

高阻尼铝合金层压板的低温内耗峰^①

罗兵辉 张迎元* 柏振海 朱劲松**

(中南工业大学材料系, 长沙 410083;

* 中船总公司七院第七二五研究所, 洛阳 471039; ** 南京大学物理系, 南京 210093)

摘 要 用受迫振动法测量了铝合金层压板的内耗, 在经 65% 冷变形后的层压板中观测到一个低温内耗峰, 峰巅温度为 55 °C 左右 (频率 0.1, 1 Hz)。随室温时效时间延长, 该峰逐渐减弱直至消失。该峰是层压板中锌铝共析合金晶界结构呈不规则分布造成的, 属晶粒间界内耗峰。随时效时间延长, 该合金不规则晶界被规则多边化晶界替代, α/α 、 α/β 、 β/β 晶粒间界粘滞性滑移被抑制, 内耗峰逐渐减弱, 直至消失。锌铝合金性能的稳定性与晶界特征有关。为了提高锌铝合金的性能稳定性, 要防止晶界特征随时间发生变化。

关键词 高阻尼合金 层压板 晶界 内耗

新近研制的铝合金层压板具有高阻尼等优良的综合性能^[1, 2], 其高阻尼主要是锌铝共析合金提供的^[1, 3]。最近实验发现, 复合后的层压板从 350 °C 淬火后再经 65% 冷变形, 层压板在 50~ 60 °C 温度间出现内耗峰, 但该峰随室温时效时间延长逐渐减弱直至消失。本文基于锌铝共析合金晶界分布特征的变化, 探讨了该内耗峰及其消弱的机制, 并联系该合金力学性能的变化, 为改善层压板及锌铝共析合金的性能提供了理论依据及途径。

1 实验方法

层压板为五层结构^[3], 中心层 LF₄, 占总板厚 60%, 对称包覆的锌铝共析合金占 32%, 外保护层占 8%。五层复合板经 350~ 380 °C 保温 1 h 后热复合 $\xrightarrow{\varepsilon\% = 80\%}$ 层压板在 350 °C 保温 1 h, 18 °C 水淬 $\rightarrow$ 冷轧 (变形量为 65%) 工艺制得。层压板分别经 20 d, 90 d, 1 a 时间室温时效, 制成规格为 48 mm × 30 mm × 1 mm 的试样, 在多功能内耗仪上测试当应变振幅为 $A = 5 \times$

10^{-5} 时内耗随温度的变化曲线, 并相应测出按生产层压板的同一工艺条件制得的锌铝合金在室温下的性能, 在透射电镜下观察其晶界特征。

2 结果及分析

图 1(a)、(b)、(c) 分别为层压板试样在室温时效 20 d, 90 d 及 1 a 后在 0.1、1 Hz 下的内耗、模量随温度的变化曲线。从图 1(a) 可见, 在 ~ 55 °C 出现明显的内耗峰; 随时效时间延长, 内耗峰减弱 (图 1(b)), 直至基本消失 (图 1(c))。对应层压板中对高阻尼起主要作用的锌铝共析合金室温下性能变化如表 1。可见, 随着时效时间延长, Zr-22% Al 合金性能出现不稳定。按生产层压板同一工艺制作的 Zr-22% Al 合金的内耗温度变化曲线如图 2, 可见在室温时效 20 d, 该合金在 60~ 80 °C 出现内耗峰 (曲线 c)。时效 1 a 后, 该峰基本消失 (曲线 d)。据此, 可认为层压板的内耗峰是由锌铝合金造成的, 峰位的不同是由于后者在测试

① 国防科工委基金资助项目 收稿日期: 1996- 11- 15; 修回日期: 1997- 02- 07

罗兵辉, 男, 31 岁, 讲师, 博士研究生

Q^{-1} - t 曲线时升温速度(6 °C/min) 大于层压板的升温速度(3 °C/min)。该合金在室温经 20 d 和 1 a 时效后的组织如图 3(a)、(b)。随时效时间延长, α 相(富 Al 相)及 β 相(富 Zn 相)晶粒多边化, 晶界特征发生变化。

