

文章编号:1671-6833(2013)01-0058-04

RE对电锤用AM60B镁合金曲轴箱件组织和性能的影响

赵红亮¹, 张川¹, 翁康荣¹, 徐忠鑫², 金陈跃²

(1. 郑州大学材料科学与工程学院, 河南郑州450001; 2. 浙江恒友机电有限公司, 浙江金华321200)

摘要:为改善电锤用镁合金曲轴箱件的服役性能,在重力铸造条件下,研究了RE对AM60B合金组织和性能的影响,得出AM60B合金中RE的最佳添加量;然后在工厂压铸条件下,根据重力铸造条件下得出的RE的最佳添加量向AM60B合金中加入RE,研究加入RE前后对压铸件组织和性能的影响.结果表明,重力铸造下,AM60B合金中RE的最佳添加量为1.0%;当添加1.0%的RE后,AM60B镁合金曲轴箱件的显微组织细化, β 相的变质良好,晶粒尺寸由原来的39 μm 细化到20 μm ;并且压铸件的硬度、冲击韧性和台架耐久性能都得到提高.

关键词: AM60B合金;曲轴箱件;RE;组织;性能

中图分类号: TG113.1

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1671-6833.2013.01.014

0 引言

电锤是一种常用的电动工具,在我国每年生产的电动工具中占了很大的比重.现如今,我国已成为世界上电动工具的出口和生产大国^[1],但由于企业自身设计和创新能力有限,较多的电动工具仍以仿造为主,与国外同行业之间还有较大的差距.

压铸镁合金具有密度小、吸振性好、导热和导电性良好等一系列的优点^[2].若将镁合金压铸件应用到电锤当中,不但可以减轻电锤的自重、减少能耗,而且可以减小振动和降低噪音.目前国内企业将AM60B镁合金压铸成曲轴箱件装机后发现,大部分电锤产品经台架试验约200 h,镁合金曲轴箱处的轴承即出现走外圆现象,镁合金压铸件的轴承挡磨严重,甚至发生断裂.研究^[3-5]发现:稀土可以提高镁合金室温及高温力学性能、摩擦磨损性能和耐腐蚀性能.本实验希望在AM60B合金中添加适量的稀土,提高镁合金的综合性能,从而延长电锤用镁合金曲轴箱压铸件的台架耐久时间.

1 实验过程

实验采用AM60B合金作为原材料,RE以混合稀土的形式加入,RE的化学成分为:50%为

Ce、27%为La、15%为Nb、6%为Pr.在实验室重力铸造时,将AM60B合金放入钢坩锅中,在760 $^{\circ}\text{C}$ 合金熔化后加入RE,采用 CO_2 和 SF_6 保护,保温5 min后进行搅拌,静置20 min后降温到700 $^{\circ}\text{C}$ 后进行浇铸.工厂压铸时,将AM60B合金放入钢坩锅中,在760 $^{\circ}\text{C}$ 合金熔化后加入RE,保温5 min后,用搅拌器具进行搅拌约3 min,然后静置保温20 min后再次进行搅拌,降温到700 $^{\circ}\text{C}$,在DM300卧式冷室压铸机上压铸成电锤用曲轴箱件.

利用Olympus H2-UMA型金相显微镜进行显微组织观察,合金相组成分析在Philips PW1700型X射线衍射仪上进行.用HBE-3000A型电子布氏硬度测试合金的布氏硬度,将试样加工成55 mm \times 10 mm \times 10 mm的长方体的标准试样用JBN-300B冲击试验机进行冲击韧性试验,在JSM-6490LV型扫描电镜上观察冲击断口形貌.最后,将曲轴箱装机后在台架上进行台架耐久试验.

2 试验结果与分析

2.1 重力铸造下RE对AM60B合金显微组织和力学性能的影响

图1为重力铸造下添加RE前后AM60B合金的XRD图谱.从图中可以看出,重力铸造AM60B合金是由 α -Mg基体和 β - $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相组

收稿日期:2012-10-12;修订日期:2012-11-17

作者简介:赵红亮(1972-)男,河南项城人,郑州大学教授,博士后,主要从事高性能镁铝合金方面研究,E-mail:zhllwkr@zzu.edu.cn.

成;添加质量分数为 1.0% 的 RE 之后,合金中除了含有 α -Mg 基体和 β -Mg₁₇Al₁₂ 相外,还有 Al₄RE 相(这里的 RE 主要指 Ce、La 元素).在添加 RE 之后,由于 RE 与 Al 之间的电负性差值(0.5)大于 RE 与 Mg 之间的电负性差值(0.2),所以 RE 优先与 Al 结合,生成 Al-RE 相^[6].

