

热处理制度对 TC4 小棒材组织和性能的影响

王永哲, 张 鹏, 田 琳

(西部超导材料科技有限公司, 西安 710021)

摘 要: 选取三次熔炼铸锭, 经开坯、锻造、精锻和轧制后得到棒材, 再取样进行不同的热处理, 对 TC4 小棒材常规热处理和高温预处理下的组织和性能进行研究。结果表明: 高温预处理可以改善棒材的组织, 使棒材组织更加均匀; 常规热处理和高温预处理都可得到性能满足标准要求的棒材, 高温预处理后棒材的固溶时效性能比常规热处理后的固溶时效性能高。

关键词: TC4 钛合金; 热处理; 组织; 性能

中图分类号: TG 146.2⁺3

文献标志码: A

Effect of heat treatment on microstructure and performance of TC4 bars

WANG Yong-zhe, ZHANG Peng, TIAN Lin

(Western Superconducting Technologies Co., Ltd., Xi'an 710021, China)

Abstract: The effect of microstructure and performance on heat treatment of the TC4 bars that were manufactured by VAR melting, forging, precision forging and rolling were studied. The results show that high temperature pretreatment can significantly improve the microstructure; both conventional heat treatment and high temperature pretreatment can meet the standard; the performance by high temperature pretreatment of the solution and aging can be certainly improved compared with that of the conventional solution and aging.

Key words: TC4 alloy; heat treatment; microstructure; performance

随着近几年航空产业的发展, 钛合金得到了广泛的应用和扩展, 用量也在不断增加。钛合金小规格棒材广泛地应用于航空、航天、电站、油田、医疗和汽车等领域, 用做紧固件等零件^[1]。飞机结构由许多零部件组成, 零部件之间的连接以机械连接为主, 这对机械连接提出了更高的要求。飞机在连接装配中采用大量自动钻铆、新型紧固件、干涉配合等技术。新型紧固件主要采用钛合金制造, 国外多年的应用实践证明, 在飞机上采用钛合金紧固件加干涉配合, 能提高接头强度和结构的疲劳寿命(提高 2~5 倍), 简化结构, 在民用飞机上使用时可使结构质量减小 4%^[2~4]。同时, 连接件也必须具有耐久性、可靠性及好的相容性。TC4 钛合金紧固件要求具有高强度和高塑性, 以保证紧固件的可加工性。本文作者比较了高温热处理和常规热

处理下小规格棒材的组织 and 性能, 为紧固件棒材的加工提供有利的热处理支持。

1 实验

1.1 试验材料

实验所用物料由西部超导材料科技有限公司提供, 其主成分(质量分数, %)满足: Al: 5.5~6.75, V: 3.5~4.5。实验坯料为铸锭经过开坯、锻造、精锻、轧制得到 d 15.5 mm 的小规格棒材。

1.2 试验方案

本次实验共选取 5 种热处理制度: A: 780 , 1 h;

B: (850 , 1 h)+(750 , 1 h); C: (880 , 1 h)+(750 , 1 h); D: (920 , 1 h)+(750 , 1 h); E: (960 , 1 h)+(750 , 1 h), 在每种制度下, 对 2 个样品进行处理。热处理完成后, 观察棒材的横向组织并测试其退火态和固溶时效态性能。固溶时效制度为 954 , 1.5 h, 流动水中淬火时效为 538 , 6 h, 空冷。

2 结果与分析

2.1 小棒材微观组织分析

图 1 所示为直径 15.5 mm 棒材原始态和经不同热处理制度处理下的显微组织。

从图 1 可以看出: 以上组织均为初生 α + β 转变组织; 原始态组织为细小弥散分布的 α + β 转变组织; 经 780 处理后, 组织与原始态比变化小; 经 850~920

处理后, 组织均发生了明显的球化和长大, 组织为等轴的 α + β 转变, 且组织中 α 相含量较高。经 960 处理后, 组织中有细长条状次生 α 相产生, 其组织为等轴初生 α + β 转变组织, 组织中等轴 α 相含量明显减少。其原因是: 960 温度点离相变点较近, 在此温度下处理, 组织中的 α 相发生相转变, 部分初生 α 转变为 β , 在冷却时, 从转变的 β 相析出细条状次生 α 相。随着热处理温度的升高, 组织中的 α 相有明显的长大, 温度越高, 长大越快, 当温度接近相变点时, 初生 α 相含量明显减少。

综上所述, 可以看出: 780 退火对加工组织的改善不大; 850~920 退火可使组织中等轴初生 α 发生明显的球化和长大; 960 退火, 组织中初生 α 含量明显减少, 且产生了大量的细条 α , 组织为初生 α +细条 α +少量的 β 转变。若产品对于初生 α 相有一定要求时, 可通过适当地调整高温热处理温度来达到要求。

