

[文章编号] 1004- 0609(2002) S1- 0206- 04

热处理制度对 TC6 钛合金显微组织的影响^①

熊爱明, 黄维超, 陈胜晖, 林 海, 李淼泉
(西北工业大学 材料科学与工程学院, 西安 710072)

[摘 要] 通过热处理实验研究了加热温度(850, 900, 950和1000 ℃) 和保温时间(3, 30, 60和120 min) 对 TC6 钛合金显微组织的影响规律。研究表明: 加热温度和保温时间对钛合金显微组织影响较大。其中, 加热温度主要影响钛合金显微组织中 α 相的含量, 即 α 相数量随加热温度的升高而逐渐减少; 保温时间主要影响钛合金显微组织中次生 α 相的大小。加热温度和保温时间对组织的形态影响均较小。

[关键词] 钛合金; 显微组织; 加热温度; 保温时间

[中图分类号] TG 166. 5

[文献标识码] A

钛合金是第二次世界大战以后发展起来的新型金属材料, 具有比强度高、中温性能好等优点, 在多种环境下具有良好的抗腐蚀性, 因而在航空、化工、造船等领域得到了广泛应用^[1]。TC6 钛合金是一种新型两相热强钛合金, 除具有普通钛合金比强度高、抗腐蚀性好等优点外, 它还具有良好的塑性和冲击韧性, 使用温度可高达450 ℃, 常被用于制造航空发动机叶片、涡轮盘等重要部件, 也可以用于制造飞机的隔框、接头等零件。

产品的内部组织状态决定其最终使用性能。随着零件使用性能要求的提高, 零部件制造加工工艺对组织也提出更高要求。在材料的热加工成形过程中, 材料的内部组织会发生改变。目前, 材料在热加工过程中的组织演变规律引起了各国研究学者的极大兴趣^[2~ 10]。作者通过实验研究不同的热处理制度对 TC6 钛合金内部显微组织的影响规律, 为实现 TC6 钛合金成形过程中微观组织的精确控制打下基础。

1 实验方法

1.1 实验材料

试验用 TC6 钛合金由宝鸡有色金属加工厂提供, 其化学成分见表 1, 其原始组织如图 1 所示。由图 1 可知, TC6 钛合金为典型的(α + β) 两相钛合金, 组织由初生 α 相、细小的次生 α 相以及 β 相组

成。

表 1 试验用 TC6 的化学成分(质量分数, %)

Table 1 Chemical composition of studied TC6 titanium alloy (mass fraction, %)

Al	Cr	Fe	Mo	Si	Ti
6. 29	1. 42	0. 42	2. 71	0. 33	Bal.

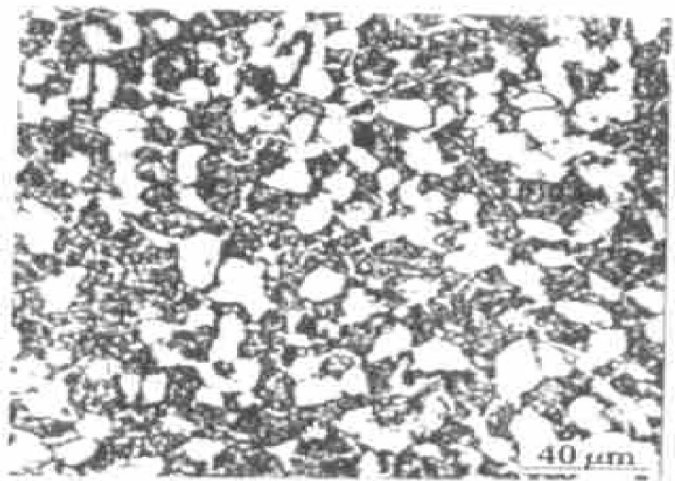


图 1 原材料的高倍组织

Fig. 1 Starting microstructures of studied TC6 titanium alloy

1.2 实验方案

热处理实验按以下步骤进行: 将加热炉升温到加热温度后放入试样, 按规定时间进行保温, 最后将试样取出进行水淬以保留高温组织进行研究。加

① [基金项目] 国家重大基础研究发展规划资助项目(G2000067206), 教育部优秀青年教师奖励基金、航空基金(99H53109) 及西北工业大学博士论文创新基金资助课题
[收稿日期] 2001- 10- 22; [修订日期] 2001- 12- 05 [作者简介] 熊爱明(1975-), 男, 博士研究生

热温度分别为(℃): 850, 900, 950, 1000; 保温时间分别为(min): 3, 30, 60, 120。实验用加热炉为 XRJ249 中温炉(850, 900, 950 ℃)和 XS21013 高温炉(1000 ℃)。对热处理试样进行金相试验, 选用的腐蚀剂配比为 $V(\text{HF}): V(\text{HNO}_3): V(\text{H}_2\text{O}) = 2: 3: 5$ 。

