

TA15 钛合金管材热加工工艺

尚秀丽, 佟学文, 晏小兵, 冯红超, 张耀斌, 颜 苏, 徐忠普, 成小丽

(宝鸡钛业股份有限公司, 宝鸡 721014)

摘 要: 研究了挤压加热温度、挤压比、退火制度等工艺对挤压管材组织性能的影响。结果表明: 随着挤压比的增大, 管材的强度和塑性都有所提高; 两相区挤压管材的室温性能与组织的对应关系较好; 退火温度和时间对组织形貌和性能基本无影响。当挤压温度为 950 , 挤压比为 10.2, 退火温度为 800~850 , 1~2 h, AC 时, 管材可得到较好的组织性能匹配。研制出的产品满足相关技术标准的质量要求。

关键词: TA15 钛合金; 微观组织; 力学性能; 退火

中图分类号: TG146.2

文献标志码: A

Hot extrusion process of TA15 titanium alloy tube

SHANG Xiu-li, TONG Xue-wen, YAN Xiao-bing, FENG Hong-chao, ZHANG Yao-bing,

YAN Su, XU Zhong-pu, CHENG Xiao-li

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

Abstract: The effects of deformation parameters such as hoting temperature, extrusion ratio, annealing process and test temperature on the microstructure and properties of TA15 alloy extruded tube were discussed. The results show that, strength and plasticity of tube raise with the increase of extrusion ratio; there is good relationship between microstructure and mechanical properties of TA15 titanium alloy tube in two-phase area; the effect of annealing temperature and annealing time on microstructure and properties is not obvious. Under condition of the extrusion temperature of 950 , extrusion ratio of 10.2, and 800~850 , 1~2 h, AC annealing, T15 alloy tube will achieve excellent performance. All of request of product can meet demands of specification.

Key words: TA15 titanium alloy; microstructure; mechanical property; annealing

TA15 钛合金,其名义成分为 Ti-6Al-2Zr-1Mo-1V, 是前苏联 20 世纪 60 年代中期研制成功的一种通用型近 α 型合金。该合金综合性能优良,在航空等领域得到广泛应用^[1]。在我国该合金的熔炼、锻造、棒材、板材加工技术已趋成熟^[2-3],但管材加工尚属首例,热挤压管材等工艺还未成熟。根据该合金特点,本文作者采用挤压方法生产 TA15 热加工管材,研究挤压加热温度、挤压比、退火制度等工艺对挤压管材组织性能的影响。

1 实验

1.1 锭坯规格

锭坯为 d 220 mm 及 d 86 mm 锻棒。

1.2 工艺路线和方法

工艺路线为: 锻棒→锭坯制备→包套→挤压→矫直→酸洗→退火→机加→检查→取样。

将锭坯锻造成 $d\ 220\ \text{mm}$ 及 $d\ 86\ \text{mm}$ 锻棒后, 采用机加方法加工成 $d\ 215\sim d\ 80\ \text{mm}$ 大小不同规格的光锭, 再采用适当润滑方式, 在 $3\ 150\ \text{t}$ 及 $600\ \text{t}$ 挤压机上挤压成 $d\ 110\sim d\ 40\ \text{mm}$ 大小不同规格的管材, 在箱式电阻炉中防氧化保护退火, 进行管材组织及性能实验。

2 结果与讨论

2.1 锭坯挤压加热温度对管材组织力学性能的影响

由图 1 金相组织看, $900\ ^\circ\text{C}$ 加热管材组织为 $\alpha+\beta$, 组织较为粗大; $1\ 050\ ^\circ\text{C}$ 加热管组织为魏氏组织; $950\ ^\circ\text{C}$

加热管材组织为 $\alpha+\beta_{\text{细}}$ 。由图 2 所示的不同挤压温度管材 R 态力学性能看, 900 和 $1\ 050\ ^\circ\text{C}$ 加热管材的 $\sigma_{0.2}$ 小于研制要求(研制要求 $\geq 855\ \text{MPa}$)、 σ_b 较低(研制要求 $\geq 950\ \text{MPa}$)。综合考虑挤压管材力学性能和组织, 认为 TA15 锭坯在合金的两相区加热, $950\ ^\circ\text{C}$ 挤压比较合理。

