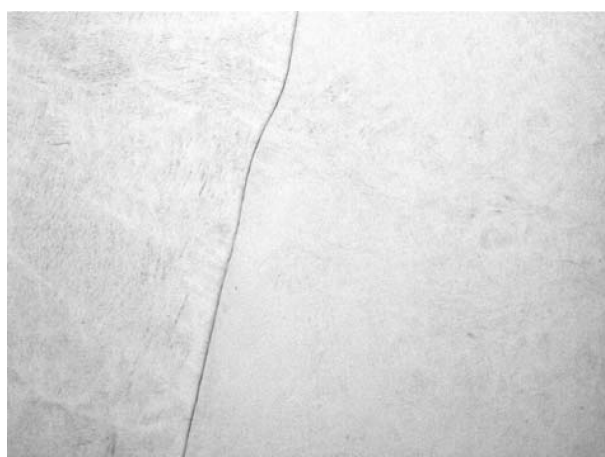
图 B.7 TC2 加工产品的淬火组织(200×)(窄温度范围)



a) 970 °C



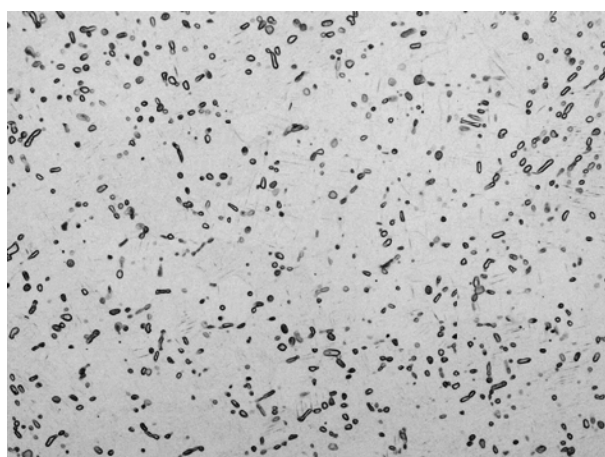
b) 975 °C



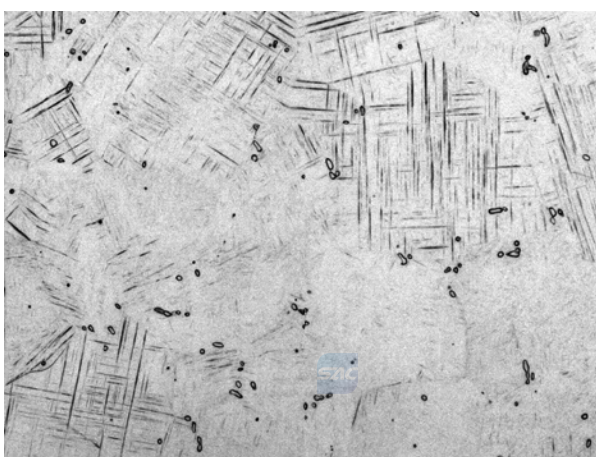
c) 980 °C

$T_p: 977\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

图 B.8 TC6 铸态的淬火组织(200×)(窄温度范围)