2 结果及分析

对于两相钛合金, α 相是($\alpha + \beta$)型钛合金的基体相, α 相的多少和形状、大小直接决定了($\alpha + \beta$)型钛合金的性能。在($\alpha + \beta$)两相区, 在不同的保温时间和低于相变温度的保温温度热处理工艺条件下获得的($\alpha + \beta$)两相组织, 其金相组织的主要特点是晶粒的形状不规则, 晶界上有连续和不连续的 α 相, 还有许多极小的次生 α 相, 晶内分布着点状、球状、针片状和短棒状的 α 相。但在加热温度高于相变温度时, ($\alpha + \beta$)全部转变成 β 相, 晶粒尺寸大小不等, 形状也不完全一样, 有四边形、五边形, 也有六边形的。

2.1 加热温度对显微组织的影响

加热温度对 TC6 钛合金显微组织的影响如图 2 所示。由图可知, 随着加热温度的升高, 组织形态和数量都发生了变化。加热温度低于 950 ℃ 时, 组织仍处于两相区, 组织的形态变化较小, 而 α 相含量却发生显著变化, 即随着加热温度的升高而发生相变转变为 β 相。当加热温度从 850 ℃ (图 2(a)) 升高到 900 ℃ (图 2(b)) 时, α 相含量减少得较缓慢。而当加热温度从 900 ℃ 升高到 950 ℃ (图 2(c)), 此时加热温度已接近相变温度, α 相含量急剧减少。由图 2(c) 可看出当加热温度达到 950 ℃ 时其组织基本上全为白色 α 相, 这表明在此加热温度下 α 相已几乎全部转变为 β 相, 进而在淬火过程中发生马氏体切变转变为 α' 和介稳 β 相。加热温度达到 1000 ℃ 时, α 相全部转化为 β 相, 此时组织处于单相区。

2.2 保温时间对显微组织的影响

保温时间对 TC6 钛合金显微组织的影响如图 3 所示。由图可知, 对于同一加热温度, 保温时间不同, 其组织形态基本不发生变化, 但组织的大小发生一定改变。组织处于两相区(见图 3(a), (b)) 时, 组织大小的改变主要体现在次生 α 相, 即两相组织中初生 α 相大小的变化不明显, 次生 α 相却随着保

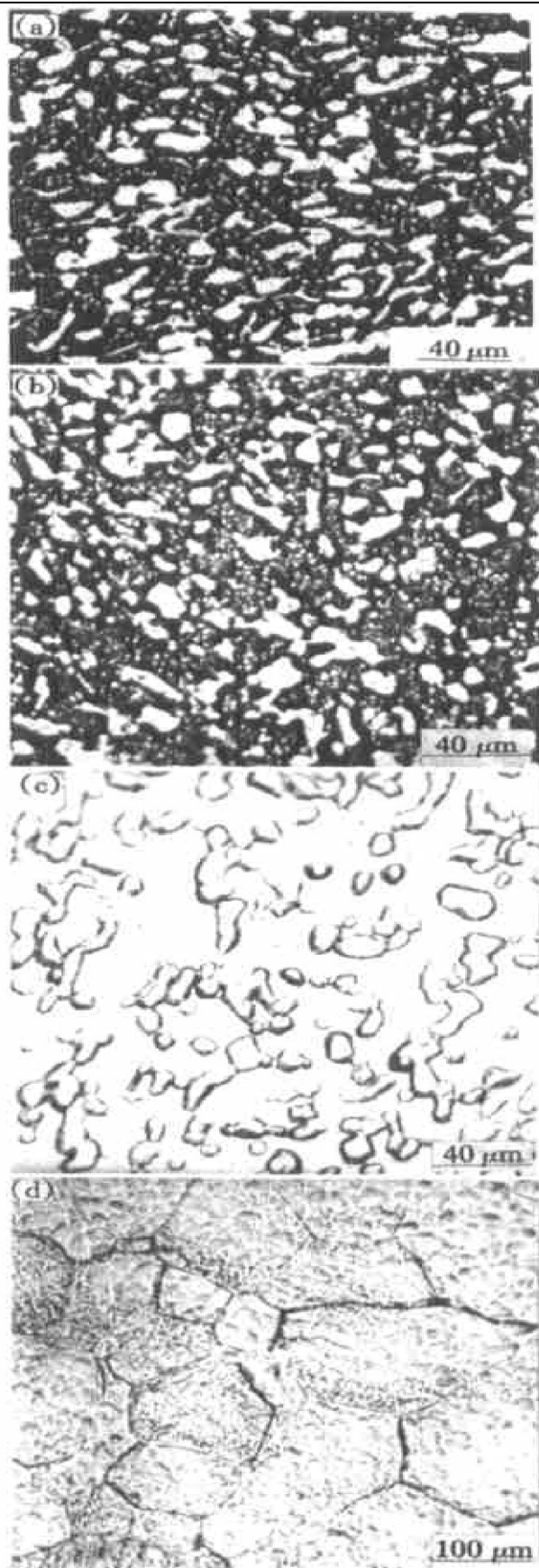


图 2 加热温度对显微组织的影响(保温时间为 3 min)

