

[文章编号] 1004- 0609(2001)S1- 0068- 04

# 镧对 Zr-22%Al 减振合金组织和力学性能的影响<sup>①</sup>

庞绍平, 黄元峰, 石云宝, 张持重, 刘 源

(北华大学 机械工程学院, 吉林 132021)

**[摘 要]** 通过测试抗拉强度的自然时效、人工时效曲线, 采用光学显微镜、透射电镜及扫描电镜的观察, 研究了微量 La 对 Zr-22% Al 减振合金显微组织和力学性能的影响。结果表明: La 具有细化 Zr-22% Al 合金的组织并阻碍时效时晶粒长大和等轴程度降低的作用; 在低于温轧温度(80 ℃)下时效时, 加 La 和不加 La 的 Zr-22% Al 合金的室温力学性能保持不变; La 可提高 Zr-22% Al 合金的强度以及时效时力学性能的稳定性的。

**[关键词]** La; Zr-22% Al 合金; 时效; 显微组织; 力学性能

**[中图分类号]** TG 113. 12; TG 113. 25

**[文献标识码]** A

减振合金具有减振降噪的特性, 此类合金可通过材料内部的各种阻尼机制吸收外界振动能, 并将其转化成热能而耗散, 应用于生产机电产品的零部件能达到减振降噪的功效, 是一种新颖的功能性结构材料。由于减振合金能直接从振源或噪声源的结构材料本身解决减振或降噪问题, 相比传统的采用改进结构设计、提高零件加工及装配精度、附加减振器和消声器的方法, 具有工艺简便、适用范围广、成本低、技术先进、效果好等优点。目前, 国内外已在军用和民用机电产品方面有针对性地研制出多种减振合金<sup>[1~ 3]</sup>。

在已开发的减振合金中, Zr-22% Al 合金具有减振能力强、工艺性能优良、材料成本低、非磁性等特点, 应用比较广泛。但一些研究发现<sup>[4]</sup>, 淬火后冷轧的 Zr-22% Al 合金在自然时效过程中, 减振性能逐渐降低, 抗拉强度逐渐升高。作者在研究 Zr 对其组织和力学性能的影响<sup>[5]</sup>及 La 对其减振性能影响<sup>[6]</sup>的基础上, 进一步考察了 La 对其组织和力学性能的影响。

## 1 实验

原材料采用 1<sup>#</sup> 纯 Zn 和 L02 纯 Al, La 以 Al-11.45% La 中间合金加入, 所配合金的化学成分如表 1 所示。将配好的合金放入井式电阻炉石墨坩锅中熔炼, 用六氯乙烷除气, 在循环水冷却钢模中浇注, 浇注温度为 680~ 720 ℃。铸锭经 350 ℃, 14 h 均匀化→刨面清洗→350 ℃热轧→350 ℃, 3 h, 水淬

表 1 实验用合金的化学成分

Table 1 Chemical composition of alloys  
(mass fraction, %)

| Alloy No. | Al | La      |            | Zn      |
|-----------|----|---------|------------|---------|
|           |    | Nominal | Analytical |         |
| 0         | 22 | —       | —          | Balance |
| 1         | 22 | 0.05    | 0.07       | Balance |
| 2         | 22 | 0.10    | 0.12       | Balance |
| 3         | 22 | 0.15    | 0.19       | Balance |

→80 ℃温轧→剪切等过程, 制成厚度为 1 mm 的片状拉伸试样。

将各号合金试样分成 3 组, 分别置于空气, 50 ℃和 150 ℃的箱式电阻炉中进行自然时效和人工时效。拉伸试验在 WD-10A 型电子万能试验机上进行, 拉伸速度为 10 mm/min, 每个状态测量 3 个试样, 取其平均值。

金相组织观察和照相在 POLYVAR-MET 立式显微镜上进行。试样磨至 2000<sup>#</sup> 砂纸后用 MgO 水浊液抛光, 浸蚀剂为 20 g CrO<sub>3</sub>+ 1.5 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+ 100 mL H<sub>2</sub>O 溶液, 浸蚀后立即用 20% CrO<sub>3</sub> 水溶液清洗, 然后再用流水冲洗。

