

[文章编号] 1004- 0609(2001)S1- 0072- 03

稀土对 ZA27 合金组成相的影响^①

谭银元, 严汉芳

(武汉船舶职业技术学院 船舶工程系, 武汉 430050)

[摘 要] 研究了稀土对 ZA27 合金力学性能和组成相的分布、形状及数量的影响。结果表明, 稀土能细化晶粒, 提高力学性能, 使树枝状的 α 相变成杆状分布, ϵ 相呈弥散分布, α 相数量变少, ϵ 和 η 相数量增多。

[关键词] 稀土; ZA27 合金; 力学性能; 相

[中图分类号] TG 146. 2⁺ 1; TG 146. 4⁺ 5

[文献标识码] A

ZA27 合金作为铜合金的替代材料, 以其优良的综合力学性能和耐磨减摩性能而被广泛应用于制造轴套、轴瓦、蜗轮、滑块等耐磨机件, 产生了良好的经济效益^[1, 2]。为了提高 ZA27 合金的力学性能和耐磨性, 国内外研究者常在合金中加入稀土元素以细化晶粒^[3~ 10], 针对稀土对 ZA27 合金的力学性能和耐磨性的影响作了大量研究^[11, 12], 而稀土对 ZA27 合金组成相的影响还有待进一步研究。本文作者结合实验结果, 探讨了稀土对 ZA27 合金力学性能和组成相的分布、形状及数量的影响。

1 实验

采用 Zn - 1, Al₀₀ 铝, Mg - 1 等金属材料在石墨坩埚电阻炉中熔制合金。铜以 Al-50% Cu 中间合金的形式加入, 镁待合金完全熔化后, 用钟罩压入, 稀土以 Al-12% RE 中间合金的形式加入。合金成分(质量分数, %) 为 25~ 28Al, 2~ 2.5Cu, 0.01~ 0.03Mg, 其余为锌。精炼剂选用六氯乙烷, 合金经熔化、精炼、变质后, 浇注成金属型铸态抗拉试样, 然后进行力学性能实验、金相观察、电镜及能谱结构分析等。拉伸试验在万能材料试验机上进行, 在拉伸试验后的试样端部制取金相试样, 在光学显微镜和 AMRAY 扫描电镜上观察不同稀土加入量对 ZA27 合金组成相的分布、形状及数量的影响, 并用 EDX9800 能谱仪进行微区成分分析。

2 结果

2.1 稀土对力学性能的影响

从表 1 可见, 加入适量的稀土可以提高合金力学性能, 但加入过多的稀土虽使硬度稍有提高, 但降低抗拉强度。金相组织观察表明, 适量的稀土可细化晶粒, 如图 1 所示, 当稀土中间合金加入量超过 0.9% 时, 组织中析出过多块状化合物, 对基体起割裂作用, 因而降低抗拉强度。

表 1 稀土对 ZA27 合金力学性能的影响

Table 1 Effect of RE on mechanical properties of ZA27 alloy

$w(\text{Al-RE})/\%$	σ_b/MPa	HBC	Remarks
0	372	104	
0.3	378	106	
0.5	383	107	Average
0.7	392	114	value of
0.9	416	121	four samples
1.1	394	123	
1.3	386	124	

2.2 稀土对 ZA27 合金组成相的影响

图 2 所示为 ZA27 合金在扫描电镜下的形貌照片。ZA27 合金的组成相主要为富铝的初生 α 相, 其周围分布有富锌的 η 相和富铜的 ϵ 相。未加入稀土时, α 相以树枝状形式生长, ϵ 相以树枝形式分布, ϵ 相分布不均匀; 加入适量的稀土时, α 相以杆状或粒状形式生长, ϵ 相存在于杆状或粒状的 α 枝晶之间, 呈弥散分布。

用定量分析法人工测定了组成相 ϵ 和 η 的数量和晶粒大小, 如表 2 所示, 随稀土的加入, α 相数量变少, ϵ 和 η 相数量增多, 可见稀土的加入促进了 ZA27 合金共晶(析)转变。将 ϵ 相放大, 发现 ϵ 相呈蠕虫状, 与 η 相有明显分界线。