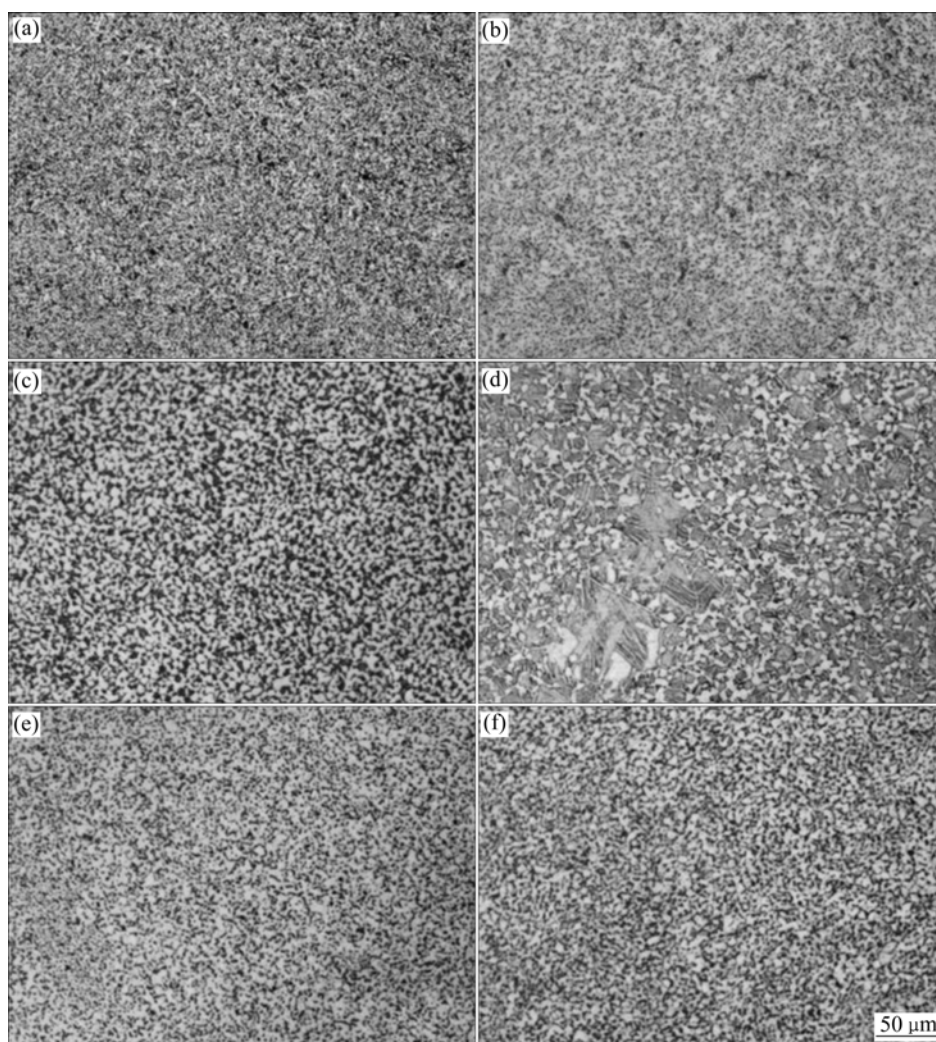


图 1 不同热处理制度处理后棒材的显微组织

Fig.1 Microstructure of bars by different heat treatments: (a) 加工态; (b) 780 , 60 min; (c) (850 , 60 min)+(750 , 60 min); (d) (880 , 60 min)+(750 , 60 min); (e) (920 , 60 min)+(750 , 60 min); (f) (960 , 60 min)+(750 , 60 min)

2.2 小棒材性能分析

图2所示为不同热处理下的室温力学性能。从图3可以看出, (780 °C, 1 h)和(960 °C, 1 h)+(750 °C, 1 h)制度下棒材的强度最好, 但塑性相对较低, 其他3种制度下棒材强度水平基本相当, 但塑性较好。由此可以看出, 高温预处理下棒材的强度比常规热处理的强度低, 但其塑性好, 可获得较好的强度和塑性的匹配。

图3所示为不同热处理制度下棒材固溶时效性能。从图3中可以看出, (880 °C, 1 h)+(750 °C, 1 h)和(920 °C, 1 h)+(750 °C, 1 h)两个制度下棒材的强度和塑性最好, 其余3种制度下棒材的强度和塑性水平相当。选择合适的高温预处理温度, 可以获得较高的固溶时

