文章编号:1673-9981(2010)01-0052-04

富铈混合稀土对压铸镁合金组织及性能的影响

蒋德平,姚宗湘

(重庆科技学院,重庆 401331)

摘 要:研究了富铈混合稀土对压铸AZ镁合金的显微组织及力学性能的影响.试验结果表明:加入稀土后在合金中形成$Al_{11}(Ce,La)_3$新相,它能细化晶粒,对合金的力学性有很大影响;合金中Al含量不同,稀土对合金性能的影响程度也不一样.当合金中Al含量为8%,稀土含量为1.5%时,在室温下合金的综合性能最佳.

关键词:AZ镁合金;压铸;富铈混合稀土;显微组织;力学性能

中图分类号:TG146.2 **文献标识码**:A

镁合金是最轻的商用金属结构材料,具有比性能高、阻尼性能优越、铸造性和切削加工性良好、易于回收等优点,其应用正逐步扩大到航空及汽车工业以外的其它产业中,也受到电子、通讯行业的青睐,但镁合金的高温强度及抗蠕变性有限,限制了镁合金的应用及发展[1-2].

镁合金压铸件已占到镁用量的30%以上,在所用到的压铸镁合金中又以AZ系列为主,占用量的80%以上[3-4].有学者对稀土改善镁合金的耐热性进行过研究[5-8],本文以不同铝含量的AZ系列镁合金为基体,通过添加不同含量的富铈混合稀土,探讨富铈混合稀土对AZ系列合金显微组织及力学性能的影响.

1 实验部分

1.1 原料及方法

原材料:AZ71,AZ81及AZ91D镁合金;富铈混合稀土,其中w(Ce)约为55%,混合物w(La+Nv)约为40%及少量的Pr.原材料合金的成分列于表1.

表1 压铸镁合金的化学成分

Table 1 Composition of die-casting Mg-alloys

合金	含量 w/%							
	Al	Mn	Zn	Si	Cu	Fe	Ni	Mg
AZ71	7.46	0.14	0.67	0.026	0.0022	0.0036	0.0008	余量
AZ81	7.94	0.14	0.68	0.030	0.0028	0.0038	0.0007	余量
AZ91D	9.45	0.18	0.91	0.033	0.0032	0.0033	0.0008	余量

方法:首先将称量好的镁合金原料放入40 kg坩埚式熔化炉中熔炼,整个熔炼过程在SF_6+CO_2保护气氛下进行,待原料合金全部熔化后将炉温升温到720 ℃,用自制网兜加入富铈混合稀土,并进行

收稿日期:2009-07-23

作者简介:蒋德平(1976—),男,重庆万州人,讲师,硕士研究生.

万方数据

适当搅拌使合金均匀化，然后静置保温 15 min，随后将炉温降至 690 ℃时出炉，再手工浇注到已预热至 250 C的压铸模中，在压铸机压室中进行压铸，最后将凝固的试样铸件出模、自然空冷，以备使用. 按上述方法分别制备富铈混合稀土含量分别为 1.0%，1.5%，2.0%和 3.0%的试样各一组.

1.2 仪　器

按 GB/T228-87 制拉伸试样，拉伸试验在 WD-10A 电子万能试验机上进行，室温时的拉伸应变速率为 5×10^{-3}/s；测试高温拉伸性能时，将试样加热至 150 ℃，温差控制在±2℃并保温 30 min，在保温状态下迅速进行拉伸，应变速率为 5×10^{-4}/s；在拉伸试样的夹持部位截取金相试样，精抛后用质量分数为 2%的硝酸酒精溶液浸蚀，然后在光学显微镜(OM)下观察试样的显微组织，并采用 XRD 方法进行相组成分析.

2 结果与讨论

2.1 合金组织

压铸时镁合金在高压下快速凝固结晶，显微组织为浅色的 α-Mg 基体相和沿晶界分布的 γ 相 $Mg_{17}Al_{12}$(图 1). 加入稀土后在合金中固溶量很少的 Ce 将富集于结晶前沿，阻碍 Al 的扩散，从而增加了结晶前沿 Al 的浓度，导致较大的成分过冷. 稀土与 Al 化合生成高熔点相，首先在晶界上析出并形成骨架，促进形核及阻止已有晶体的长大，有利于"熔断晶雨"的形成，从而增加了晶核、细化了晶粒. 从图 1(a)～图 1(c)可见，在稀土加入量相同的情况下，随着合金中铝含量的增加，晶界上仍然有 γ 相出现，且出现了更多的铝稀土化合物. 从图 1(d)～图 1(f)可见，随合金中稀土含量的不断增加，α-Mg 相和 γ 相都变得更加细化，结晶前沿中 Ce 含量超过其在 Al 中的溶解度值时，稀土和铝形成深色针状或粒状新相，它散乱地分布于合金的晶内及晶界上(图 1(d)中的 a 和 b 所示)，甚至以穿晶形式出现在晶界上或晶内(图 1(e)及图 1(f)中的 c 和 d 所示).

