文章编号：1004-0609(2010)S1-s0631-03

退火温度对 Ti80 合金挤压管材组织与性能的影响

王巧莉，代　春，成小丽

(宝鸡钛业股份有限公司，宝鸡 721014)

摘　要：研究 Ti80 合金挤压管材在 800~1 020 ℃范围内不同温度退火处理对挤压管材组织与性能的影响。研究发现：随着退火温度从 800 ℃升高到 1 020 ℃，R_m 从 910 MPa 提高到 935 MPa，A 从 15%升至 17%再降至 12%，抗拉强度变化不大，但塑性变化较明显。在 800~900 ℃退火可消除管材内应力并发生部分再结晶。温度升高到 950 ℃时，再结晶进行得较充分，组织得到细化和球化，管材的室温力学性能良好。退火温度继续升至 1 020 ℃时，获得魏氏组织，导致塑性降低。

关键词：Ti80 钛合金管材；组织；性能
中图分类号：TG 146.2　　文献标志码：A

Effect of annealing temperature on microstructure and properties of Ti80 alloy extrusion tube

WANG Qiao-li, DAI Chun, CHENG Xiao-li

(Baoji Titanium Industry Co., Ltd., Baoji 721014, China)

Abstract: The effect of annealing process on microstructure and properties of Ti80 alloy extruded tube at 800−1 020 ℃ was studied. The results show that the R_m of Ti80 tube increases from 910 MPa to 935 MPa when the annealing temperature rises from 800 ℃ to 1 020 ℃, meanwhile the elongation increases from 15% to 17% and then goes down to 12%. Tensile strengh is nealy the same, but the ductility change is obvious. The annealing between 800 ℃ and 900 ℃ can remove the internal stress and creat the partial recrystallization. When the temperature goes up to 950 ℃, the recrystalization is sufficient, the microstructure is refined and spheroidized, and the mechanical properties of the tube are improved. When the annealing temperature continously goes up to 1 020 ℃, the microstructure changes to Widmanstaten structure and the ductility decreases.

Key words: Ti80 alloy tube; microstructure; properties

Ti80 合金的名义成分为 Ti-6Al-3Nb-2Zr-1Mo，是一种铝含量较高(5.5%~6.5%，质量分数)并含有β稳定元素 Nb、Mo 和中性元素 Zr 的近α型钛合金。Ti80 合金具有高的比强度、强的抗腐蚀性及良好的焊接　性[1]，可制成板材、棒材、锻件、小型材等多种规格产品，被广泛应用于潜艇和水中兵器的受力构件、螺栓、轴以及耐腐蚀壳体等。由于该合金的强度高，其管材加工存在很大的困难，目前，很少见到热挤压管材方面的相关报道。根据目前设计需求，Ti80 合金挤压管材通常在退火状态下使用，针对这一情况，本文作者研究不同退火温度对挤压管材组织与性能的影响，为热挤压管材制备工艺的制定提供理论基础和依据。

1　实验

1.1　坯料制备

采用真空自耗三次熔炼的铸锭，其化学成分见表 1。铸锭在β区锻造开坯，两相区精锻成为棒坯；经扒皮、钻孔、镗孔等工序制成挤压用的锭坯。在 3 150 t

通信作者：王巧莉；电话：0917-3382444；E-mail: wang99003@yeah.net

表 1 Ti80 合金的化学成分

Table 1 Chemical composition of Ti80 alloy (mass fraction, %)

Ti	Al	Nb	Zr	Mo
Bal.	5.5−6.5	2.5−3.5	1.5−2.5	0.6−1.5

Fe	Si	C	N	H	O
0.25	0.15	0.1	0.05	0.02	0.15

卧式水压机上将锭坯加热至两相区后进行挤压，挤压时采用普通润滑剂润滑，挤压后的管材尺寸为 *d* 140 mm×13.5 mm。本研究所取的挤压试样靠近挤压管头部，因为挤压时头部的变形与其它部位相比不均匀，组织与性能也相对较差。