2.2 挤压比对管材组织性能的影响

由图 3 可以看出: 当挤压比小于 9.5 时, 管材力

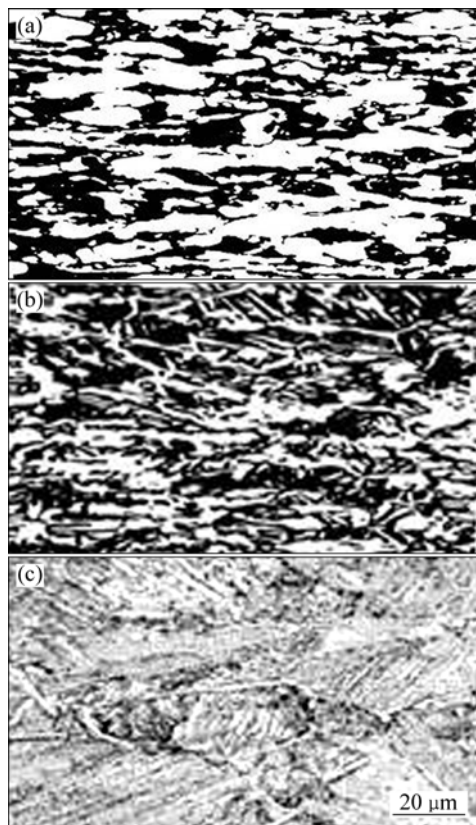


图 1 不同加热温度下的挤压管材组织

Fig.1 Microstructures of TA15 alloy tube under different extrusion temperatures: (a) $900\ ^\circ\text{C}$; (b) $950\ ^\circ\text{C}$; (c) $1\ 050\ ^\circ\text{C}$

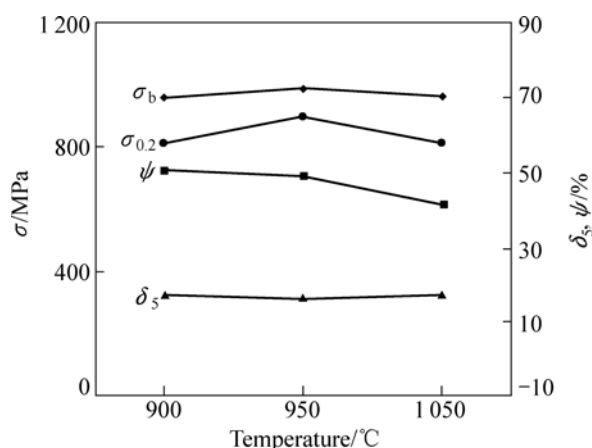


图 2 挤压加热温度对管材力学性能的影响

Fig.2 Effect of extrusion temperature on mechanical properties of TA15 alloy tube

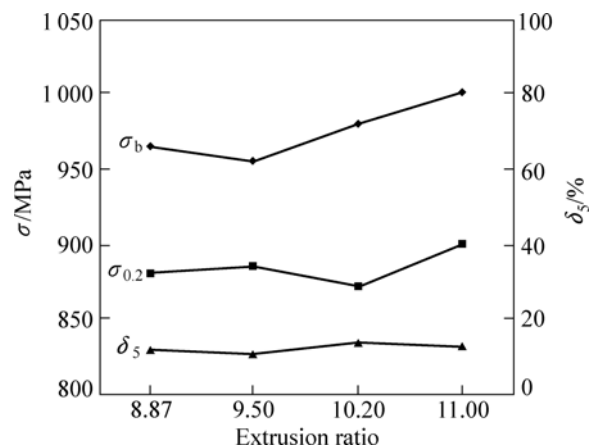


图 3 挤压比对管材力学性能的影响

Fig.3 Effect of extrusion ratio on mechanical properties of TA15 alloy tube

学性能基本不变化, 而当挤压比大于 9.5 时, 随着挤压比的增大, 管材的强度和塑性都有所提高。从组织和性能稳定性看, 选用挤压比为 10.2 较为合理。

2.3 退火制度对管材组织性能的影响

在挤压温度为 $950\ ^\circ\text{C}$ 、挤压比为 10.2 时研究退火制度对管材组织性能的影响。

2.3.1 退火温度和退火保温时间对管材组织性能的影响

由图 4 和图 5 可以看出, 升高退火温度对挤压管材性能影响不大; 延长退火时间, 会使回复和再结晶进行得更为完全, 其结果是合金强度降低了, 塑性提高了; TA15 钛合金退火时间对组织形貌和性能基本无影响。所以, 根据管材研制要求的综合性能及金相组