利用 H-800 型透射电子显微镜比较了晶粒的大小和形状变化。试样经机械减薄后厚度小于 0.1 mm, 再经过双喷电解穿孔制成, 电解液为 10% HClO<sub>4</sub>+ 90% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 溶液, 工作电压 20 V, 电流 20~ 25 mA, 液氮保护, 工作温度低于- 15 ℃。

借助于 X-650 型扫描电子显微镜对拉伸断口进行扫描形貌观察。

① [收稿日期] 2000- 09- 22; [修订日期] 2001- 02- 15

[作者简介] 庞绍平(1962- ), 男, 副教授, 硕士。

2 结果与分析

图 1 所示为 0<sup>#</sup>, 3<sup>#</sup> 合金经 50 ℃时效后的室温强度-时间关系曲线。从图 1 可见, 合金的强度值恒定不变, 不随时效时间的推移而变化, La 的加入提高了 Zr-22% Al 合金的强度。图 2 所示为合金经 150 ℃时效后的室温强度-时间关系曲线。由图 2

可见, 当时效温度超过轧制温度时合金的性能就不稳定了, 强度随时效时间的推移而升高, 未加 La 的 0<sup>#</sup> 合金的时效曲线最陡, 强度增加量最大, 加 La 的 3<sup>#</sup> 合金的时效曲线则较平缓, 强度增加量较小。图 3 所示为 0<sup>#</sup> ~ 3<sup>#</sup> 合金的铸造组织, 其白色树

