

多次返回对模具锌合金组织及力学性能的影响

曹 驰^{1,2}, 钱旺盛¹, 刘洪军¹

(1. 兰州理工大学 甘肃省有色金属新材料省部共建国家重点实验室, 甘肃 兰州 730050; 2. 长风机器厂, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 研究返回次数对模具锌合金组织、力学性能的影响。结果表明, 随着返回次数的增加, 模具锌合金组织分布逐渐变得不均匀, 等轴晶向柱状晶及树枝晶转化, 晶粒逐渐变得粗大; 随着返回次数的增加, 模具锌合金的常温力学性能呈下降趋势, 当返回次数不大于 3 时, 常温力学性能变化不大, 当返回次数大于 3 时, 锌合金常温力学性能下降较快。

关键词: 返回次数; 模具锌合金; 组织; 力学性能

中图分类号: TG244

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2009)03-0045-02

Effect of Recycling Times on Microstructures and Mechanical Properties of Zinc-based Alloy for Die

CAO Chi^{1,2}, QIAN Wangsheng¹, LIU Hongjun¹

(1. State Key Laboratory of Gansu Advanced Non-ferrous Metal Materials, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China; 2. Changfeng Machine Factory, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The effect of different recycling times on the microstructure and mechanical properties of zinc alloy for die was studied. The experimental results show that the microstructure distribution of zinc alloy for die scatters asymmetrically, the equiaxed grain changes into column crystal and dendritic crystal, the crystal grain size grows up with the increase of recycling times; as well as mechanical properties of zinc alloy decreases in the room temperature. When the recycling times does not exceed 3, the mechanical properties of zinc alloy for die have a little decrease in the room temperature; otherwise, when the recycling times exceeds 3, the mechanical properties of zinc alloy have a great decrease in the room temperature.

Key words: recycling times; zinc alloy for die; microstructure; mechanical property

锌铝合金以其优良的性能、较低的成本以及环境污染小等优点而受到人们的广泛关注, 在实际应用中被广泛用作模具材料^[1-2]。锌铝合金作为模具材料具有很多优势: 制模工艺简单, 制作工序少, 周期短, 整个制模周期可以比钢模缩短 30%~40%; 熔化温度低, 熔化消耗能量少, 材料价格低, 因此锌合金模具成本较低, 而且废模具可重熔回用, 不仅符合环境可持续发展的需要, 同时也进一步降低了锌合金模具的成本^[3]。如今, 节能环保已经成为经济发展的主流趋势, 并且随着原材料价格的上涨, 锌合金废料及废模具重熔回用更具有现实意义。本课题着眼于节约资源, 提高经

济效益, 在实验基础上研究了模具锌合金返回次数对合金组织及力学性能的影响, 为模具锌合金返回料合理充分利用提供理论依据。

1 实验材料及实验方法

将锌合金料头、冒口及浇道等废料清洗处理干净后, 在电阻炉中熔炼第一次回炉料, 利用金属模具浇注成合金锭, 取样进行化学分析, 根据第一次回炉料成分分析结果进行成分微调, 添加适量易烧损的元素(如 Al), 再在电阻炉中重熔后利用金属模具浇注力学性能试样; 将第一次返回料重熔浇注后, 多余试样和废料清洗处理干净后重熔成第二次返回料合金锭, 取样进行化学分析, 并根据成分分析结果添加适量易烧损的元素, 再熔化浇注力学性能试样。如此反复, 直到浇注成锌合金返回 5 次的力学性能试样。合金的主要化学成分为(质量分数, %): 10~12Al, 7.5~8.5Cu, 0.03~0.05Mg, 0.04~0.05RE, 其余为 Zn。将不同返回次

收稿日期: 2008-09-18

基金项目: 甘肃省科技支撑项目(编号: 0708GKCA057); 兰州理工大学博士基金项目(编号: SB01200414)

作者简介: 曹驰(1969-), 男, 内蒙古赤峰人, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事模具锌合金及表面工程方面的研究; 电话: 13893498878; E-mail: caochi369@sina.com

数的力学性能试样加工成 $\phi 10$ 标准拉伸试样。室温拉伸实验在 WD-100D 型微机控制电子式万能试验机上进行,布氏硬度在 HBRV-187.5 型布洛维光学硬度计上测试。在 MeF3 金相显微镜上观察金相显微组织,试样使用的腐蚀液为 1% 硝酸溶液,腐蚀时间为 5~10s。

2 实验结果与分析

2.1 返回次数对模具锌合金组织的影响

图 1 为模具锌合金不同返回次数的组织。由图 1 可以看出, 锌合金组织主要由富铝枝晶和枝晶间的共晶组织组成。(a)图中,富铝枝晶分布均匀,树枝晶很少,基本都以柱状晶形式存在,部分呈现为等轴状;(b)图中,富铝枝晶分布比较均匀,