① [收稿日期] 2000- 10- 23; [修订日期] 2001- 01- 18

[作者简介] 谭银元(1964-), 男, 副教授, 硕士。



图 1 稀土对 ZA27 合金显微组织的影响

Fig. 1 Effect of RE on microstructures of ZA27 alloy

(a) -AlRE 0.3%; (b) -AlRE 0.9%; (c) -AlRE 1.3%

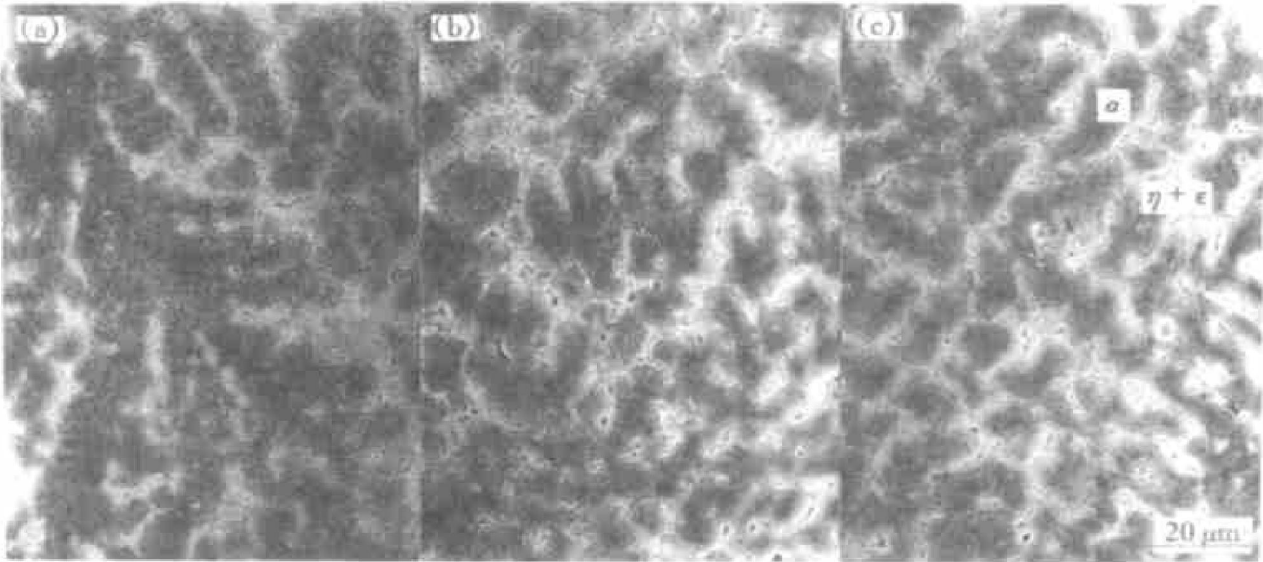


图 2 稀土对 ZA27 合金组成相的分布、形状及数量的影响

Fig. 2 Effect of RE on distribution, shape and quantity of constituent phases of ZA27 alloy

(a) -AlRE, 0%; (b) -AlRE, 0.5%; (c) -AlRE, 0.9%

表 2 $\epsilon + \eta$ 的数量和晶粒大小

Table 2 Quantity and size of $\epsilon + \eta$

Content of AlRE	0.3%	0.9%
$\varphi(\epsilon + \eta) / \%$	8.7	22.6
Crystal distance/ μm	125	23

3 分析与讨论

3.1 稀土的存在形式

根据能谱分析的结果发现, 稀土不存在于 ZA27 合金的组成相中, 而是以稀土化合物的形式存在。原因是稀土中的铈原子半径为 1.825 Å 而锌、铝的原子半径分别是 1.25 Å 和 1.43 Å 铈与锌、铝的原子半径差分别达到 27% 和 46%。根据形成一次固溶体时原子尺寸对固溶度影响的经验规

律, 当原子半径差的相对值大于 15% 时, 只能形成固溶度很小的固溶体, 因此, 稀土在锌、铝中的溶解度很低。

3.2 稀土的变质机理

稀土在 ZA27 合金中溶解度极小, 属于表面活性元素, 随稀土加入量的增加, 稀土在界面前富集, 阻碍初生晶生长, 此外稀土偏析引起的成分过冷, 使枝晶生长过程中出现缩颈, 缩颈部位熔点低又薄弱, 故易熔断、脱落而卷入内部, 起细化晶粒的作用。

3.3 稀土对组成相的影响

稀土的加入, 使共晶(析)体的数量明显增加, 初生枝晶从树枝状明显变成短棒状或粒状, ϵ 相变

小, 分布均匀, 说明稀土不仅起细化晶粒的作用, 同时加速共晶(析)转变的进行。此外, 由于ZA27合金中Cu的分布不均匀, ϵ 相沿Cu浓度富集的方向生长, 因此呈蠕虫状。