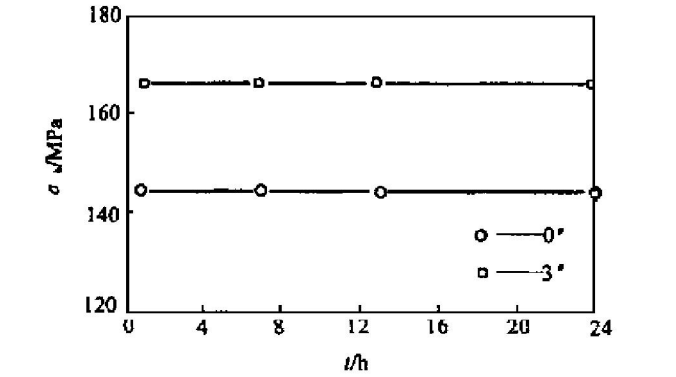


图 1 Zr-Al(La) 合金经 50 ℃时效后的强度-时间关系曲线

**Fig. 1** Dependence of tensile strength of Zr-Al(La) alloys on annealing time after annealing at 50 °C

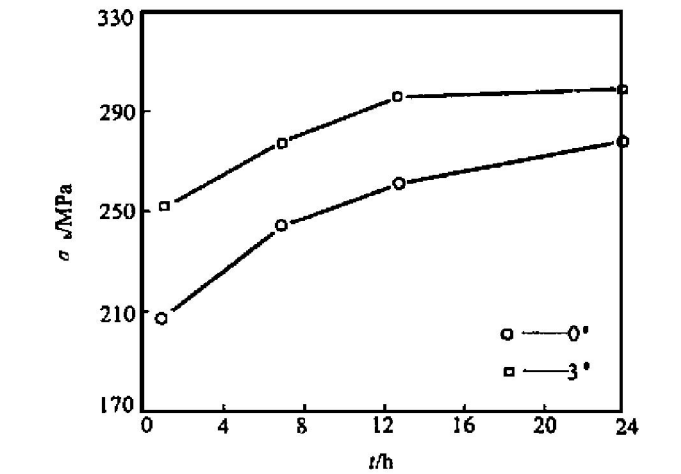


图 2 Zr-Al(La) 合金经 150 ℃时效后的强度-时间曲线

**Fig. 2** Dependence of tensile strength of Zr-Al(La) alloys on annealing time after annealing at 150 °C

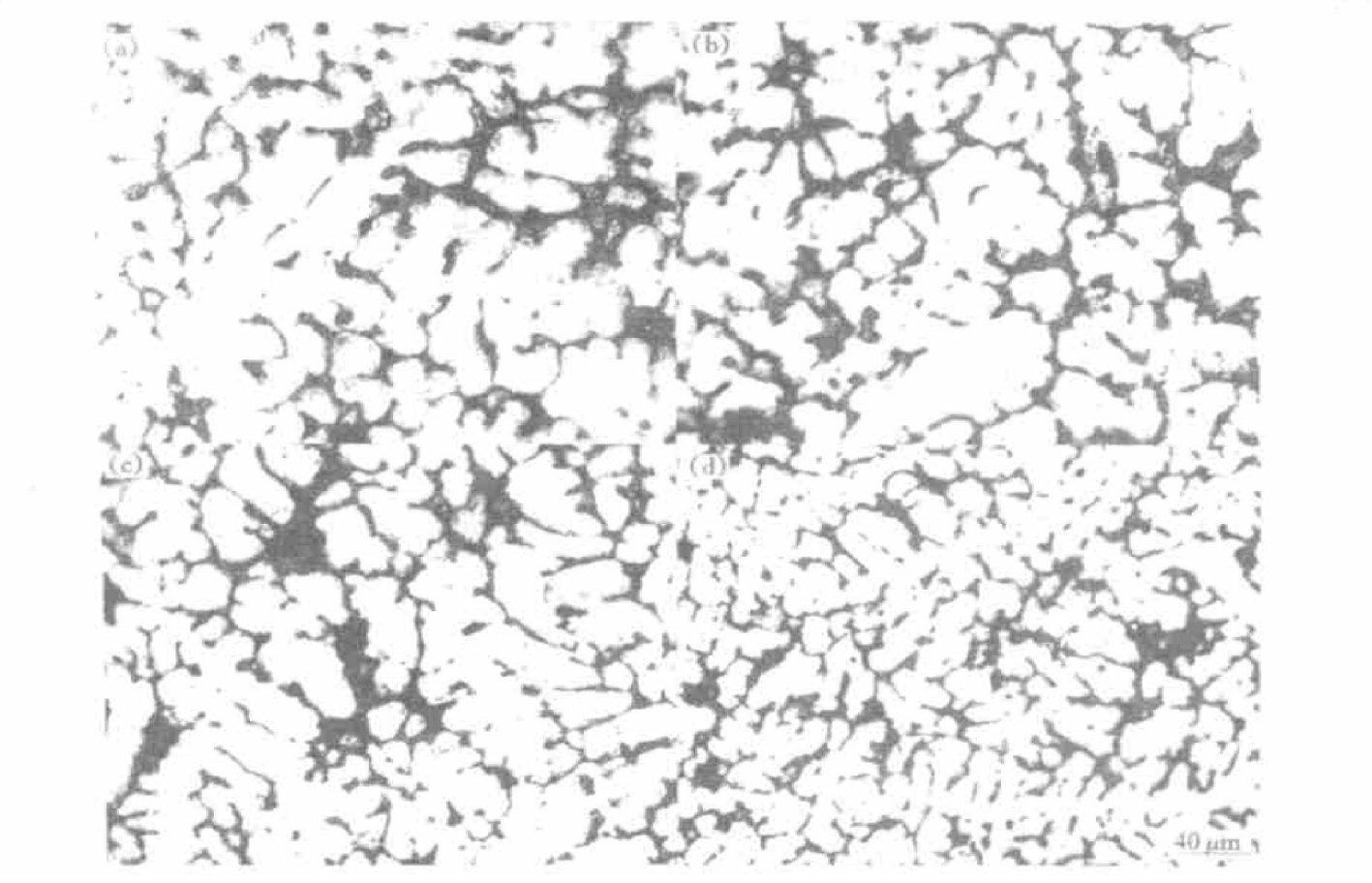


图 3 Zr-Al(La) 合金的铸态组织

**Fig. 3** As-cast microstructures of Zr-Al(La) alloys

(a) —No. 0 alloy; (b) —No. 1 alloy; (c) —No. 2 alloy; (d) —No. 3 alloy

枝状晶为富 Al 的  $\alpha$  相, 墨色基体为富 Zn 的  $\beta$  相。从图 3 可看出, La 的加入使  $\alpha$  相得到细化, 随着 La 含量增加  $\alpha$  相被细化的程度增大。图 4 所示为 0<sup>#</sup>, 3<sup>#</sup> 合金自然时效态和经 150 °C 时效 24 h 的