实验^[4]指出晶粒间界具有粘滞性质。当锌铝合金时效时间很短, 即晶粒变化初期, α/α 、

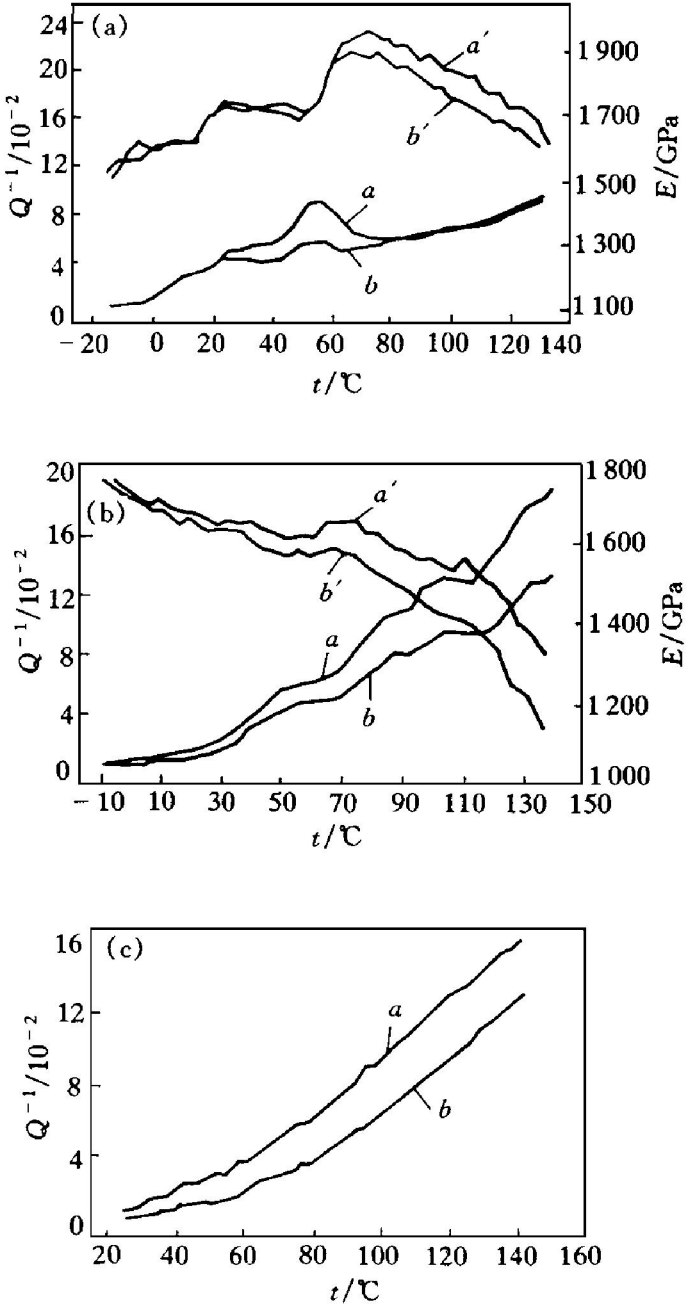


图 1 层压板内耗随温度变化曲线

(a)、(b) 分别为室温时效 20 d、90 d 后的内耗 Q^{-1} 、模量 E 随温度变化曲线, (c) 为室温时效 1 a 后的内耗-温度曲线。图中 a 、 b 分别为频率 0.1、1 Hz 下 Q^{-1} - t 曲线; a' 、

b' 分别为频率 0.1、1 Hz 下 E - t 曲线

表 1 Zr22%Al 合金室温(25 °C) 下性能随时效时间的变化

时效时间	σ_b/MPa	$\delta/\%$	$Q^{-1}/10^{-2}$
20 d	141.6	194.6	4.93
90 d	176.4	151.4	4.81
1 a	193.2	148.6	4.17