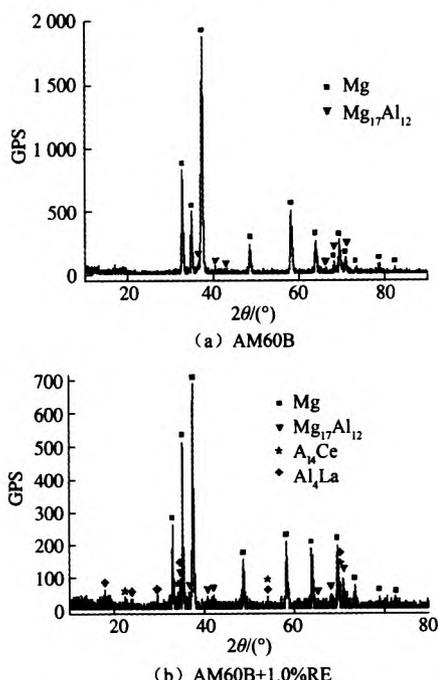


图 1 添加 RE 前后 AM60B 合金的 XRD 图谱
Fig.1 XRD patterns of AM60B alloy before and after adding RE

图 2 为重力铸造条件下,添加不同量 RE 后 AM60B 合金的显微组织.从图 2 可以看出,加入 RE 之后,合金的显微组织得到明显细化.随 RE 添加量的增加,AM60B 合金中原呈断续网状沿晶界分布的 β 相逐渐变为断续、弥散分布.当添加 1.0% 的 RE 时(如图 2(d)),合金细化变质的效果最好, β 相大部分以细小的骨骼状或颗粒状分布,并有针状的 Al₄RE 相存在.另外在加入 RE 之后,一部分的 Al 与 RE 形成了针状的 Al₄RE 相, β 相减少.

表 1 为 RE 对重力铸造 AM60B 合金力学性能的影响.由表可知,不加 RE 时,AM60B 的布氏硬度和抗拉强度分别为 49.3 HB,128 MPa;而添加质量分数为 1.0% 的 RE 之后,合金的布氏硬度和抗拉强度达到最高,分别为 55.3 HB,152 MPa,分别提高了 12.2% 和 18.8%.由以上分析可以得出,重力铸造条件下,AM60B 合金中 RE 的最佳添加量为 1.0%.

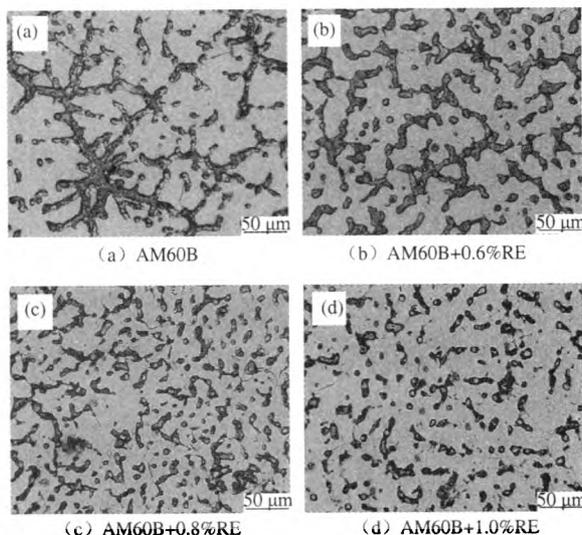


图 2 重力铸造 AM60B + xRE 合金的铸态显微组织

Fig.2 Microstructures of gravity-casting AM60B + xRE alloys

表 1 AM60B + xRE 合金的力学性能

Tab.1 Mechanical properties of AM60B + xRE alloys

合金成分	布氏硬度/HB	抗拉强度/MPa
AM60B	49.3	128
AM60B + 0.6% RE	53.3	145
AM60B + 0.8% RE	54.2	150
AM60B + 1.0% RE	55.3	152

RE 加入之后,对熔体有净化作用,减少了熔体中的杂质,同时形成热稳定的 Al₄RE 相弥散分布在晶界处,形成晶格畸变,使布氏硬度提高^[7];另外 RE 还起到了细化变质的作用,细化了合金晶粒,同时使 β 相从粗大断续的网状变为弥散分布的颗粒状,形成细晶强化和弥散强化^[8],最终使合金的抗拉强度提高.