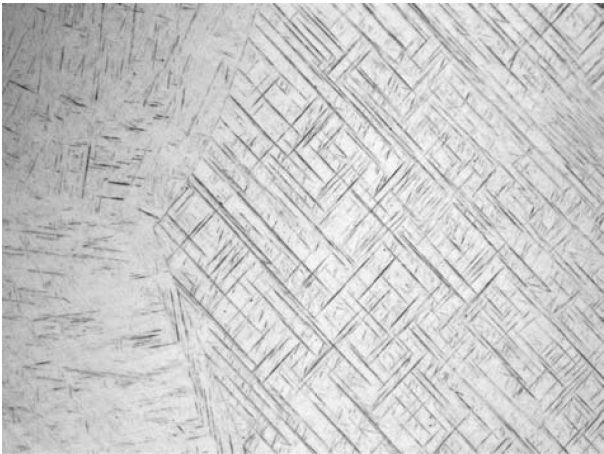


a) 975 °C



b) 980 °C

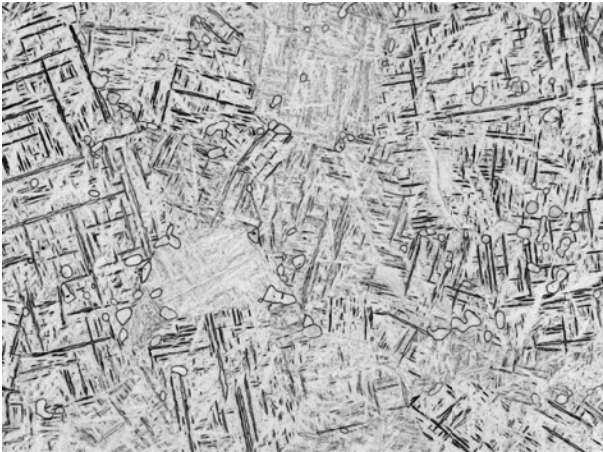
图 B.9 TC6 加工产品的淬火组织(200×)(窄温度范围)



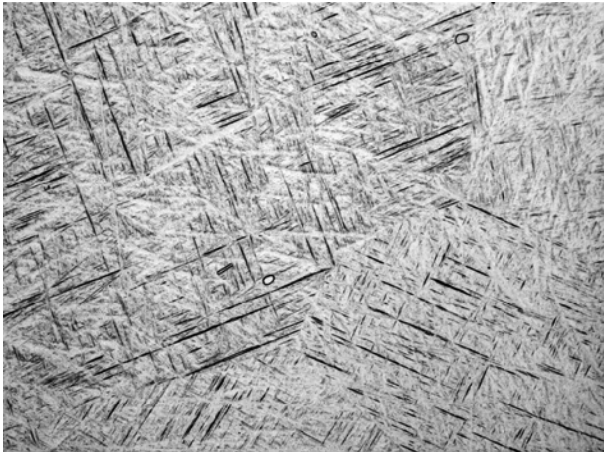
c) 985 °C

T_{β} :982 °C。

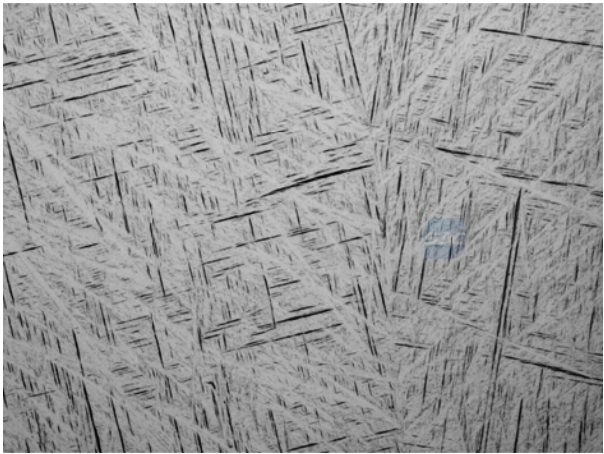
图 B.9 (续)



a) 985 °C



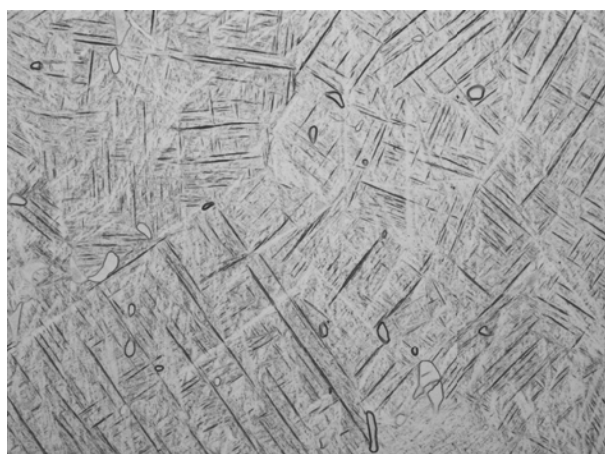
b) 990 °C



c) 995 °C

T_{β} :992 °C。

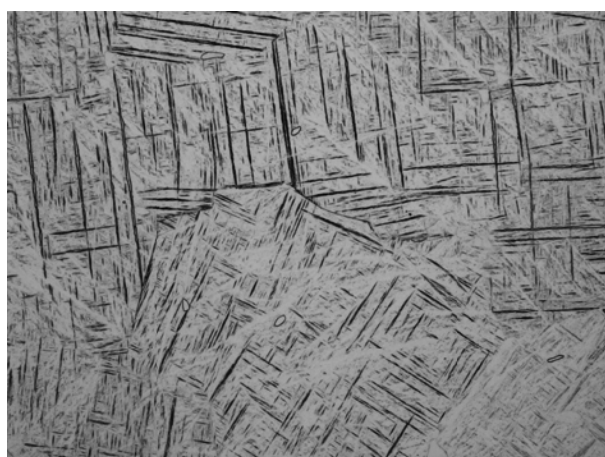
图 B.10 TC4 加工产品的淬火组织(200×)(窄温度范围)