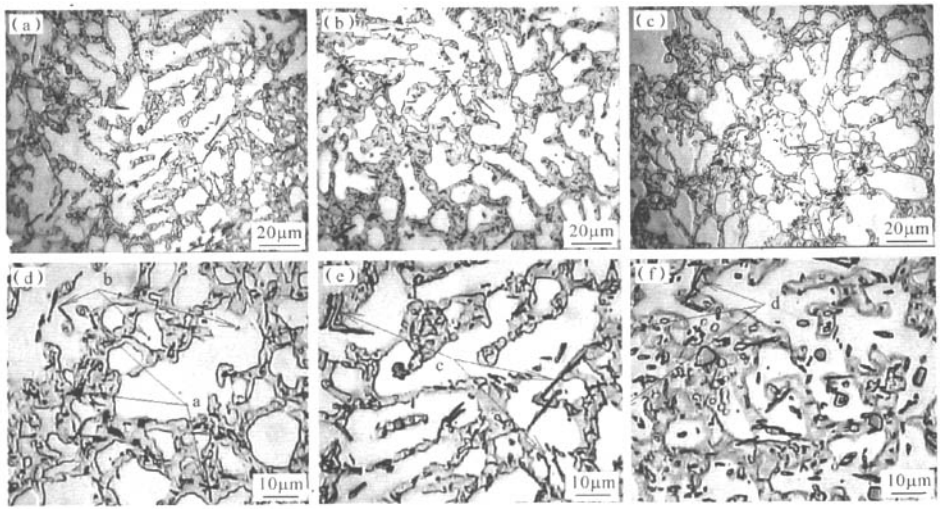

图 1　富铈混合稀土对 AZ 镁合金组织的影响

Fig. 1　Effect of Ce-Rich Mischmetal Addition on Microstructure of AZ-Alloys

(a) AZ71+1.5%RE；(b) AZ81+1.5%RE；(c) AZ91D+1.5%RE；(d) AZ81+1.0%RE；(e) AZ81+2.0%RE；(f) AZ81+3.0%RE

图 2 为 AZ81 合金加入稀土前后的 XRD 图. 从图 2 可见，AZ81 合金组织主要由 α-Mg 基体相和 γ 相 $Mg_{17}Al_{12}$组成，加入 1.5%的稀土 RE 后，合金中出现了 $Al_{11}(Ce,La)_3$ 新相.

万方数据

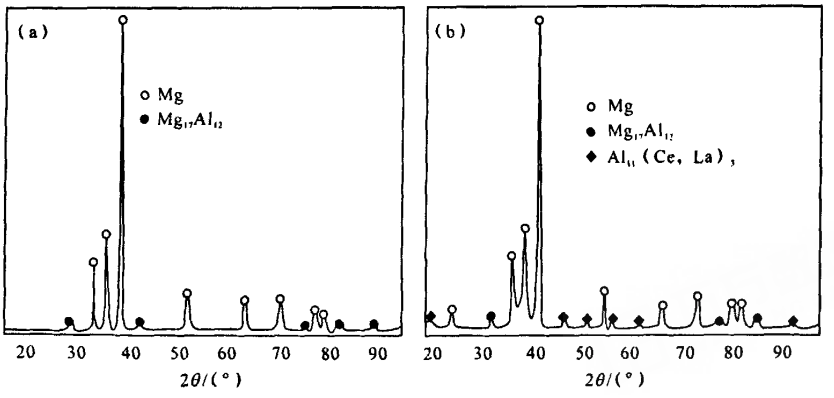

图 2 AZ81 试样的 XRD 分析

Fig.2 XRD analysis of specimens

(a) AZ81; (b) AZ81+1.5%RE

2.2 合金性能

在常温下稀土对 AZ 镁合金的力学性能有影响(图 3). 对比 AZ71, AZ81 及 AZ91 的常规性能可知,合金中铝含量越低,镁合金的常规性能越好;随稀土加入量的增加,合金常规力学性能先略有上升后下降或变化不大;铝含量越少的合金,稀土对其性能的影响越小;当 Al 含量为 8%,稀土加入量为 1.5%时,稀土对合金的强化效果最好.

这是由于稀土含量低于 1.5%时,随稀土量的增加,合金中 γ 相 $Mg_{17}Al_{12}$ 越来越少,变为断续的骨骼状,稀土与 Al 形成颗粒状或长条状的 $Al_{11}(Ce,La)_3$ 相,该相为硬度大的脆性相,散乱地分布在晶粒内、晶界上,这样既能细化晶粒,还起到固溶强化作用,对合金性能有所改善;当稀土加入量超过 1.5%时,$Al_{11}(Ce,La)_3$ 相以粗大长条状分布在晶界上或以穿晶形式存在,起到割裂基体作用,对合金强度有一定损害.