TEM 组织。可以看出, 在相同的时效条件下, 未加 La 的 0<sup>#</sup> 合金的晶粒较加 La 的 3<sup>#</sup> 合金粗大, 而且等轴程度较低, 表明 La 具有阻碍 Zr-22% Al 合金时效时晶粒长大及等轴程度降低的作用。图 5 所

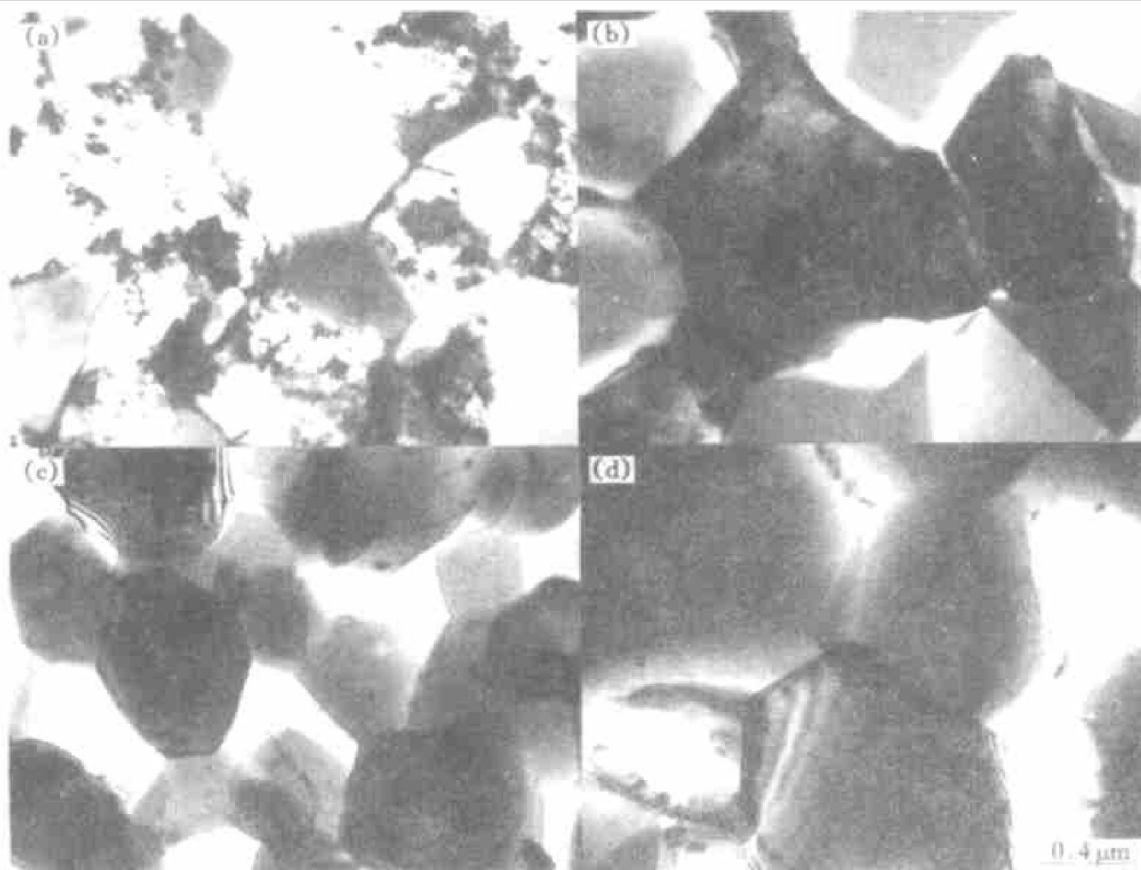


图 4 Zr-Al(La) 合金的 TME 组织

**Fig. 4** TME morphologies of Zr-Al(La) alloys

(a) —No. 0 alloy, natural ageing; (b) —No. 0 alloy, 150 °C, 24 h ageing;  
(c) —No. 3 alloy, natural ageing; (d) —No. 3 alloy, 150 °C, 24 h ageing

