

文章编号: 1673- 9620 (2007) 04- 0010- 03

含稀土钇铸态 Mg- Al- Ca- Ti 合金的组织 and 性能^{*}

谢 飞, 胡 静, 左晓千

(江苏工业学院 材料科学与工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 在 Mg- Al- Ca- Ti 合金中添加稀土元素钇 (Y) 获得含稀土的铸造镁合金。通过 X 射线衍射物相分析、显微组织观察和显微硬度的测试, 探寻稀土元素 Y 对铸态镁合金相结构、组织和力学性能的影响。结果表明, 加入一定量的稀土元素 Y 改变了铸造 Mg- Al- Ca- Ti 合金的组织形态与相结构, 微量稀土元素 Y 影响 Al- Mg- Ca- Ti 合金中第二相的数量、形态和分布, 显著提高合金的显微硬度, 有望改进铸造镁合金的室温和高温力学性能。

关键词: 镁合金; 钇; 显微组织; 显微硬度

中图分类号: TG 146

文献标识码: A

Microstructure and Property of As- Cast Mg- Al- Ca- Ti Magnesium Alloy Containing Yttrium

XIE Fei, HU Jing, ZUO Xiao- qian

(School of Materials Science and Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

Abstract: As- cast magnesium alloy containing Y was obtained by adding Y to Mg- Al- Ca- Ti alloy. The effect of small amounts of yttrium additions on phases, microstructure and hardness of magnesium- based alloys was investigated by X- ray diffraction, microstructure investigation and Vickers' hardness measurement. The results showed that the microstructure of the as- cast magnesium alloy was changed by the addition of yttrium. The amount, morphology and distribution of the precipitated phases were modified. And the Vickers' hardness increased. It is expected that the mechanical properties of the magnesium alloy at room and high temperature may be improved.

Key words: magnesium alloys; Yttrium; microstructure; Vickers' hardness

镁合金具有较高的比强度, 其比刚度与铝合金和钢相当; 镁合金的力学性能优良, 具有良好的切削加工性能和铸造性能, 特别适用于进行高效率的压铸生产; 高纯镁合金还具有良好的导电导热性以及电磁屏蔽性等优点^[1,2]。

镁合金中的 Mg- Al 系合金是目前牌号最多、应用最广的镁合金系列, 其成本较低, 容易获得高

的强度、延展性和抗大气腐蚀能力^[1]。在 Mg- Al 系合金中添加适量的 Ca、Ti 有利于提高其蠕变强度^[1,3], 添加稀土元素 Y、Nd 等可进一步优化合金组织与性能^[4]。虽然在 567 °C 时 Y 在镁中的溶解度可达 11%, 但加入稀土元素, 会较大幅度增加合金的生产成本^[4], 因此研究如何通过改进合金成分设计, 借鉴合金钢研究中“多元少量”的合金

* 收稿日期: 2006- 10- 11

基金项目: 常州市科技攻关计划项目基金 (CE2004027)

作者简介: 谢飞 (1964-), 男, 上海人, 副教授, 博士; 联系人: 胡静。

化原则, 以较少的稀土加入量来提高镁合金性能, 具有重要的理论意义和社会经济效益。

本研究以铸造 Mg-Al-Ca-Ti 合金为对象, 通过加入微量 Y, 研究微量稀土 Y 对铸态镁合金组织与性能的影响。

1 实验方法

本实验所用的 3 种镁合金材料的成分如表 1 所示。镁合金材料在 SG2- 310 坩埚炉内熔炼, 采用 F₆S+ CO₂ 混合气体进行保护, 混合气体体积比为 V (F₆S) : V (CO₂) = 0.3 : 99.7。

表 1 镁合金的化学成分 (质量分数/%)

元素	Al	Ca	Ti	Y	Mg
1	5.0	1.0	0.2	0	余量
2	5.0	1.0	0.2	0.5	余量
3	5.0	1.0	0.2	1.0	余量

采用日本理学 X 射线衍射仪 (XRD) 分析样品的相结构, Cu 靶, K α ; 采用 Olympus-CK40M 型金相显微镜以不同倍率 (50~ 800) 对各种镁合金的组织进行观察分析; 制样腐蚀剂配比为: V (乙二醇) : V (醋酸) : V (浓硝酸) : V (蒸馏水) = 60: 20: 1: 19。用 HXD- 1000TMC 型半自动显微硬度计 (载荷 50g) 对镁合金的显微硬度进行测试。

2 实验结果

2.1 相结构

图 1 给出了 3 种成分铸态镁合金在不同处理状态下的 X 射线衍射分析结果。不加稀土 Y 的 1 号样的相组成主要为 α -Mg 固溶体、少量析出相 Mg₁₇Al₁₂ (β) 和微量 Al₂Ca (图 1a); 加入 Y 后, Mg₁₇Al₁₂ (β)、Al₂Ca 相增加, 还出现 Mg₂Ca; 同时随 Y 含量增加而增加, 还有微量 YAl₃ 出现 (图 1b、1c)。

2.2 组织

图 2 为 3 种镁合金铸态时的组织。1 号样由 α -Mg 固溶体和 Mg₁₇Al₁₂ (β) 相组成, β 相主要分布在晶界, 尺寸粗大, 分布很不均匀, 见图 2a, 无法区分出 Al₂Ca; 2 号样的组织表明稀土 Y 的加入显著增加 Mg₁₇Al₁₂ (β) 相, 其分布趋于均匀, 高倍观察表明 β 相中还有更为细小的组织析出 (图 2b), 可能就是 X-射线衍射分析中显示的 Al₂Ca、

Mg₂Ca 和稀土相 YAl₃; 随 Y 含量增加, 3 号样中 β 、Al₂Ca、Mg₂Ca、YAl₃ 等相不仅数量增加, 分布更均匀, 且 β 相尺寸大大减小, 合金的组织形态类似于铁碳合金中的共晶组织 (图 2c)。

