

文章编号: 1000-582x(2000)03-0020-03

①  
20-22

# 3104 铝合金板材织构和制耳行为研究

黄光杰, 汪凌云

(重庆大学材料科学与工程学院, 重庆 400044)

TG 335.5  
TG 146.21

**摘要:** 采用金相显微镜, X-射线衍射技术和深冲试验等手段, 研究了主要生产工艺因素对 3104 铝合金板材织构和制耳行为的影响。结果表明, 采用适当高的温度大压下率热轧以及在中间退火前小压下率冷轧都可以增加其立方织构  $\{100\} \langle 001 \rangle$  组分, 使成品板材中同时具有较强的立方织构  $\{100\} \langle 001 \rangle$  和变形织构  $\{110\} \langle 112 \rangle$ , 深冲时出现  $0^\circ/90^\circ$  和  $45^\circ$  方向共存的 8 个小制耳, 降低制耳率, 减小各向异性。

**关键词:** 铝合金; 织构; 制耳行为

**中图分类号:** TB 31

**文献标识码:** A

板材 3104 合金  
轧制

3104 铝合金具有强度高、耐蚀性好、良好的深冲和变薄拉深性能, 是制作饮料罐体的理想材料。该合金板材在深冲过程中为了获得尽可能小的制耳率, 不仅具有较高的表面质量、板厚偏差小, 良好的板形和综合力学性能, 更重要的是要有尽可能小的平面塑性各向异性性能。板材的各向异性与合金在塑性加工和热处理中所形成的织构及其变化发展密切相关。当板材内部的织构组态达到一定的相对平衡比例, 表现出较小的各向异性甚至各向同性时, 那么在深冲过程中形成与轧向成  $0^\circ/90^\circ$  和  $45^\circ$  的 8 个小制耳甚至不出现制耳, 这一点对板材的深冲是至关重要的。在 3104 铝合金板材生产过程中, 各种因素的作用是很复杂的, 本文中着重探讨热轧条件, 中间退火、冷轧工艺对该合金织构和制耳行为的影响。

## 1 材料与试验

试验用 3104 合金材料化学成分如表 1 所示, 表中含量为重量百分比 (wt%)。将 3104 铝合金经熔炼铸造、均匀化、热轧、冷轧、中间退火、冷轧的工艺加工成薄板材, 取样分别利用金相显微镜进行组织观察, X-射线测定  $\{200\}$  晶面、 $\{220\}$  晶面的取向密度  $\rho_{200}$ 、 $\rho_{220}$ , 并计算再结晶立方织构含量  $A_{CT}$  值 ( $A_{CT} = \beta_{200} / \rho_{200} + \beta_{220} \times 100\%$ ), 冲杯试验测定制耳率  $e$  (各实验点取 3 个样品)。

表 1 3104 合金成分 (%)

元素	Mn	Mg	Cu	Fe	Si	Zn	Ti	Al
含量	1.00	1.09	0.15	0.32	0.22	0.15	0.03	余量

## 2 试验结果分析

### 2.1 热轧温度的影响

在其它工艺参数不变的情况下, 改变热轧终轧温度  $t_r$ , 进行轧制, 板材中立方织构含量  $A_{CT}$  和制耳率  $e$  的变化如表 2 和图 1 所示。图 1 中, 冷轧压下率为 10%, 中间退火温度为 350  $^\circ\text{C}$ 。

表 2 热轧终轧温度不同的轧制板材中立方织构含量

$t_r / ^\circ\text{C}$	$A_{CT} / \%$	
	中间退火板	成品板
200	80	15
240	85	17
280	94	22
320	88	19

从表 2、图 1 可知, 提高热轧终轧温度, 板材中立方织构组分增加, 制耳率降低, 板材各向异性减小, 但终轧温度偏高时, 各向异性增加。

### 2.2 热轧压下率的影响

热轧压下率  $\epsilon_r$  的影响结果示于表 3、图 2 中。图 2 中, 热

• 收稿日期: 1999-10-26

作者简介: 黄光杰 (1964), 男, 重庆人, 重庆大学讲师, 硕士, 从事轻合金材料研究。

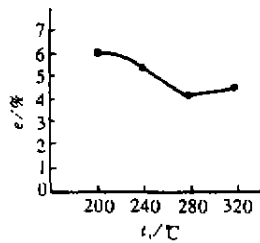


图1 热轧终轧温度对制耳率的影响

轧终轧温度为 280 °C, 冷轧压下率为 10%, 中间退火温度为 350 °C. 热轧压下率增加时, 中间退火后和最终冷轧后立方织构组分增加, 制耳率下降幅度增大, 各向异性明显减小, 这说明提高热轧压下率是有益的。