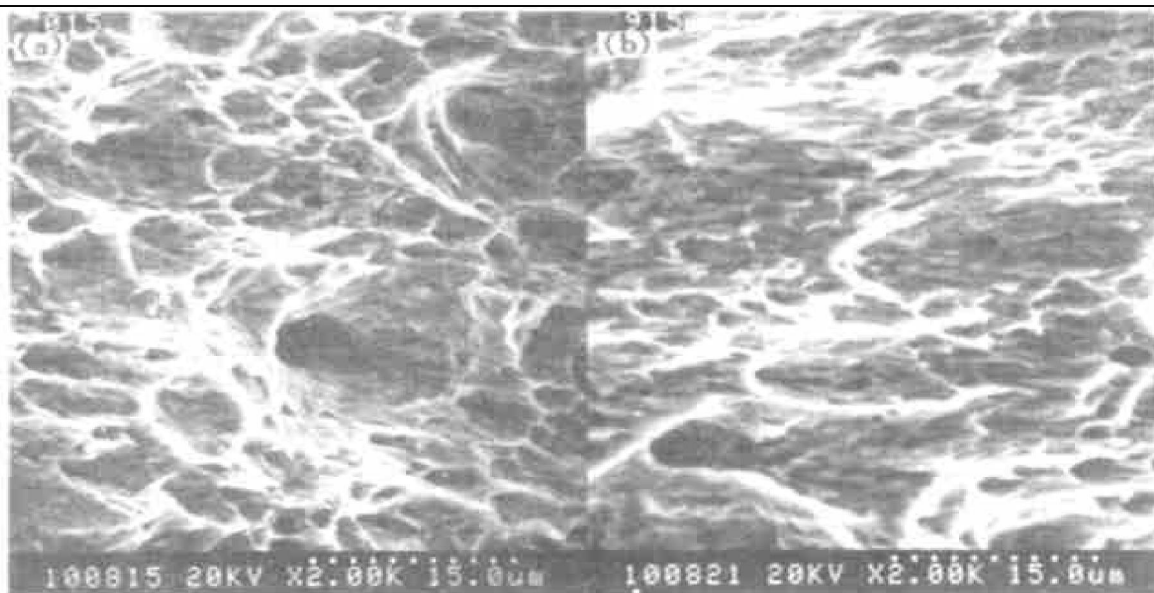


图 5 Zr-Al(La) 合金经 150 °C, 24 h 时效后的拉伸断口形貌

**Fig. 5** Tensile fracture morphologies of Zr-Al(La) alloys after ageing at 150 °C for 24 h

(a) —No. 0 alloy; (b) —No. 3 alloy

示为 0<sup>#</sup>, 3<sup>#</sup> 合金经 150 °C, 24 h 时效的拉伸断口形貌。由图可看出, 合金呈韧性断裂, 这与拉伸时表现出的高塑性相对应。加 La 的 3<sup>#</sup> 合金断口上的韧窝比未加 La 的 0<sup>#</sup> 合金细密, 这是添加元素对时效过程中的晶粒长大有阻碍作用, 使得断裂时微孔形核的数量较多所致。