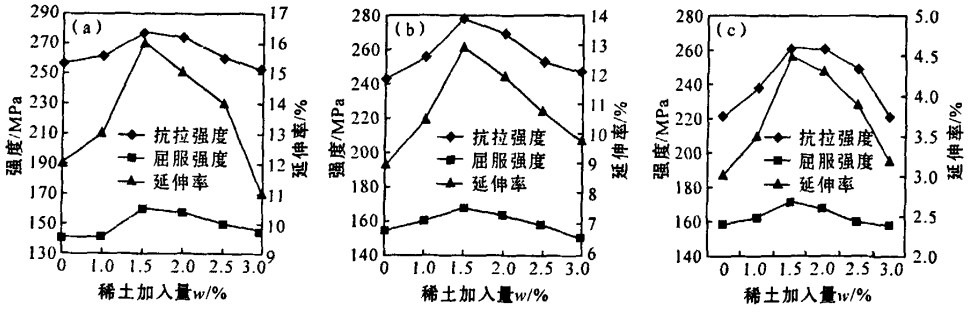

图 3 稀土加入量对 AZ 合金性能的影响

Fig.3 Effect of RE on properties of AZ-alloys at normal temperature

(a)AZ71; (b)AZ81; (c)AZ91

3 结 论

(1)富铈混合稀土在压铸 AZ 镁合金中形成 $Al_{11}(Ce,La)_3$ 相,它能起细化晶粒和固溶强化作用. 当所加入的稀土量相同时,合金中铝含量增加,γ 相 $Mg_{17}Al_{12}$ 也增加,合金的室温性能有所改善.

(2)随着稀土含量增加,合金中 $Al_{11}(Ce,La)_3$ 相增多,γ 相 $Mg_{17}Al_{12}$ 减少,晶粒被细化,合金的力学性能有所提高;当稀土加入量超过 1.5%时,

万方数据

$Al_{11}(Ce,La)_3$相以条状分布于晶界上或以穿晶形式存在,对合金强度的损害作用大于其强化的有利作用,使合金的室温性能降低.

(3)当Al含量为8%,稀土加入量为1.5%时,稀土对合金的强化效果最好,为以后压铸镁合金的强化提供了参考.

参考文献:

[1] BRALOWER P M. Automotive die cast magnesium revving up for the 21st century[J]. Die Casting Engineer, 1997(5/6):68-70.

[2] 李南玲.我国初步形成镁合金高新技术产业[J]. 科学时报,2002(12):24.

[3] POLMEAR I J. Recent development in light alloys [J]. Materials Transactions JIM,1996,37(1):12-31.

[4] ROBERT B. International magnesium association 55th annual world conference[J]. Light Metal Age, 1998,56 (7/8):86-93.

[5] 周海涛,马春江,尉胤红.稀土元素铈对AZ61镁合金铸态显微组织及结构的影响[J]. 高技术通讯,2003,13(1):53-56.

[6] 王军,刘勇兵,杨晓红. 铈对压铸镁合金AZ91组织和高温性能的影响[J]. 中国稀土学报,2005,23(3):378-381.

[7] 曹幸,彭立明,曾小勤,等. 稀土及固溶处理对AM60B合金组织和力学性能的影响[J]. 机械工程材料,2003(2):21-24.

[8] 黄晓峰,王渠东,曾小勤,等. 稀土对AM50力学性能及高温蠕变的影响[J]. 中国稀土学报,2004,22(4):493-496.

[9] KLEINER S,BEFFORT O,WAHLEN A,et al. Microstructure and mechanical properties of squeeze cast and semi-solid cast Mg-Al alloys[J]. Journal of Light Metal,2002,2(4):277-280.

Effect of cerium-rich mischmetal addition on the microstructure and properties of die-cast Mg-alloys

JIANG De-ping, YAO Zong-xiang

(Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331, China)

Abstract: The microstructure and properties of die casting magnesium alloy with addition of Cerium-rich mischmetal were investigated. It was found that a new phase $Al_{11}(Ce,La)_3$ was formed as the mischmetal was added in the die cast Mg-alloy. The new phase $Al_{11}(Ce,La)_3$ can refine the grains and affect the mechanical properties of the Mg-alloys, which depends on the amount of Al in the Mg-alloy. When the Al concentration was 8%, and the addition amount of the Cerium-rich mischmetal was 1.5%, the properties of the alloys reached its optimal values at room temperature.

Key words: AZ Mg-alloy; die-casting; cerium-rich mischmetal; microstructure; mechanical property

万方数据