表3 热轧压下率不同的轧制板材中立方织构含量 %

$\epsilon_1$	$A_{CT}$	
	中间退火板	成品板
93	70	14
95	79	15
97	86	18
99	95	22

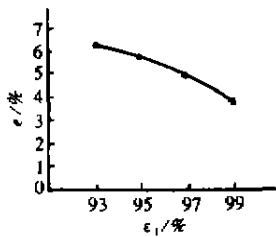


图2 热轧压下率对制耳率的影响

### 2.3 冷轧和中间退火的影响

3104 合金板材生产过程中有中间退火前的冷轧和最终冷轧。该合金板材制耳率与最终冷轧总压下率有关系, 但为了保证合金最终性能, 对最终冷轧总压下率有一定要求, 因而仅分析了中间退火前冷轧压下率  $\epsilon_2$  的影响, 结果示于表 4、图 3 中。图 3 中, 热轧终轧温度为 280 °C, 热轧压下率为 99%, 中间退火温度为 350 °C. 随冷轧压下率增加, 合金中立方织构组分减少, 制耳率提高, 各向异性增大。

表4 中间退火前冷轧压下率不同的轧制板材中立方织构含量 %

$\epsilon_2$	$A_{CT}$	
	中间退火板	成品板
10	94	21
20	88	18
30	83	17
40	72	14

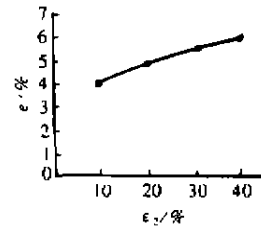


图3 中间退火前冷轧压下率对制耳率的影响

中间退火温度  $t_2$  的影响如表 5、图 4 所示。图 4 中, 热轧终轧温度为 280 °C, 热轧压下率为 99%, 冷轧压下率为 10%。在 350 ~ 500 °C 温度范围内, 板材中立方织构、制耳率变化不大。退火温度高, 制耳率略低一些, 因而用提高中间退火温度并不能有效降低制耳率。

表5 中间退火温度不同的轧制板材中立方织构含量

$t_2$ / °C	$A_{CT}$ / %	
	中间退火板	成品板
350	91	20
400	91	20
450	92	21
500	94	22

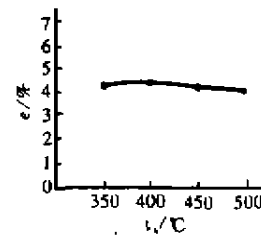


图4 中间退火温度对制耳率的影响

### 3 讨论

要改善 3104 合金板材的各向异性, 降低制耳率, 就必须调整板材的织构。3104 合金板材存在两种类型织构, 一是变形织构  $\{123\}\langle 112\rangle$ 、 $\{110\}\langle 112\rangle$ 、 $\{112\}\langle 111\rangle$ , 二是再结晶立方织构  $\{100\}\langle 001\rangle$ , 前者产生与轧向成 45° 方向制耳, 后者产生与轧向成 0°/90° 方向制耳。在冷轧状态下进行深冲的板材, 其加工工艺应最大限度地增加立方织构数量, 或全力降低变形织构强度, 深冲时才能呈现 0°、45°、90° 制耳倾向, 或减小 45° 制耳高度, 从而实现冷轧状态下板材各向异性趋势。

众所周知, 再结晶是通过形核和核长大来消除变形基体的过程, 其驱动力是热轧回复后还没有释放的那部分储能。合金热轧后组织呈明显的纤维状(图 5),

经中间退火后已再结晶(图6)。再结晶组织的转变,是立方取向的晶粒和随机取向晶粒之间的竞争。立方结构的获得是以 $\{100\}\langle 001\rangle$ 结构为基础,基于再结晶结构形成的择优长大机制,要获得 $\{100\}\langle 001\rangle$ 再结晶立方结构,必须要有足够强的 $\{110\}\langle 112\rangle$ 变形结构,这样 $\{100\}\langle 001\rangle$ 取向的核心才能长大,而使其它取向的核心因为界面迁移速度慢而在竞争生长中被淘汰<sup>[1]</sup>。