1.2 实验方法

挤压试样管在还原性气氛的箱式电阻炉内分别经 800、850、900、950、980 和 1 020 ℃保温 1.5 h 退火处理，采用空冷形式冷却。

用 CMT 拉力试验机对合金试样进行室温力学性能测试，用 ZiESS 金相显微镜对合金组织进行观察和分析。

2 结果与分析

2.1 退火温度对显微组织的影响

退火工艺对显微组织的影响见图 1。

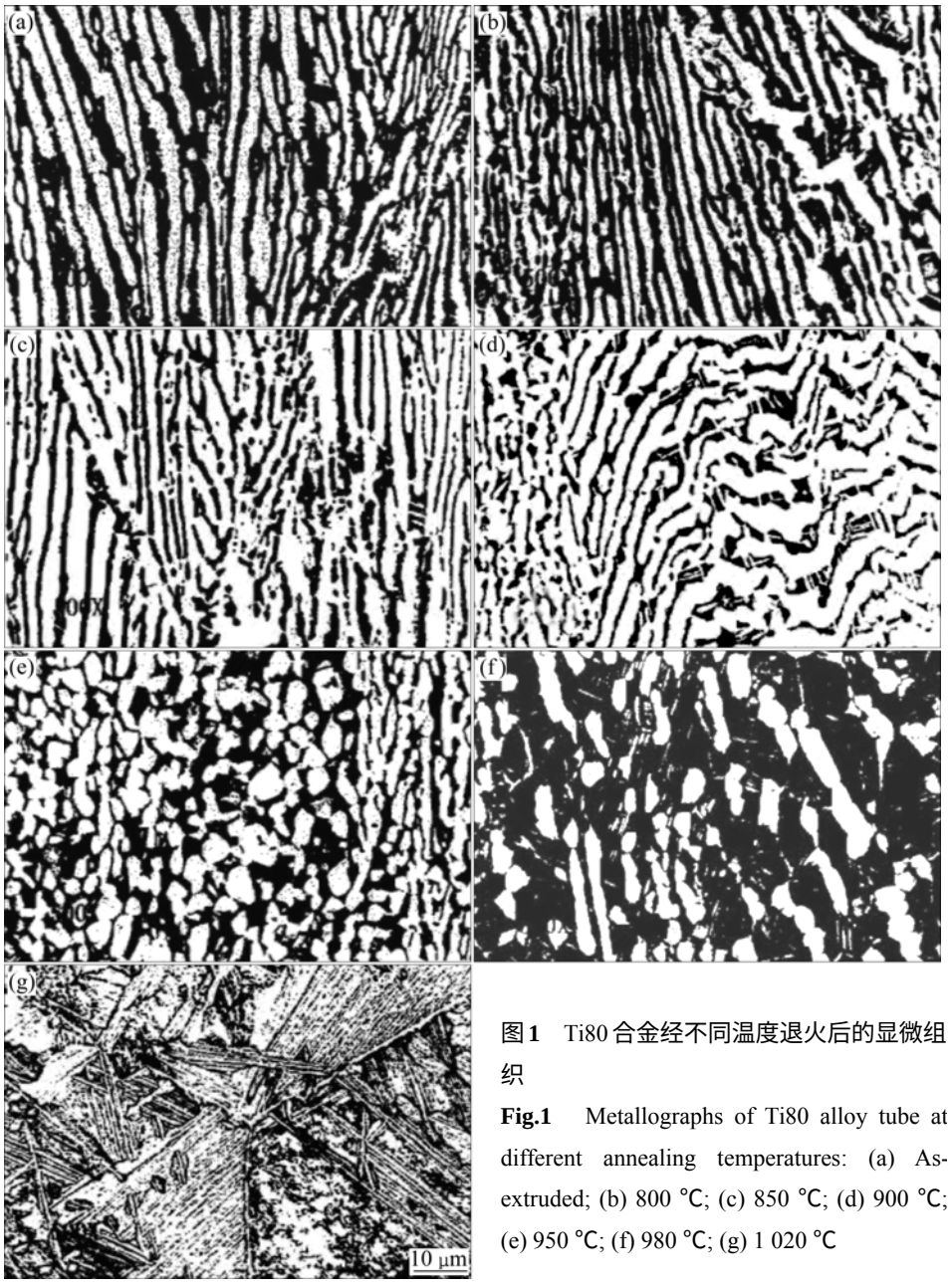

图 1 Ti80 合金经不同温度退火后的显微组织

Fig.1 Metallographs of Ti80 alloy tube at different annealing temperatures: (a) As-extruded; (b) 800 ℃; (c) 850 ℃; (d) 900 ℃; (e) 950 ℃; (f) 980 ℃; (g) 1 020 ℃