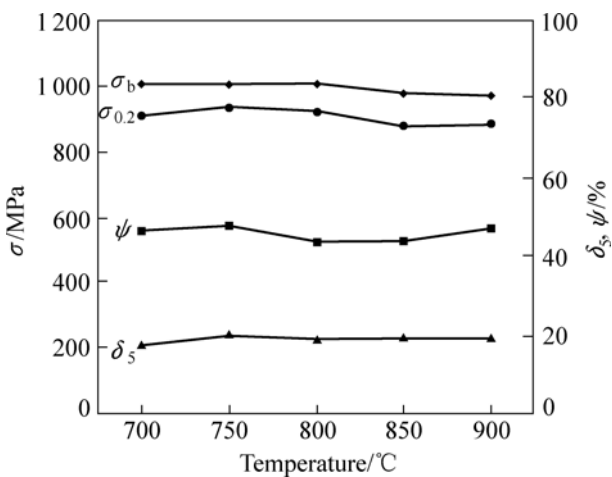


图 4 退火温度对管材力学性能的影响

Fig.4 Effect of annealing temperature on mechanical properties of TA15 alloy tube

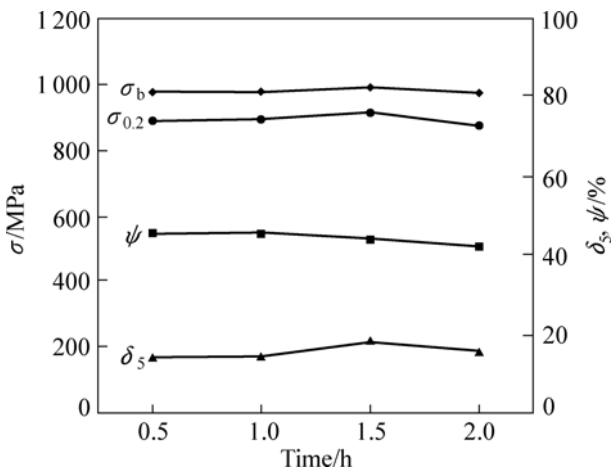


图 5 退火保温时间对管材力学性能的影响

Fig.5 Effect of holding time of annealing on mechanical properties of TA15 alloy tube

表 1 冷却速度对管材力学性能的影响

Table 1 Average value of tube under different cooling

Technology of heating processing	Average value of water-cooling				Average value of air-cooling				Average value of furnace-cooling			
	σ _b /MPa	σ _{0.2} /MPa	δ/%	ψ/%	σ _b /MPa	σ _{0.2} /MPa	δ/%	ψ/%	σ _b /MPa	σ _{0.2} /MPa	δ/%	ψ/%
700 , 1.5 h	976	900	16	46	995	891	15	47	1002	908	18	47
750 , 1.5 h	966	885	17	47	971	894	18	46	1010	929	20	48
800 , 1.5 h	972	724	19	45	974	885	17	48	999	922	19	44
850 , 1.5 h	975	726	18	48	971	885	18	46	976	874	19	44
900 , 1.5 h	1019	878	19	48	975	852	19	48	969	880	19	47

织特点,挤压管坯采用 950 挤压、挤压比为 10.2、对挤压管材进行 800~850 , 1~2 h, AC 退火。退火的主要目的是通过回复和再结晶消除热挤压过程中加工硬化产生内应力。