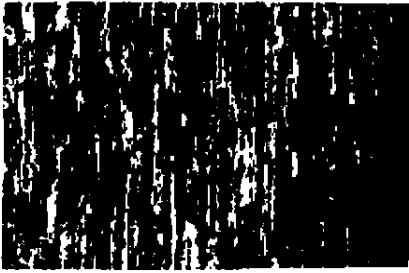


图5 热轧后显微组织  $\times 50$

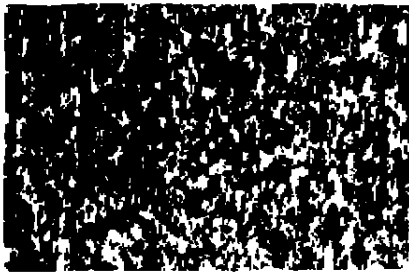


图6 中间退火显微组织  $\times 50$

随着热轧终轧温度提高,板坯中 $\{100\}\langle 001\rangle$ 立方结构核心数量增多(表2),并随中间退火发展较为迅速,经同样冷轧变形程度后,其立方结构的残留较低温热轧时多(表2),制耳率下降(图1);但热轧终轧温度偏高,这时储能不足,没有足够强的 $\{110\}\langle 112\rangle$ 变形结构,基于再结晶结构定向长大机制,中间退火后立方结构含量无法上升到足够的数量;相反,热轧终轧温度偏低时,虽然储能较大,但立方取向核心不足,中间退火后立方结构含量不能达到要求,制耳率偏高。

尽量加大热变形程度是解决立方结构数量的关

键<sup>[2]</sup>。随热轧变形程度加大,热轧板结构从 $\{112\}\langle 111\rangle$ 和 $\{123\}\langle 112\rangle$ 很强的纯金属型变形结构,向 $\{110\}\langle 112\rangle$ 强的合金型结构转变<sup>[3]</sup>;同时由于变形程度加大,内能相应增大,从而使合金在中间退火过程中以自发晶核式加速其再结晶过程和立方结构核心迅速成长<sup>[4]</sup>,因而深冲时其制耳率下降,各向异性减小(表3、图2)。

另外,退火前对热轧带材施以小冷轧变形量,各向异性减小(图3)。这可能是由于小冷轧变形程度对随机取向晶粒的影响比对有着不同几何形状和特性的立方晶粒成核影响更大,因而立方晶粒易成核和退火后能优先长大,立方结构组分增多, $0^\circ/90^\circ$ 制耳增加。预先冷变形程度增加,由于减小了 $\{100\}\langle 001\rangle$ 附近的取向,所以在再结晶时,减少了其立方取向核心的形成,容易向 $45^\circ$ 制耳侧移动,各向异性增加。

#### 4 结论

1) 采用适当高的热轧终轧温度,尽量提高热轧压下率,有利于保证合金最终冷轧后板材中的立方结构数量,降低制耳率,减小各向异性。

2) 在其它工艺参数不变的情况下,仅用提高中间退火温度,并不能有效降低制耳率。

3) 为加速在中间退火过程中立方结构的转变,预先施以轻度冷变形,并用退火条件控制晶粒长大过程,是行之有效的工艺措施。

#### 参 考 文 献

- [1] BUNGE H J. Texture and Mathematic Method in Material Science [M]. London: Butterworths, 1980. 130 ~ 148.
- [2] HUTCHINSON W B. On the microstructure and earing of 3004 hot rolling strip [J]. Material Science and Technology, 1989, 15 (11): 1 118 ~ 1 127.
- [3] RODRIGUES P M B, BATE P S. Texture and earing in aluminum deep drawing [A]. Merchant and Morris, eds. Textures in Non-ferrous Metals and Alloys [C]. Detroit: AIME, 1987. 173 ~ 187.
- [4] 兆尾吉亚. 罐体用 3004H19 板材的各向异性 [J]. 轻合金加工技术, 1989, (6): 17 ~ 20.

(下转 39 页)