### 3 讨论

由拉伸试验表现出的 100% 以上的延伸率及有关资料<sup>[4]</sup> 得知, Zr-22% Al 合金属于超塑性合金, 其在塑性变形过程中无晶粒被拉长和加工硬化现象, 塑性变形不是靠位错滑移而是靠晶界滑动来实现的, 晶粒越细、等轴程度越高, 则晶粒之间发生滑动所需要的力愈小。此外, 由于实际材料晶粒形状完全是等轴状的, 随着塑性变形的进行, 在一些晶粒棱角比较尖锐而妨碍它们相互滑动的地方, 会发生晶粒外层因相互研磨而脱落成“碎屑”, 这不仅使晶粒的等轴程度得到提高, 而且使晶粒在这些“碎屑”中滑动变得容易进行。显然, 80 °C 轧制的 Zr-22% Al 合金经 150 °C 时效时, 由于晶粒长大, 等轴程度降低, 相邻晶粒之间的接触面积增大, 使得它们之间发生滑动所需要的应力增大。在添加 La 的合金中, 由于 La 固溶在晶内或分布在晶界上都降低了原子的扩散速度, 增大了原子的扩散激活能, 妨碍了晶粒的长大和等轴程度的降低, 延缓了合金的时效过程, 致使加 La 的 3<sup>#</sup> 合金的时效曲线较未加 La 的 0<sup>#</sup> 合金的平稳。

当时效温度低于轧制温度时, 合金的组织 and 性能将保持恒定, 不随时效时间的推移而变化, 这可

从 50 °C 时效试验结果得到证实, 而加 La 的合金的强度高于不加 La 的合金, 这是由于加 La 后使  $\alpha$ 、 $\beta$  相晶粒产生固溶强化, “碎屑”不易形成, 并且产生晶界强化, 使晶界滑动较困难所致。

### [ REFERENCES ]

- [ 1 ] GU Ming( 顾 敏), GAO Guang-hui ( 高光慧). 具有高阻尼特性的 Al 系合金及其用途[ J ]. Shanghai Metals ( Nonferrous Fascicule) [ 上海金属( 有色分册) ], 1990, 11( 5 ): 13- 19.
- [ 2 ] Masumoto. Effect of Cold Working on Damping Characteristics of Al-Zn Alloys [ J ]. Nippon Kinzoku Gakkaishi, 1982, 46( 9 ): 929- 934.
- [ 3 ] CAI Qiang ( 蔡 强). Zinc Alloys ( 锌合金) [ M ]. Changsha: Central South University of Technology Press, 1987.
- [ 4 ] QIU Tong-ji ( 邱同济), LI Shi-min ( 李世民等), ZHANG Wei-qi ( 张维奇), et al. 冷轧 Zr-22% Al 合金力学性能的研究[ J ]. Journal of Nonferrous Metals and Rare Earth Use ( 有色金属与稀土应用), 1981, 4: 1- 8.
- [ 5 ] PANG Shao-ping( 庞绍平), QUAN Mei-hua( 全梅花), SHI Yun-bao( 石云宝), et al. 镧对高阻尼 Zr-22% Al 合金显微组织和力学性能的影响[ J ]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals ( 中国有色金属学报), 1998, 8( 1 ): 69- 73.
- [ 6 ] PANG Shao-ping( 庞绍平), SHI Yun-bao( 石云宝), HUANG Yuan-feng( 黄元峰), et al. Ce, La 对 Zr-22% Al 合金阻尼稳定性的影响[ J ]. Rare Metal Materials and Engineering ( 稀有金属材料与工程), 2000, 29 ( 3 ): 204- 206.

## Effects of La on microstructures and mechanical properties of Zr-22%Al vibration damping alloy

PANG Shao-ping, HUNAG Yuang-feng, SHI Yun-bao, ZHANG Chi-zhong, LIU Yuan  
( School of Mechanical Engineering, Beihua University, Jilin 132021, P. R. China )

**[ Abstract ]** The effects of La on microstructures and mechanical properties of Zr-22% Al vibration alloy have been studied by measuring the curves of tensile strength versus natural ageing and artificial ageing time and by means of OM, TEM and SEM. The results show that La can refine the microstructure of Zr-22% Al alloy, slow down the grain growth and reduce the equiaxial degree during ageing, that the strength of Zr-22% Al ( La ) alloys and Zr-22% Al alloy remains constant after ageing below the warm-rolling temperature, and that La can improve the strength and the stability of mechanical properties of Zr-22% Al alloy.

**[ Key words ]** La; Zr-22% Al alloy; ageing; microstructures; mechanical properties

( 编辑 何学锋 )