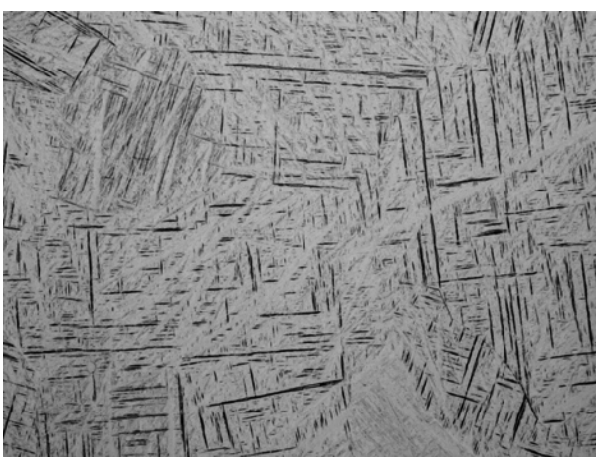
a) 975 °C



b) 980 °C



c) 985 °C



d) 990 °C

$T_p: 982\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

图 B.11 TC4ELI 加工产品的淬火组织(200×)(宽温度范围)



a) 885 °C



b) 890 °C

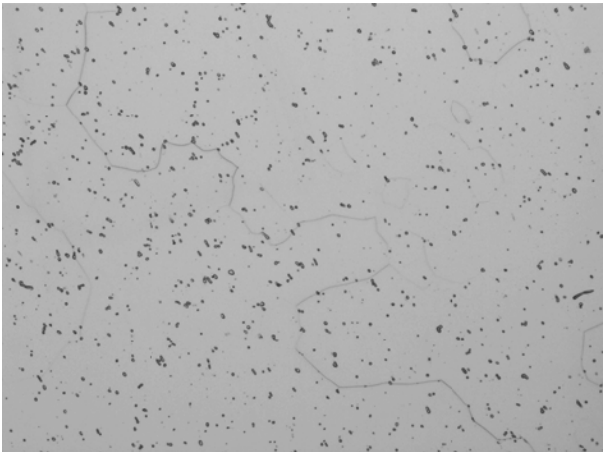
图 B.12 TC17 铸态的淬火组织(200×)(窄温度范围)



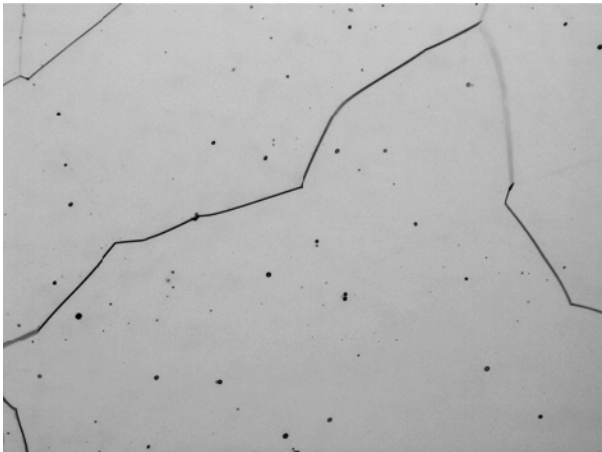
c) 895 °C

T_{β} :892 °C。

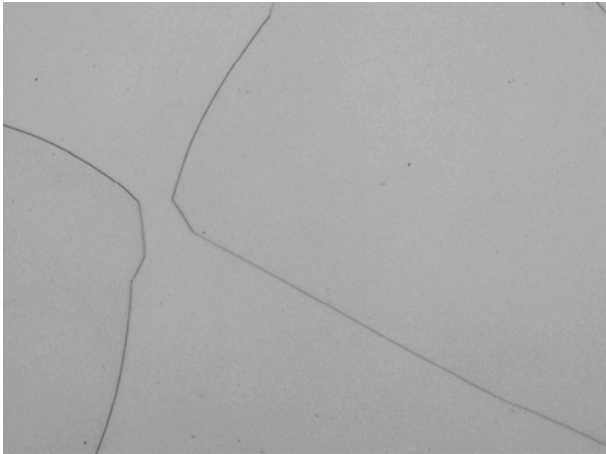
图 B.12 (续)