由图 1 可以看出：由于该合金挤压在$\alpha+\beta$区温度范围内进行，挤压比较大，挤压过程中金属发生剧烈变形，使晶粒沿变形方向被压扁，沿金属的流动方向被拉长，形成了条状$\alpha+\beta$组织(图 1(a))。当退火温度为 800 ℃时，其显微组织为条状的$\alpha+\beta$(图 1(b))，与挤压态组织形貌相似，组织无明显变化；当退火温度升高到 850~900 ℃时，开始发生再结晶，条状α球化，并有转变β组织生成(见图 1(c)和(d))；当退火温度升高至 950 ℃时，显微组织发生明显再结晶，球状初生α增多，形成等轴组织(见图 1(e))；当退火温度升高至 980 ℃时，初生α减少，而片状β转变组织增多，形成了双态组织(见图 1(f))。不难看出，随着退火温度由 800 ℃升高到 980 ℃，挤压管材的晶粒组织完成了从回复到再结晶整个过程；随着退火温度的继续升高，超过相变温度(1 000～1 010) ℃时，完成$\alpha+\beta$向β相转变，并形成有β晶界的魏氏组织(见图 1(g))[2]。

2.2　退火温度对力学性能的影响

挤压态和经不同退火温度处理后的 Ti80 合金挤压管材的室温拉伸性能见图 2。

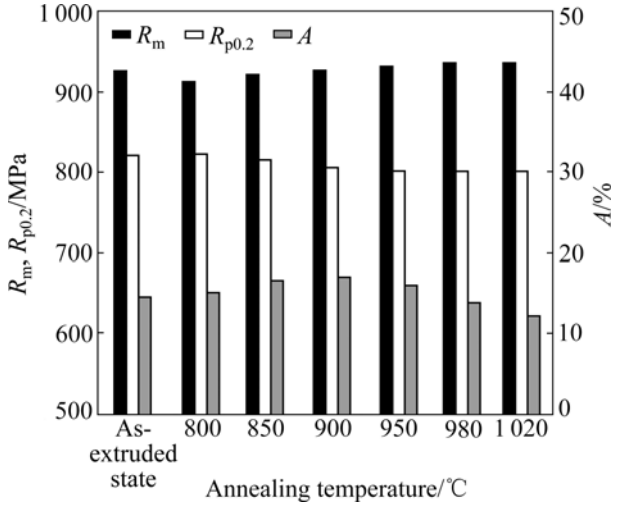

图 2　退火温度对室温力学性能的影响

Fig.2　Effect of annealing temperature on mechanical properties

从图 2 可以看出：挤压态合金的抗拉强度和塑性分别为 R_m=925 MPa 和 A=14.5%。经 800 ℃退火处理后，合金的抗拉强度略有降低(R_m=910 MPa)，塑性略有提高(A=15%)，这是因为在 800 ℃退火时，挤压管中的残余应力得到一定程度的消除，使得材料抗拉强度降低、塑性提高，符合图 1(a)和(b)的组织变化特点。在退火温度由 850 ℃升高到 900 ℃的过程中，随着退火温度的升高，R_m 呈上升趋势，$R_{p0.2}$ 呈下降趋势，伸长率呈上升趋势，这是由于随着退火温度的升高，初生α相逐渐减少，β相转变组织逐渐增加，从而强度增加，塑性降低；但同时在高温下发生了再结晶，并且α相的再结晶超过β相的再结晶，使组织充分球化，有利于增加强度和塑性。在退火温度由 900 ℃继续升高至 1 000 ℃的过程中，R_m 和 $R_{p0.2}$ 变化平缓，而塑性则下降，这是由于初生α含量减少和晶粒长大所致。当退火温度升高至 1 020 ℃时，发生$\alpha+\beta$向β转变，形成魏氏组织，粗大的魏氏组织使材料的塑性降低。

3　结论

Ti80 钛合金随着退火温度从 800 ℃升高至 980 ℃，挤压管材显微组织完成从恢复到再结晶整个过程，使组织得到改善，其最佳的退火温度范围为 800~950 ℃，保温时间为 1~2 h。

REFERENCES

[1] 徐希军, 何 刚, 卢 海. Ti80 合金厚壁焊管冷压成形工艺[J]. 稀有金属材料与工程, 2008, 37(s): 247−249.
XU Xi-jun, HE Gang, LU Hai. Cold pressing formation process for Ti80 alloy thick wall welded pipe[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2008, 37(s): 247−249.

[2] 王金友, 葛志明, 周彦邦. 航空用钛合金[M]. 上海: 上海科技出版社, 1985: 208.
WANG Jin-you, GE Zhi-ming, ZHOU Yan-bang. Aviation titanium [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technical Press, 1985: 208.

(编辑　杨　兵)