但树枝晶较多,柱状晶相对(a)图明显减少;(c)图中,富铝枝晶分布比较均匀,枝晶较长,呈现较大树枝状;(d)图中,富铝枝晶分布不均,枝晶粗大,呈现树枝状;(e)图中,枝晶偏析,树枝晶发达。造成这种结果的主要原因是,由于 Al 元素容易烧损,每次重熔前都加了少量的 Al,因此随着返回次数的增加,初生 α 组织^[4-5]越容易生成长大,固溶 Zn 的能力就越强,这样使得晶界处富 Zn 的共晶组织减少,晶界慢慢变窄,甚至消失,等轴晶被拉长变成柱状晶,继而变成粗大树枝状;由于富铝枝晶生长的不均衡,导致组织偏析。同时,合金中含有少量 RE 元素,随着返回次数的增加,REAl₆^[6]逐渐长大,从而使 RE 的细化及变质作用不断减弱,以至失去作用。

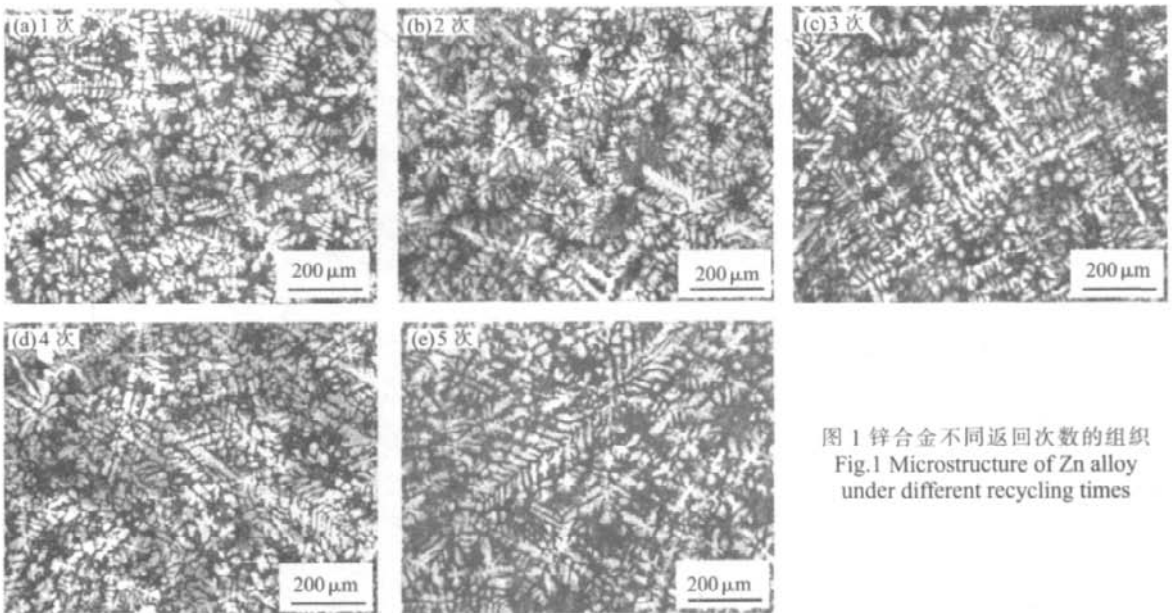


图 1 锌合金不同返回次数的组织
Fig.1 Microstructure of Zn alloy under different recycling times

2.2 返回次数对模具锌合金力学性能的影响

图 2 与图 3 分别为返回次数对模具锌合金抗

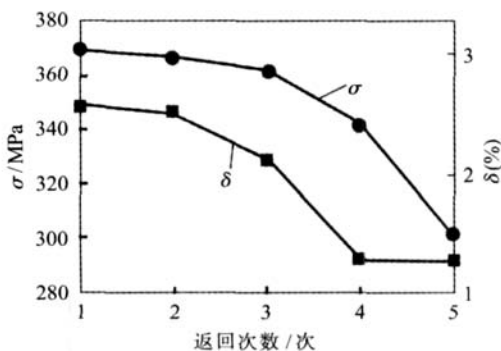


图 2 返回次数对锌合金抗拉强度及伸长率的影响
Fig.2 Effect of recycling times on the tensile strength and extensibility of Zn alloy

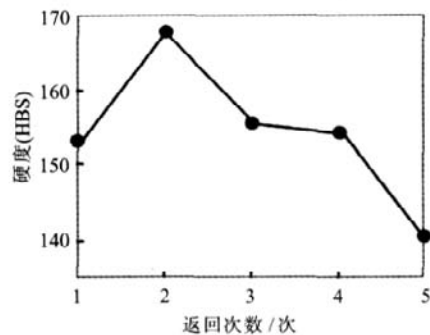


图 3 返回次数对锌合金硬度的影响
Fig.3 Effect of recycling times on the hardness of Zn alloy

拉强度及伸长率和硬度的影响曲线图。从图 2 中可以看出,随着返回次数的增加,锌(下转第 49 页)

之所以会出现差异,这是因为铜材料模具的传热性能好,从而提高 2A12 铝合金半固态浆料凝固时的冷却速度,而冷速增加产生两方面的作用:一方面使得凝固时间缩短,减少了晶核与液体的接触时间,抑制晶体生长;另一方面使结晶形核过冷度加大,可减小临界晶核尺寸,从而使已生成的晶核稳定,而形核过冷度加大又可使更多的杂质或未熔质点发挥非均匀形核的核心作用,有效地提高了形核率。因此较高的导热系数材料可使晶粒细化,改善凝固坯料的微观组织。