a) 885 °C



b) 890 °C



c) 895 °C

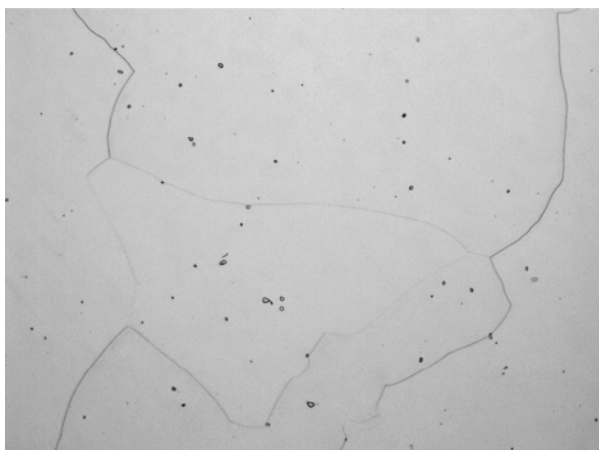
T_{β} :892 °C。



图 B.13 TC17 加工产品的淬火组织(200×)(窄温度范围)



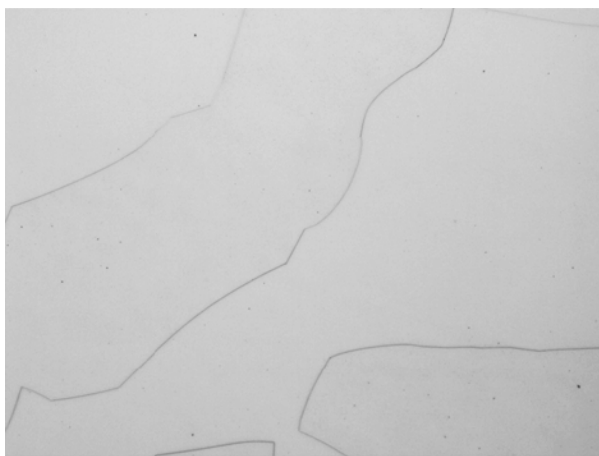
a) 890 °C



b) 895 °C



c) 900 °C



d) 905 °C

$T_p: 897\text{ °C}$ 。

图 B.14 TC17 加工产品的淬火组织(200×)(宽温度范围)

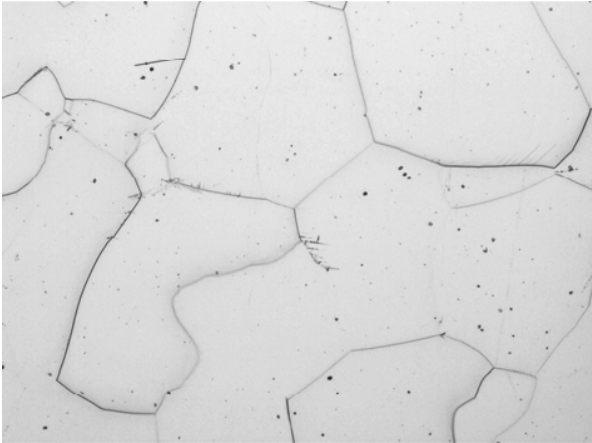


a) 795 °C

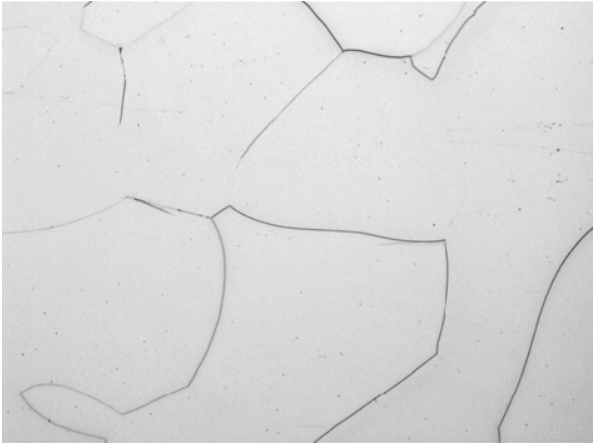


b) 800 °C

图 B.15 TB6 加工产品的淬火组织(200×)(宽温度范围)