α/β 、 β/β 晶界在粘滞滑动过程中就会在上述区域引起弹性畸变, 产生反向应力, 阻碍或制约晶界的粘滞滑动, 因而观测到晶粒间界内耗

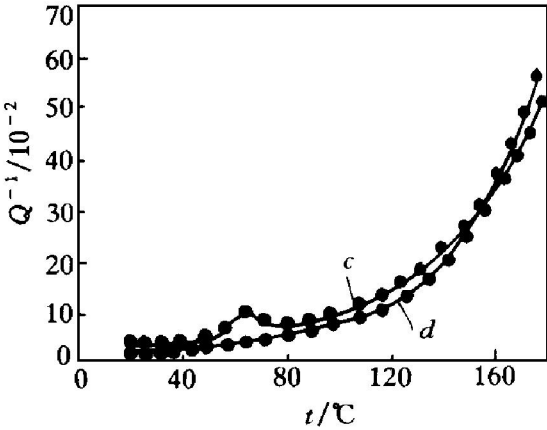


图 2 锌铝共析合金 Q^{-1} - t 曲线($f = 1$ Hz)
 c —室温时效 20 d; d —室温时效 1 a

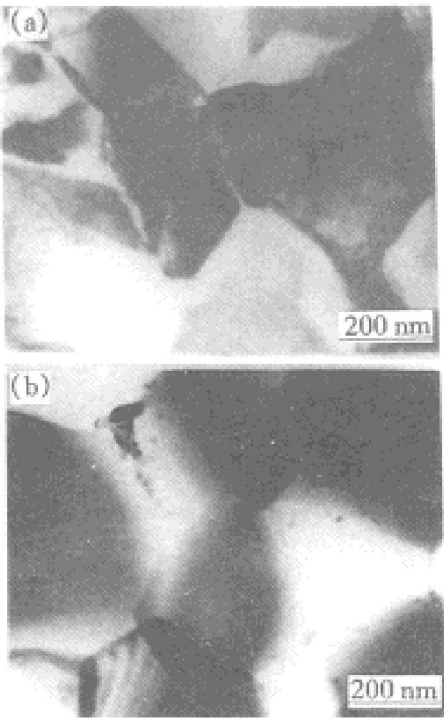


图 3 层压板中锌铝共析合金组织
(a) —时效 20 d; (b) —时效 1 a

峰。图3的晶界结构可用图4(a), (b)所示的模型来说明。

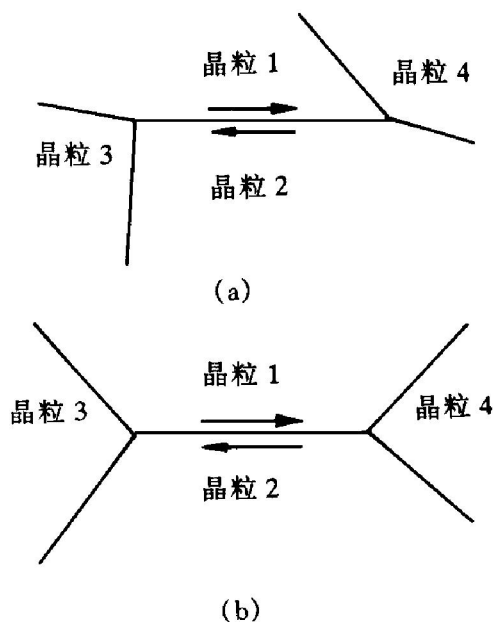


图4 晶界滑移模型

设想晶粒1在晶粒2上进行粘滞性滑移, 如果外加应力不是太高, 那么在晶粒3和晶粒4中只会引起弹性畸变。这样, 在晶粒间界的两端(即晶粒3和晶粒4中)就会引起反抗运动的应力, 必然要反抗晶粒间界的“粘滞性”作

功, 这个功表现为内耗。图4(a)中晶粒能发生一定的滑移, 但也有一定的粘滞阻力, 因此, 必然要作功, 这样对应图3(a), 在某一温度之下, 能量损耗会达到一个峰值。在 Q^{-1} 出现峰值的温度附近, 并非全部晶粒间界, 而只是一部分晶界处于能够耗散大部分能量的状态之下, 故观察到图3(a)中峰值较低。图4(b)中晶粒互相严格制约和牵制, 较小的外加应力在晶粒3和晶粒4中就会引起较大的畸变, 当位移增大时, 反抗应力也随之增大, 所以晶粒间界层被“锁住”, 根本不能进行滑移, 因此也不会发生能量损耗。因而随时效时间延长, α 、 β 相晶粒的形状发生变化, 即渐趋多边化, 晶界交角形状、大小均匀, 这样, 不规则晶界逐渐被多边化后规则晶界所替代, 引起晶界峰减弱, 直至消失, 同时导致合金性能发生变化。

参考文献

- 1 Luo B H, Zhou S C. Trans Nonferrous Met Soc China, 1994, 4(3): 102- 105.
- 2 罗兵辉. 中南工业大学学报, 1995, 26(2): 213- 217.
- 3 罗兵辉. 中国有色金属学报, 1996, 6(3): 131- 134.
- 4 Kê T S. Phys Rev, 1947, 41: 533.

INTERNAL FRICTION PEAK OF ALUMINIUM ALLOY LAMINATES WITH HIGH DAMPING

Luo Binghui, Zhang Yingyuan^{*}, Bo Zhenghai, Zhu Jingsong^{**}

Department of Materials Science and Engineering,

Central South University of Technology, Changsha 410083

^{*} *China Ship Industry General Corporation, Luoyang 471039*

^{**} *Department of Physics, University of Nanjing, Nanjing 210093*

ABSTRACT Internal friction of aluminium alloy laminates with a reduction of area by 65% at room temperature was measured with forced vibration method. Internal friction peaks vs temperature were observed around 55 °C (frequency 0.1, 1 Hz). With the ageing time lengthened, the peak weakened gradually and disappeared completely after a year. Preliminary discussions were made on the mechanism of this internal friction peak associated with the laminates' properties.

Key words internal friction aluminium alloy laminates boundaries

(编辑 彭超群)