Fig. 2 Effect of hotting temperature (holding 3 min) on microstructure

(a) —850 ℃; (b) —900 ℃; (c) —950 ℃; (d) —1000 ℃

温时间的增加而通过相界的迁移发生合并长大; 组织处于单相区(见图 3(c), (d)) 时, 组织大小的改



图 3 保温时间对显微组织的影响

Fig. 3 Effect of holding time on microstructure of studied TC6 titanium alloy

(a) —850 °C, 3 min; (b) —850 °C, 120 min;
(c) —1 000 °C, 3 min; (d) —1 000 °C, 120 min

变体现在晶粒大小上, 即随着保温时间的增加, 晶

粒急剧长大。因而在对钛合金进行热锻成形时, 应严格控制加热温度和保温时间。

3 结论

1) 热处理制度(加热温度和保温时间)对钛合金显微组织影响较大。

2) 加热温度主要影响钛合金显微组织中 α 相的含量, 对组织的形态影响较小。随着加热温度的升高, 显微组织中 α 相含量逐渐减少, 且加热温度越接近相变温度, α 相含量减少趋势越快。当加热温度超过相变温度时, 组织处于单相状态。

3) 保温时间主要影响钛合金显微组织中次生 α 相的大小, 对初生 α 相大小以及组织形态影响较小。次生 α 相通过相界迁移而完成合并长大。

4) 对钛合金进行热锻成形时, 应严格控制加热温度和保温时间。

[REFERENCES]

- [1] 彭艳萍. 国外航空钛合金的发展应用及其特点分析 [J]. 材料工程, 1997, 10: 3– 6.
PENG Yan-ping. Development, application and characteristic analysis of titanium alloy in abroad [J]. Materials Engineering, 1997, 10: 3– 6.
- [2] LI Miao-quan, LIU Xue-mei, XIONG Ai-ming, et al. Modelling of microstructure during hot working process by ANN [A]. ICMAT'99 (Xi'an, China) [C], 1999. 1342– 1345.
- [3] Sircar S, Humphreys F J. Modelling microstructural formation in two phase aluminium alloys after hot deformation [J]. Mater Sci & Tech, 1996, 12: 158– 162.
- [4] Iwasaki H, Mori T. Microstructural evolution and plastic stability during superplastic flow in a 7475 aluminium alloy [J]. Mater Sci & Tech, 1999, 15: 180– 184.
- [5] 陈慧琴, 刘建生. Mn18Cr18N 钢热成形晶粒变化的模拟研究 [J]. 金属学报, 1999, 35(1): 53– 56.
CHEN Hu-qin, LIU Jian-sheng. Simulation investigation of variation in thermal shaping crystal grain of Mn18Cr18N steel [J]. Acta Metallurgica Sinica, 1999, 35(1): 53– 56.
- [6] 朱 峰, 曹起骧, 徐秉业, 等. 塑性加工中的微观组织性能控制 [J]. 塑性工程学报, 1994, 1(4): 33– 41.
ZHU Feng, CAO Qi-xiang, XU Bing-ye, et al. Microstructural behavior control in plastic working [J]. Journal of Plasticity Engineering, 1994, 1(4): 33– 41.
- [7] Dandre C A, Roberts S M, Evans R W, et al. Mi-

- crostructural evolution of Inconel 718 during ingot breakdown: process modeling and validation [J]. Mater Sci & Tech, 2000, 16: 14– 23.
- [8] ZHANG J M, GAO Z Y, ZHUANG J Y, et al. Grain growth model of IN718 during period after hot deformation [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2000, 101: 25– 30.
- [9] 赵永庆, 赵香苗, 朱康英. 热处理工艺对一种阻燃钛合金显微组织的影响[J]. 中国有色金属学报, 1998, 8(2): 227– 229.
- ZHAO Yong-qing, ZHAO Xiang-miao, ZHU Kang-ying. Effect of heat treatment processing on microstructure of a kind of fire damping titanium alloy [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 1998, 8(2): 227– 229.
- [10] Huang Z, Cuddy J, Goel N, et al. Effect of heat treatment on the microstructure of a metastable titanium alloy [J]. Journal of Materials Engineering and Performance, 1994, 3(4): 560– 566.

Effects of heat treatment on microstructure of TC6 titanium alloy

XIONG Ai-ming, HUANG Wei-chao, CHEN Sheng-hui, LIN Hai, LI Miao-quan
(College of Materials Science and Engineering,
Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

[Abstract] The influence of heating temperature of 850, 900, 950 and 1000 °C respectively and heat holding time of 3 min, 30, 60 and 120 min respectively on the microstructure of a TC6 titanium alloy was studied through heat treatment experiments. The result shows that heating temperature and heat holding time have great influences on the microstructure of a TC6 titanium alloy. Among others, heating temperature has the main effect on the volume fraction of α phase namely α phase number diminishes gradually with elevating heating temperature, and heat holding time has the main influence on the grain size of the secondary α phase. However, both of them have little effects on the shape of the microstructure of TC6 titanium alloy. Therefore heating temperature and holding time should be controlled strictly for thermal forge shaping of TC6 titanium alloy.

[Key words] titanium alloy; microstructure; temperature; holding time

(编辑 朱忠国)