本次试验值得注意的一个地方是,铁和钢材料导热系数相差不大,所不同的是钢模具壁厚大约是铁模具壁厚的 3 倍,从而他们的传热效果不同。这也就决定了在铁模具和钢模具下冷却得到的铝合金坯料的微观组织有不同之处。

钢模具壁厚大约是铁模具壁厚的 3 倍,在相同的条件下,铝合金浆液在钢材料模具下冷却到室温所需的时间短,冷却速度快,从而抑制了树枝晶的生长,得到近似球状的微观组织。

3 结论

(1)当成型模具为铜时导热系数大,半固态坯料微观组织中的球晶组织圆整均匀细化。

(上接第 46 页)合金抗拉强度及伸长率呈现递减趋势,但幅度不大,抗拉强度及伸长率在返回 3 次后基本没有大的变化;从图 3 中可以知道,模具锌合金硬度随着返回次数的变化也略有下降,不过其硬度在返回 2 次时突然提高,在随后返回时才呈下降趋势,返回 5 次后硬度急剧降低。导致此结果的主要原因是,当返回次数小于等于 3 时,由于添加了少量的易烧损元素,在实验条件相同时,其组织不会有大的变化,随着返回次数的增加,初生 α 相生长速度略有不同,导致晶粒大小形状不同,使得力学性能有一定差异;随着返回次数的增加,组织逐渐变得粗大,而且合金中的夹杂等缺陷逐渐变多,对合金的力学性能影响逐渐变大,使得合金的抗拉强度、伸长率和硬度都急剧降低。

3 结论

(1)随着返回次数的增加,锌合金组织逐渐变得粗大,等轴晶向柱状晶和树枝晶转化;同时,初生富铝枝晶随着返回次数的增加分布逐渐不均

(2)当成型模具为粘土时导热系数小,半固态坯料微观组织中晶粒粗大而且倾向于树枝晶。

(3)模具厚度改变也影响微观组织的形貌。

致谢:

感谢李思忠,刘长红,申伟鹏对本文的大力帮助!

参考文献:

- [1] Flemings M C. Behavior of metal alloys in the semi-solid state [J]. Metall Trans, 1991, 22B(6): 269-293.
- [2] 谢水生,潘洪平,丁志勇. 半固态金属加工技术研究现状与应用[J]. 塑性工程学报, 2002, 9(2): 1-11.
- [3] 田战峰,张志峰,徐骏,石力开. 半固态浆料复合电磁搅拌连续制备技术研究[J]. 铸造技术, 2006, 27(8): 793-796.
- [4] 路贵民,赵大志,崔建忠. 半固态金属成形过程的数值模拟技术概况[J]. 铸造, 2006, 55(12): 1221-1226.
- [5] 肖泽辉,罗吉荣,吴树森. AZ91D 半固态流变压铸成形的研究[J]. 热加工工艺, 2004, (2): 41-42.
- [6] 刘政,胥锴,刘萍. 低过热度浇注 ZL101 铝合金半固态组织研究[J]. 铸造, 2006, 55(8): 842-846.
- [7] 熊爱华,袁森,王武孝. 半固态镁合金充型性能研究[J]. 热加工工艺, 2005, (1): 26-28.
- [8] 白月龙,毛卫民,汤国兴. 半固态 A356 铝合金浆料的充填行为及组织分布[J]. 材料研究学报, 2006, 20(6): 602-606.
- [9] 谭建波,刑书明,张励忠,等. 半固态合金流变充型的临界条件[J]. 中国有色金属学报, 2006, 16(9): 1500-1509. [H]

匀,组织变差。

(2)返回次数的增加使锌合金的常温力学性能总体上呈现下降趋势;当返回次数小于等于 3 时,锌合金常温力学性能变化不大,可以满足模具锌合金的力学性能要求;当返回次数大于 3 时,锌合金常温力学性能下降很快。

参考文献:

- [1] 吴德枫,刘敬福,李荣德. 喷射成形高铝锌合金热处理工艺的研究[J]. 热加工工艺, 2007, 36(4): 49-51.
- [2] 闫淑卿,谢敬佩. 冷却速度及铝含量对锌合金组织及硬度的影响[J]. 热加工工艺, 2007, 36(16): 10-12.
- [3] 刘洪军,樊自田,黄乃瑜. 塑料模用锌基合金的特点与展望[J]. 特种铸造及有色合金, 2001, (1): 38-40.
- [4] 陈体军,郝远,孙军,等. ZA27 合金的微观组织[J]. 中国有色金属学报, 2002, 12(2): 294-299.
- [5] Lopez G A, Mittemeijer E J, Straumal B B. Grain boundary wetting by a solid phase and microstructural development in a Zn-5 wt% Al alloy[J]. Acta Materialia, 2004, (52): 4537-4545.
- [6] 张东风,韩万有,赵新. 稀土、稀土-硼对 ZA27 铸造锌铝合金显微组织及性能的影响[J]. 鞍钢技术, 1996, (11): 36-41. [H]