2.2 RE 对 AM60B 合金曲轴箱件显微组织和力学性能的影响

在工厂实际条件下,向 AM60B 合金中添加质量分数为 1.0% RE 压铸成曲轴箱,然后对其在同一部位取样,观察显微组织.图 3 为含稀土 AM60B 合金件与不含稀土 AM60B 合金件的显微组织.

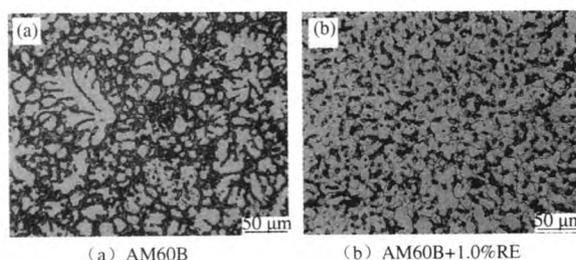


图 3 添加 RE 前后 AM60B 合金压铸件的显微组织
Fig.3 Microstructures of AM60B die-castings before and after adding RE

由图3可以看出,AM60B 压铸件显微组织中 α -Mg 树枝晶的组织比较粗大, β 相几乎全部都以网状组织分布于晶界处;添加质量分数为1.0% RE 之后合金中网状的 β 相断开呈颗粒状和骨骼状,且成弥散分布。

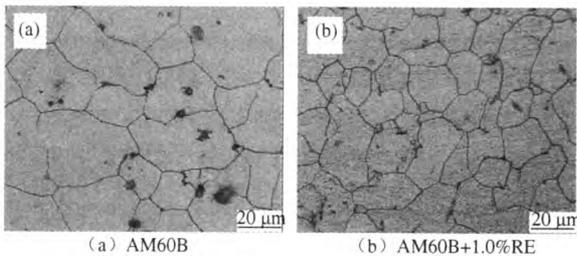


图4 AM60B 合金压铸件固溶后的显微组织
Fig. 4 Microstructures of AM60B die-castings after solid solution

图4为固溶处理后的压铸件的显微组织.可以看出,添加质量分数为1.0% RE 之后,合金的晶粒明显细化.运用截线法测量晶粒大小,发现未添加 RE 时,压铸态 AM60B 合金的平均晶粒尺寸为 $39\ \mu\text{m}$,添加1.0%的 RE 后,合金的平均晶粒尺寸减小到 $20\ \mu\text{m}$.这说明 RE 能较好地细化 AM60B 压铸态合金。

表2 添加 RE 前后压铸件的力学性能
Table 2 Mechanical properties of die-castings before and after adding RE

压铸态合金	布氏硬度/HB	冲击韧性 $\alpha_k/(J \cdot \text{cm}^{-2})$
AM60B	55.6	13.7
AM60B + 1.0% RE	62.1	16.8

表2显示了 RE 对压铸态 AM60B 合金件力学性能的影响.由表可知,不加 RE 时,AM60B 的布氏硬度和冲击韧性分别为 $55.6\ \text{HB}$ 、 $13.7\ \text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$;而添加质量分数为1.0%的 RE 之后,合金件的布氏硬度和冲击韧性提高到 $62.1\ \text{HB}$ 、 $16.8\ \text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$,分别提高了11.7%和22.6%。

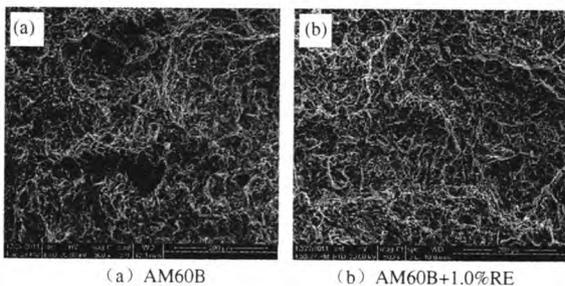


图5 添加 RE 前后压铸件的冲击断口形貌
Fig. 5 Impact fracture morphology of die-castings before and after adding RE

图5显示了添加 RE 前后曲轴箱件室温下冲击断口的 SEM 形貌.从图5(a)中可以看出,没有添加 RE 时,断口形貌中有明显的解理台阶,合金的断裂特征为解理断裂;添加 RE 后的断口形貌如图5(b),合金冲击断口形貌中出现了韧窝,同时也有撕裂棱的存在.因此冲击断口形貌表明合金经加入稀土细化变质处理之后塑性有所改善,减小了合金解理断裂的几率,而逐渐转变成为撕裂和韧窝的断裂形式。