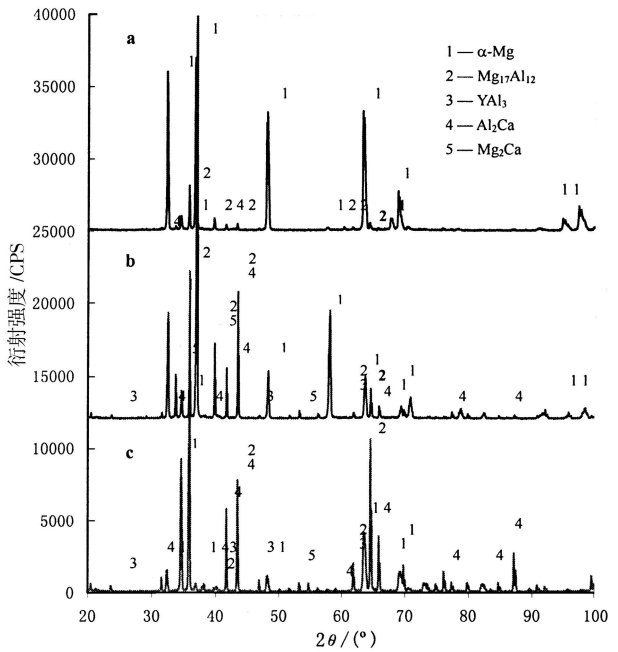
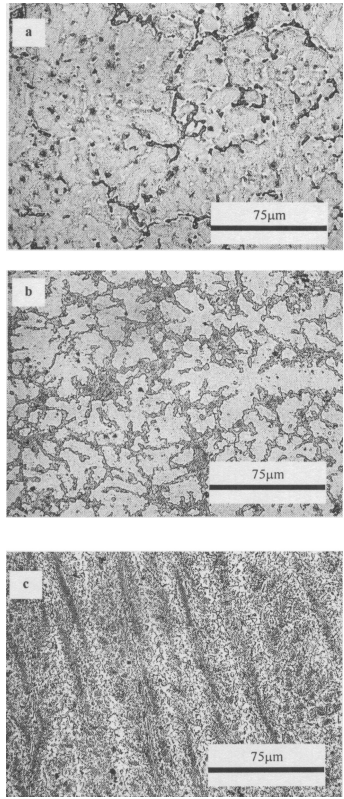


图 1 X 射线衍射分析结果

Fig 1 X-Ray patterns of the three cast magnesium alloys



a- 1 号样, b- 2 号样, c- 3 号样

图 2 3 种镁合金的铸态组织

Fig 2 Microstructures of the three cast magnesium alloys

2.3 维氏硬度

表 2 给出了 3 种铸态镁合金的维氏硬度测试结果。可以看出, Mg-Al-Ca-Ti 合金中添加少量稀土元素 Y 可大幅度提高镁合金的硬度, 当 Y 含量增加至 1%, 维氏硬度几乎是未加稀土镁合金的 3 倍。

表 2 铸态镁合金的显微硬度

Table 2 Vickers' hardness of the three cast magnesium alloys

试样编号	1	2	3
显微硬度 (HV ₅₀)	63	111	173

3 分析讨论

Mg-Al 合金中的强化相为 Mg₁₇Al₁₂ (β), 其数量、大小、分布和稳定性对镁合金的机械性能影响很大。加入少量 Ca、Ti 可一定程度提高 β 相的稳定性^[1,3], 改善镁合金的高温性能。Y 的原子半径与 Mg 的差别较大, 固溶的 Y 具有固溶强化作用, 其作用随固溶量的增加而增加; 另外, 稀土 Y 的加入, 可能会作为形核核心, 促进 Al₂Ca、Mg₂Ca 的形成; 根据 3 号样品的组织形态特征, 推测 Y 还可能影响 Mg-Al-Ca-Ti 合金的共晶点, 增加了 β 相的析出, 进一步稳定了 β 相, 并改善其形态、大小和分布, 同时还有少量细小稀土相出现; 这些因素的综合作用, 使 Mg-Al-Ca-Ti 合金的显微硬度显著提高。对该类合金固溶后组织与性能变化情况的初步研究表明, 对于含稀土 Y

的镁合金, 其第二相的稳定性较不含稀土 Y 的要高^[5]。因此, Mg-Al-Ca-Ti 合金中加入稀土 Y 有望改进铸造镁合金的高温力学性能。这方面的进一步研究工作正在进行之中。

4 结 论

(1) 加入微量稀土元素 Y 影响铸态 Mg-Al-Ca-Ti 合金中第二相的数量、形态和分布, 对于所研究的两种 Y 含量的镁合金, 随着 Y 的增加, 第二相增加, 组织细化, 分布趋于均匀。

(2) 加入微量稀土 Y, 显著提高铸态 Mg-Al-Ca-Ti 合金的维氏硬度。

参考文献:

- [1] 陈振华, 严红革, 陈吉华, 等. 镁合金 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004 39-42
- [2] Polmear I J. Recent development in light alloys [J]. Mater Trans, JIM, 1996, 37 (1): 12-31
- [3] Ninomiya R, Ojio T, Kubota K. Improved heat resistance of Mg-Al alloys by the Ca addition [J]. Acta Metall Mater, 1995, 43 (2): 669-674
- [4] Socjusz-Podosek M, Lityńska L. Effect of yttrium on structure and mechanical properties of Mg alloys [J]. Materials Chemistry and Physics, 2003, 80: 472-475
- [5] 左晓千. 稀土 Y 对镁合金组织和性能的影响 [D]. 常州: 江苏工业学院, 2006.