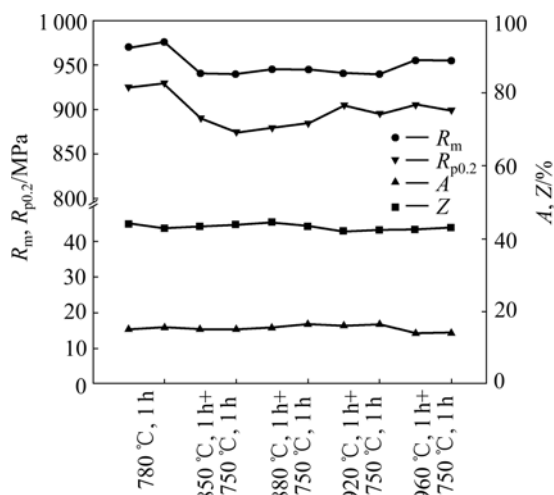


图2 不同热处理制度下棒材的力学性能

Fig.2 Mechanical properties of bars by different heat treatments

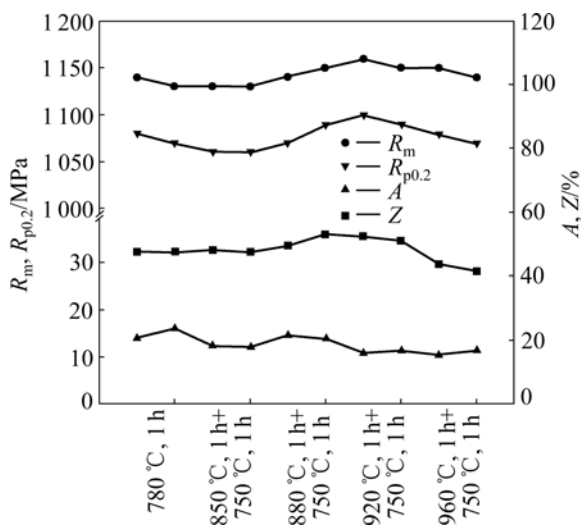


图3 不同固溶时效态棒材的力学性能

Fig.3 Mechanical properties of bars at different solution and aging

效性能。

综上所述, 可以看出: 780 °C 退火, 可获得最高的退火态性能和较好的固溶时效态性能; 高温预处理温度在 880 ~ 920 °C 时, 其固溶时效性能最好, 退火态性能较高; 高温预处理温度在 850 °C 和 960 °C 时也可获得满足要求的退火态和固溶时效态性能, 但 960 °C 时退火态小棒材强度较高, 但其塑性较差。

3 结论

1) 常规退火前增加 850 ~ 920 °C 以上高温预处理可以明显的改善棒材的组织, 使棒材组织更加均匀。随着高温预处理温度的提高, 球化效果越明显。

2) 在常规退火和两次热处理下, 棒材的退火态和固溶时效态性能均能满足标准 AMS4928 要求, 但常规退火下棒材的强度明显高于两次热处理。

3) 两次热处理时, 高温预处理温度在 880 ~ 920 °C 时棒材可获得均匀的组织 and 较高的力学性能。

4) 高温预处理温度在 960 °C 时, 组织中初生 α 明显减少, 有次生 α 产生, 棒材退火态塑性降低, 但对固溶时效态性能改善较小。

REFERENCES

- [1] 曲恒磊, 周 廉, 周义刚, 赵永庆, 曾卫东, 冯 亮, 李 辉, 陈 军, 张颖楠, 郭红超. 高强度钛合金评述[J]. 稀有金属快报, 2004, 23(10): 5-9.
QU Heng-lei, ZHOU Lian, ZHOU Yi-gang, ZHAO Yong-qing, ZENG Wei-jun, FENG Liang, LI Hui, CHEN Jun, ZHANG Ying-nan, GUO Hong-chao. Review of Ti alloy with strong toughness [J]. Rare Metals Letters, 2004, 23(10): 5-9.
- [2] 王金友, 葛志明, 周彦邦. 航空用钛合金[M]. 上海: 科学出版社, 1985: 9-20.
WANG Jin-you, GE Zhi-ming, ZHOU Yan-bang. Titanium alloy for aerospace [M]. Shanghai: Science and Technology Press, 1985: 9-20.
- [3] 梁芳慧, 周 廉. 钛和钛合金生物活化研究现状[J]. 稀有金属材料与工程, 2003, 32(2): 241-245.
LIANG Fang-hui, ZHOU Lian. Research and development on surface bioactivity methods of titanium and its alloys [J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2003, 32(2): 241-245.
- [4] 周 廉. 美国、日本和中国钛工业发展评述[J]. 稀有金属材料与工程, 2003, 32(8): 577-580.
ZHOU Lian. Review of titanium industry progress in America, Japan and China [J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2003, 32(8): 577-580.

(编辑 刘华森)