

变形参数对 TA15 合金厚板显微组织及力学性能的影响

郭志军, 王 俭, 王红武
(宝钛集团有限公司, 宝鸡 721014)

摘 要：通过 TA15 合金厚板轧制的工艺研究，初步探讨变形温度和变形程度对其显微组织及性能的影响，为批量生产 TA15 钛合金大规格板材奠定基础。
关键词：变形温度；变形程度；显微组织
中图分类号：TG146.2 文献标志码：A

Effects of deformation parameters on microstructures and mechanical properties of TA15 alloy plate

GUO Zhi-jun, WANG Jian, WANG Hong-wu
(Baoti Group Co., Ltd., Baoji 721014, China)

Abstract: Through the study on different rolling processes of TA15 titanium alloy plate, the effect of deformation temperature and deformation degree on microstructures and mechanical properties were discussed, which will lay the foundation for a batch production of TA15 plates in big scale.
Key words: deformation temperature; deformation degree; microstructure

TA15 合金为通用性近 α 钛合金，具有良好的焊接性能，同时又具有接近 $\alpha+\beta$ 型合金的工艺塑性，可制成板材、棒材、锻材及型材等多种规格品种，主要用于飞机结构件^[1]。本文作者通过研究在 TA15 合金厚板轧制时，采用不同的变形温度和变形程度取样分析其显微组织及性能，初步探讨 TA15 合金板材变形温度及变形程度对显微组织及性能的影响规律，为批量生产 TA15 钛合金大规格板材奠定基础。

1 实验

实验材料采用真空自耗两次熔炼，其主要化学成分为：Al 5.5%~7.0%，Zr 1.5%~2.5%，Mo 0.5%~2.0%，V 0.8%~2.5%，其余为 Ti， $\alpha+\beta/\beta$ 转变温度为 980~1 020

，铸锭在 β 区开坯锻造，在 $\alpha+\beta$ 两相区锻制成板坯，保持每一火次相同的适当变形量，执行表 1 所示方案。

表 1 实验方案

Table 1 Experimental schemes				
Scheme	1st heat rolling	2nd heat rolling	3rd heat rolling	4th heat rolling
A	Deformation in $\alpha+\beta$ phase field	Deformation in $\alpha+\beta$ phase field*	—	—
	Deformation in $\alpha+\beta$ phase field	Deformation in β phase field*		
B	Deformation in β phase field	Deformation in $\alpha+\beta$ phase field*	Deformation in $\alpha+\beta$ phase field*	Deformation in $\alpha+\beta$ phase field*

Note: “*”denotes that the process needs test sample.

通信作者：郭志军, 高级工程师; 电话: 0917-3382480; E-mail:gzj468g@sina.com

2 结果与讨论

对各工艺中“*”对应板材经 700~800 , 90 min 热处理后横向取样, 显微组织如图 1 所示。其中 A 方案对应图 1(a), B 方案对应图 1(b), C 方案对应图 1(c)、(d)和(e)。由图 1 可以看出, 对于如图 1 所示的 5 种组织图大致可归为 3 类。第 1 类: 各个方向具有大致相等尺寸的等轴 $\alpha+\beta$ 加工组织(见图 1(a)、(d)、(e)); 第 2 类: 片状的魏氏组织(见图 1(b)); 第 3 类: 短板条状的网篮组织(见图 1(c))。

2.1 等轴 $\alpha+\beta$ 加工组织

图 1(a)所示的组织经连续 2 次($\alpha+\beta$)相区变形。图 1(d)和(e)的经 β 变形+连续的 2、3 次($\alpha+\beta$)相区变形。

连续的两次及以上($\alpha+\beta$)相区变形, 保证($\alpha+\beta$)相区足够的变形, α 相、 β 相被压扁, 沿着金属流向的方向发生拉长并破碎, 从而获得了等轴 $\alpha+\beta$ 加工组织, 两图的差异表明较大的变形程度细化了晶粒。

2.2 片状的魏氏组织

分析图 1(b)所示的经($\alpha+\beta$)相区变形和 β 相区变形的组织可知, 板材经 β 相区变形, 发生 β 晶粒的动态再结晶及 α 相的析出, 粗大的原始 β 晶内具有不同取向的 α 域, α 域内部的 α 片相互平行。

2.3 短板条状的网篮组织

分析图 1(c)所示的经 β 相区变形和($\alpha+\beta$)相区变形组织可知, β 相区变形加随后的($\alpha+\beta$)相区变形是获得网篮组织的关键。在 β 相区变形, 随着温度的降低, 初生 α 相以集束状析出, 在随后的变形中, 产生不同