4 结论

1) 在ZA27合金中加入适量的稀土, 可细化晶粒, 提高力学性能。

2) 稀土明显改变ZA27合金组成相的形状和数量, 使 α 相从树枝状变成短棒状或粒状, ϵ 相呈弥散分布, α 相数量变少, $\epsilon+\eta$ 相数量增多。

[REFERENCES]

- [1] Muthukumarasamy S, Seshan S. Structure and properties of fiber reinforced Zr27% Al alloys based casts MMCs [J] Composites, 1995: 387– 393.
- [2] Mahanti R K, Lai K, Sivaramkrishnan C S, et al. Influence of filler and microaddition on the microstructure and properties of Zr-Al foundry alloy [J]. The Transaction of American Society, 1992, 100: 857.
- [3] ZENG Ling-min, ZHUANG Ying-hong, LI Jun-qin, et al. X-ray powder diffraction study for RE compound GdNiSn [J]. Trans Nonferrous Met Soc China, 1996, 6 (1): 51– 53.
- [4] LIAO Heng-cheng (廖恒成), SUN Yu (孙 瑜), SUN Guo-xiong (孙国雄), et al. 混合稀土对 Sr 变质近共晶 Al-Si 合金组织的影响 [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals (中国有色金属学报), 2000, 10 (5): 640– 644.
- [5] LIU Jin-shui (刘金水), XIE Xian-qing (谢贤清), JING Bin (蒋 冰). Ce 对 Zr-Al 合金组织与性能的影响 [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals (中国有色金属学报), 1998, 8 (Suppl. 1): 6– 10.
- [6] GUO Zhong-cheng, ZHU Cheng-yi, ZHAI Da-cheng, et al. Microstructure of electrodeposited RE-Ni-W-P-SiC composite coating [J]. Trans Nonferrous Met Soc China, 2000, 10 (1): 50– 52.
- [7] WANG Qu-dong, LU Yi-zheng, ZENG Xiao-qin, et al. Effects of RE on microstructure and properties of AZ91 magnesium alloy [J]. Trans Nonferrous Met Soc China, 2000, 10 (2): 235– 239.
- [8] XU Qing (徐 庆), CHEN Wen (陈 文), YUAN Run-zhang (袁润章). ZnO 籽晶对 ZnO-Bi₂O₃-TiO₂-Sb₂O₃ 系陶瓷微观结构和压敏性能的影响 [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals (中国有色金属学报), 2000, 10 (Suppl. 1): 69– 72.
- [9] CHEN Zheng (陈 铮), WANG Yong-xin (王永欣), DING Zhan-lai (丁占来), et al. Ce 对 2090 铝锂合金中精细结构的影响机制 [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals (中国有色金属学报), 1998, 8 (Suppl. 1): 25– 29.
- [10] YANG Lir-shuan, LIU Yong-chang, YANG Gen-cang, et al. Creep characteristics of high silicon ZA27 alloy prepared by spray deposition [J]. Trans Nonferrous Met Soc China, 1996, 6 (2): 95– 100.
- [11] YANG Lir-shuan, LIU Yong-chang, YANG Gen-cang, et al. Friction-wear property of high silicon ZA27 alloy prepared by spray deposition [J]. Trans Nonferrous Met Soc China, 1996, 6 (4): 105– 109.
- [12] ZHANG Fu-quan (张福全), SHU Zhen (舒 震). 高铝锌合金加铈变质的研究 [J]. Special Casting & Nonferrous Alloys (特种铸造及有色合金), 1992 (2): 1– 4.

Effect of RE on constituent phases of ZA27 alloy

TAN Ying-yuan, YAN Han-fang

(Department of Shipbuilding Engineering, Wuhan Shipbuilding Polytechnic College,
Wuhan 430050, P. R. China)

[Abstract] The effects of RE on mechanical properties and constituent phase distribution, shape and quantity of ZA27 alloy have been studied. The experiment results show that the RE can refine grain and raise mechanical properties; the α phase can change from bar form to branches, ϵ phase can distribute dispersively; α phase decreases and $\epsilon+\eta$ phase increases.

[Key words] RE; ZA27 alloy, mechanical properties; phase

(编辑 何学锋)