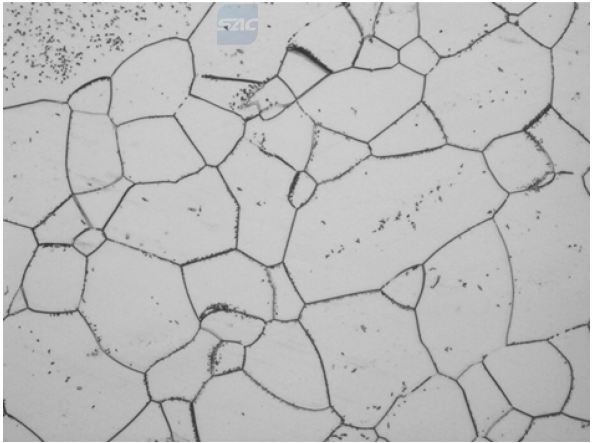
c) 805 °C



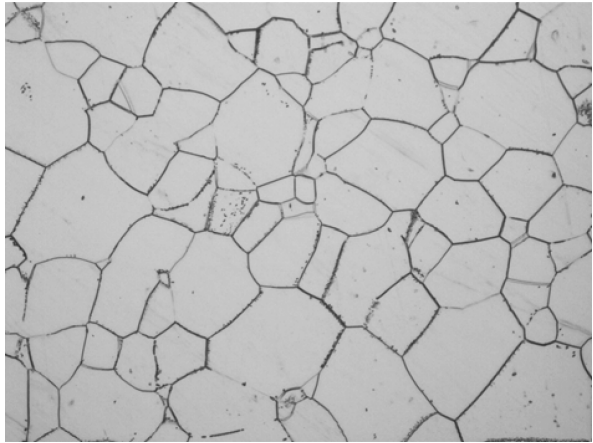
d) 810 °C

T_{β} : 802 °C。

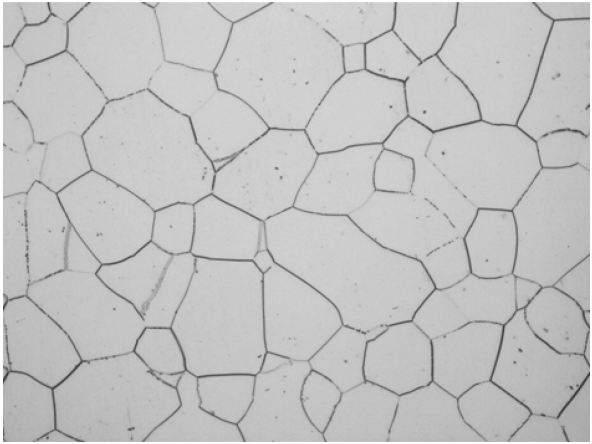
图 B.15 (续)



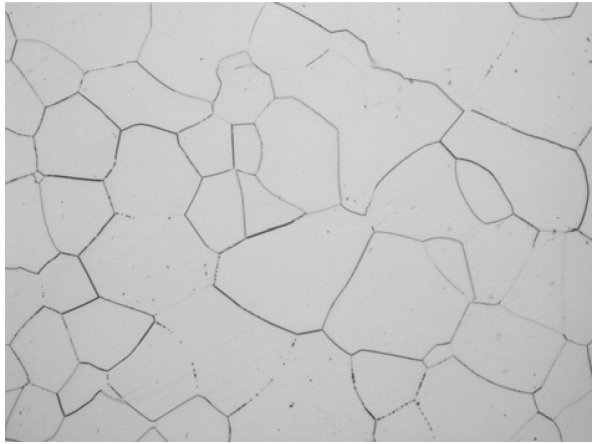
a) 735 °C



b) 740 °C



c) 745 °C



d) 750 °C

T_{β} : 742 °C。

图 B.16 TB2 加工产品的淬火组织(200×)(宽温度范围)