2.3.2 冷却速度对管材力学性能及组织的影响

由表 1 和图 6 可以看出:3 种冷却方式下 TA15 合金管材塑性基本相等,经炉冷的σ_b略高于经水冷和空冷的σ_b,可归结为β相在缓慢冷却过程中次生α相增加对强度的贡献。而经水冷的σ_{0.2}明显低于经炉冷和空冷的σ_{0.2},在 800~850 , 1.5 h 时,σ_{0.2}只有 720~825 MPa,达不到研制要求(≥855 MPa),原因是经水冷后高温的β相在晶体缺陷密度较高的条件下发生相变,形成针状马氏体组织所致。从表 2 可以看出:空冷管材力学性能较稳定、较合理。挤压管材退火后冷却都为空冷:从组织和性能看,由于热挤压过程中组织不均匀,热挤压中发生了动态再结晶,热挤压后较小的冷却速度又使合金中结构缺陷密度相对较低,后续退火对其性能也就没有太大的影响。又由于在两相区挤压时,α相和β相相同时参与变形,晶粒沿变形方向被压扁、拉长,700 时组织基本上保留热挤压状态组织,800 时金相组织中含有大量初生α相,组织基本上是球化等轴α+晶间β组织,由于冷却采用空冷较慢,β相比较充分转变为α相,850 时再结晶已进行得比较完全,得到的组织为α+β相,并且初生α相较少,同时晶粒得到了细化。综合考虑挤压管材力学性能和组织,认为 TA15 管材在合金进行 800~850 , 1~2 h, AC 退火,有利于进一步进行管材的压力加工,因此,此工工艺条件比较合理。

2.4 管材实验温度对其力学性能的影响

实验温度对管材力学性能的影响如图 7 所示。由



图 6 退火制度对管材组织的影响

Fig.6 Effects of annealing technologies on microstructures of TA15 alloy tube: (a) 700 °C, 1.5 h, WC; (b) 850 °C, 1.5 h, WC; (c) 900 °C, 1.5 h, WC; (d) 700 °C, 1.5 h, AC; (e) 850 °C, 1.5 h, AC; (f) 900 °C, 1.5 h, AC; (g) 700 °C, 1.5 h, FC; (h) 850 °C, 1.5 h, FC; (i) 900 °C, 1.5 h, FC

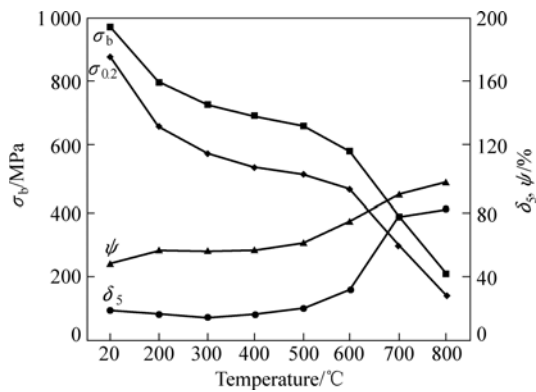


图 7 实验温度对管材力学性能的影响

Fig.7 Effect of test temperature on mechanical properties of TA15 alloy tube

图 7 可见,挤压管材随着温度的升高,TA15 钛合金管材强度(σ_b 和 $\sigma_{0.2}$)降低,而塑性升高,尤其是当温度升高到 800 °C 时,其 δ_5 大于 80%,不同温度管材力学性能与 TA15 合金板材、棒材的规律相同。据此可合理地选择管材加工温度范围,在塑性高的温度区间完成温轧等工艺。

3 结论

1) 采用热挤压方法生产 TA15 钛合金热加工管材工艺是完全可行的,该合金可在较宽温度范围内进行

较大的热变形。

2) 在挤压温度为 950 、挤压比为 10.2，采用 800~850 /1~2 h+AC 退火，管材可得到较好的组织性能匹配。

REFERENCES

[1] 王金友. 航空钛合金[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985 : 163.
WANG Jin-you. Titanium alloy for aviation application[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology

Press, 1985: 163.
[2] 魏寿庸. Ti-6Al-2Zr-1Mo-1V 钛合金棒材的研制[J]. 金属学报, 1999, 35(s1): 111-114.
WEI Shou-yong. The trail production of Ti-6Al-2Zr-1Mo titanium alloy[J]. Acta Metallurgica Sinica, 1999, 35(s1): 111-114.
[3] 郭志军. Ti-6Al-2Zr-1Mo-1V 合金厚板的组织与性能[J]. 金属学报, 2002, 38(s1): 186-187.
GUO Zhi-jun. Microstructure and properties of Ti-6Al-2Zr-1Mo-1V alloy plate[J]. Acta Metallurgica Sinica, 2002, 38(s1): 186-187.

(编辑 陈卫萍)