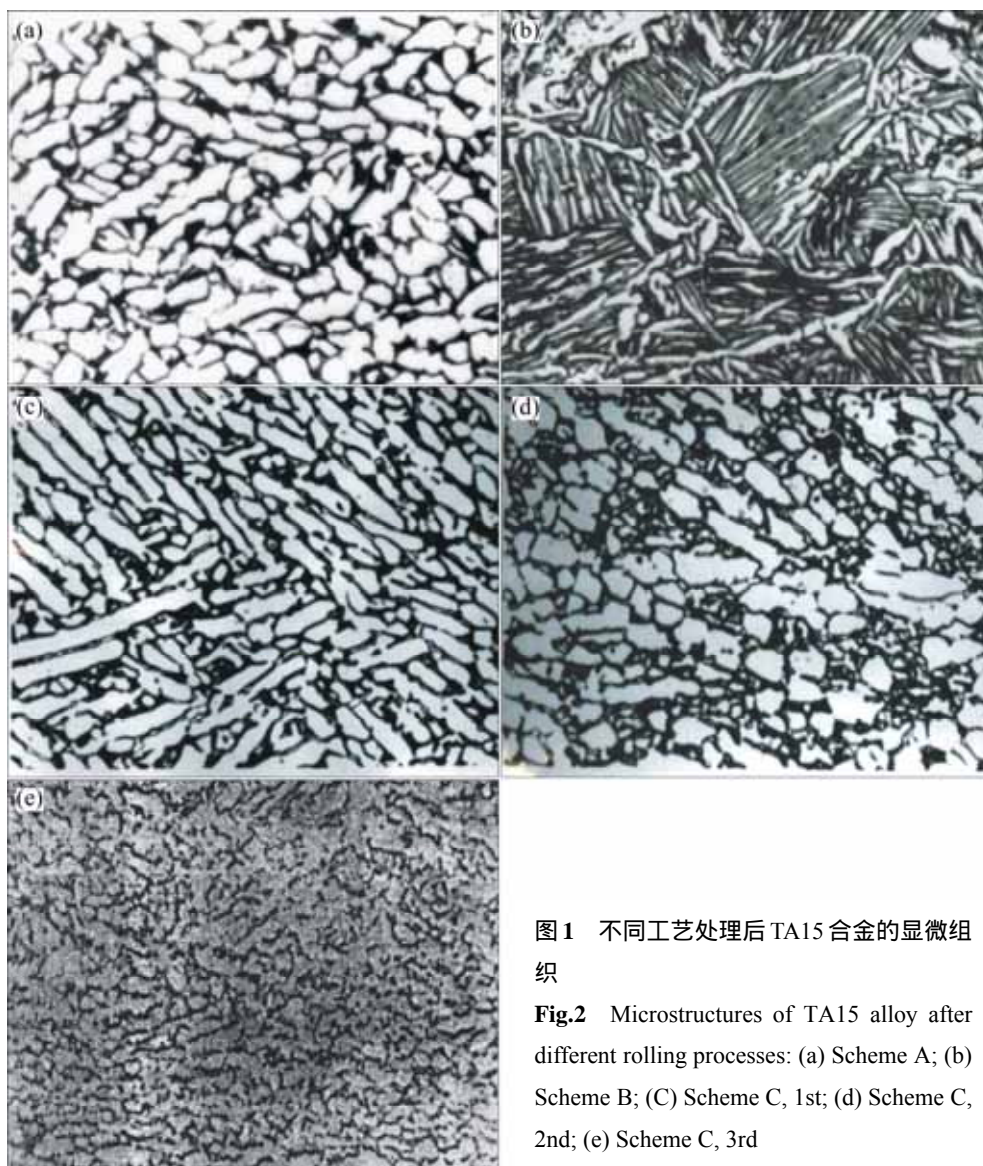


图 1 不同工艺处理后 TA15 合金的显微组织

Fig.2 Microstructures of TA15 alloy after different rolling processes: (a) Scheme A; (b) Scheme B; (c) Scheme C, 1st; (d) Scheme C, 2nd; (e) Scheme C, 3rd

程度的拉长、扭曲和破碎，经过随后的再结晶退火处理，晶粒呈短板条状。

联系等轴组织获得过程，结合图 1(c)、(d)和(e)的差异表明：随着 $(\alpha+\beta)$ 相区变形程度的增大，显微组织形貌呈等轴化、细化的趋势。说明在变形中，不论变形前组织形貌及变形过程如何，保证较大的 $(\alpha+\beta)$ 相区变形总可以获得等轴组织。

2.4 各组织对应性能

对各组织对应板材的性能进行分析，其结果见表 2。从表 2 可知，图 1(a)所示的组织对应良好的室

表 2 图 1 所示的不同组织所对应的力学性能
Table 2 Mechanical properties of bars with different microstructures in Fig.1

Position	σ_b / MPa	$\sigma_{0.2}$ / MPa	δ / %	Ψ / %	a_{ku} / (J·cm ⁻²)	K_{IC} / (MPa·m ^{1/2})
(a)	980	910	16.0	42.5	61.0	67.05
(b)	950	890	10.5	22.5	46.5	103.00
(c)	985	935	13.5	34.5	59.0	78.54
(d)	1 010	970	15.0	40.0	60.0	68.00
(e)	1 040	985	16.0	41.0	59.0	66.40

Note: All the samples were picked in the center of the plates; a_{ku} is the longitudinal mechanical property, and the others are horizontal mechanics properties

温塑性和较低的断裂韧性；图 1(b)的组织对应的塑性较差，断裂韧性较高；图 1(c)的组织相比无明显的特征；图 1(d)和(e)的组织 d、e 同图 1(a)的组织相比，性能特征大致相同，其较高的强度由较大的变形程度决定。

3 结论

1) 对于 TA15 合金，变形温度对其显微组织及性能的影响较大，经过 β 区变形可获得魏氏组织或网篮状加工组织，对应断裂韧性较高，但塑性较差；经过较大的 $\alpha+\beta$ 相区变形，可获得等轴的 $\alpha+\beta$ 加工组织，对应优良的综合性能。

2) 增大 $(\alpha+\beta)$ 相区变形程度使显微组织呈等轴化、细化的趋势，对应的强度也随之升高。

REFERENCES

[1] 魏寿庸. Ti-6.5Al-2Zr-1Mo-1V 钛合金[J]. 稀有金属, 1998, 22(4): 222.
WEI Shou-yong. Ti-6.5Al-2Zr-1Mo-1V titanium alloy[J]. Rare Metal, 1998, 22(4): 222.

(编辑 杨 华)