2.3 RE 对电锤中镁合金曲轴箱压铸件台架耐久性能的影响

将压铸出的电锤用镁合金曲轴箱件进行装机,然后在工厂进行了台架耐久试验,结果表明,不含稀土的 AM60B 镁合金曲轴箱件经装机后,电锤经耐久 200 h 左右后,曲轴箱上轴承挡走外圆严重;而添加质量分数为1.0%的 RE 之后的 AM60B 镁合金曲轴箱在电锤经耐久 200 h 左右后,曲轴箱上轴承挡未走外圆,达到了电锤用零部件服役时间的要求。

3 结论

(1) 重力铸造下 RE 元素能够细化 AM60B 合金铸态组织中初生的 α -Mg 相,同时也对 β - $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ 相起到变质作用,使其由原断续分布的网状转变为细小弥散分布的骨骼状或颗粒状.随着 RE 添加量的增加,AM60B 合金的布氏硬度和抗拉强度提高,重力铸造条件下,AM60B 合金中 RE 的最佳添加量为1.0% (质量分数)。

(2) 电锤用压铸 AM60B 镁合金中添加质量分数为1.0%的 RE 时,曲轴箱的显微组织得到细化, β 相变质良好,平均晶粒尺寸由 $39\ \mu\text{m}$ 细化到 $20\ \mu\text{m}$ 。

(3) AM60B 合金中添加质量分数为1.0% RE 后,压铸件的布氏硬度为 $62.1\ \text{HB}$,冲击韧度值为 $16.8\ \text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$,台架耐久 200 h 左右后曲轴箱轴承挡未走外圆,满足了电锤用零部件服役时间的要求。

参考文献:

- [1] 汤伟. 电动工具企业的市场导向与研发创新[J]. 电动工具, 2007(4): 1-4.
- [2] 王先文, 张金山, 许并社. 镁合金材料的应用及其加工成型技术[J]. 太原理工大学学报, 2001(6): 599-603.
- [3] WANG Jian-li, LIAO Rui-li, WANG Li-dong, et al. In-

- vestigations of the properties of Mg-5Al-0.3Mn-xCe (x = 0 ~ 3wt%) alloys [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2009, 477: 341 - 345.
- [4] 张俊远,王社斌,王帅,等. 钕对 AM60 合金显微组织和力学性能的影响[J]. *机械工程材料*, 2009, 33(2): 28 - 31.
- [5] 田政,张德平,王鸿雁,等. 富钇混合稀土对 AM60 镁合金显微组织与力学性能的影响[J]. *中国稀土学报*, 2008, 26(6): 729 - 733.
- [6] 王东军. 混合稀土、铈对 AZ31 镁合金显微组织及性能的影响[D]. 郑州: 郑州大学材料科学与工程学院, 2006.
- [7] 宋波. AM60 镁合金的稀土改性及摩擦磨损行为研究[D]. 长春: 吉林大学材料学院, 2006.
- [8] 张诗昌,魏伯康,林汉同,等. 钇及铈镧混合稀土对 AZ91 镁合金铸态组织的影响[J]. *中国有色金属学报*, 2001, 11(增 2): 99 - 102.

Effect of RE on the Microstructures and Properties of AM60B Magnesium Alloy Crankcase Used in Electric Hammer

ZHAO Hong-liang¹, ZHANG Chuan¹, WENG Kang-rong¹, XU Zhong-xin², JIN Chen-yue²

(1. School of Material Science and Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Zhejiang Hengyou Machine & Electron Co., Ltd, Jinhua 321200, China)

Abstract: To improve the service performance of magnesium alloy crankcase used in the electric hammer, the effect of RE on the microstructures and properties of AM60B alloy is studied, and the optimum content of RE in AM60B alloy under the gravity casting condition is obtained. Then the RE is added into the AM60B alloy under the industrial die casting condition, and the effect of RE on the microstructures and properties of die-castings is studied. The results show that the optimum content of RE is 1.0% under the condition of gravity casting. When 1% RE is added into the AM60B magnesium alloy crankcase, the microstructures are refined and the average grain size decreases from 39 μm to 20 μm . The brinell hardness, impact toughness and bench endurance property of the crankcase are all improved.

Key words: AM60B alloy; crankcase die-casting; RE; property