

B变质对 HPb59-1 黄铜组织细化的影响

倪自飞 程巨强 刘志学
(西安工业大学材料与化工学院)

摘要 研究了B变质处理及其变质处理后不同的保温时间对HPb59-1黄铜的组织与力学性能的影响。结果表明,HPb59-1黄铜中加入一定量的B可以细化HPb59-1黄铜的组织,改变 α 和 β 相组织的分布状态,提高合金的力学性能。细化效果随着B的含量的增加而增强,当B加入量范围在0.008%~0.015%时细化效果较好。变质处理后随熔体保温时间的延长,B细化变质效果存在衰退现象,保温10 min后浇注,晶粒细化变质效果最好。

关键词 HPb59-1黄铜;组织;性能;细化变质;衰退

中图分类号 TG146.1⁺1

文献标志码 A **文章编号** 1001-2249(2007)01-0070-03

HPb59-1黄铜合金由于具有优良的物理性能、力学性能和切削加工性能,在机械、轻工、钟表等部门得到了广泛的应用,但其铸态组织粗大,力学性能较低,由于铸件强度低、易渗漏,难以满足高性能的要求,近年来,材料工作者通过细化合金的晶粒来提高其力学性能,为此,人们在组织细化方面相继开展了许多研究和应用^[1-6]。B作为一种有效的细化元素在铝合金材料中已获得广泛的应用,其作用机理的研究也比较深入。本课题研究了B对HPb59-1组织和性能的影响,为B在铜工业中的应用提供试验依据。

1 试验方法

以HPb59-1黄铜为原料(Zn为36.4%,Pb为1.70%,Al为0.62%,余量Cu,质量分数),熔炼采用3 kW井式电阻炉,在石墨坩锅中熔化,覆盖剂为木炭粉,B以Cu-B中间合金形式加入,具体成分见表1,用铝箔包裹,升温至1 010℃待合金全部熔化后,用钟罩将其压入到铜液中进行变质处理,微量B的加入量(质量分

数,下同)分别为0.001%、0.002%、0.004%、0.008%、0.010%、0.015%、0.020%,熔液搅拌均匀后,静置保温10 min后出炉浇注。采用金属型铸造(铸模300℃预热),浇注成 $\phi 8$ mm \times 40 mm标准拉伸试样和 $\phi 16$ mm试棒,金相试样取自试棒,用EIPHOTO 300型金相显微镜观察试样组织,腐蚀液为FeCl₃+HCl水溶液,在CMT5105A型万能材料试验机上测试试样的力学性能。

表1 Cu-B中间合金的化学成分 %

w_B					
B	Al	Si	S	P	Cu
4.68	0.34	0.68	0.02	0.02	余量

2 试验结果和分析

2.1 B对HPb59-1黄铜铸态组织的影响

图1为HPb59-1合金添加不同量的B细化变质的显微照片。从图1a金属型铸态不加B的金相照片可以看出,组织较为粗大,由 $\alpha+\beta+Pb$ 相组成,其中白色的

收稿日期:2006-09-11

基金项目:西安工业大学校长基金资助项目(编号:XGYXJJ0519)

第一作者简介:倪自飞,男,1980年生,硕士研究生,西安工业大学材料与化工学院,西安(710032),电话:13991349419,E-mail:jszmf@163.com

nHA-Ti复合粉末达到较好的均匀化效果

参 考 文 献

- [1] 阮建明,邹俭鹏,黄伯云. 生物材料学[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [2] 庞鹏沙,陈柳珠,李卫. 医用钛基生物活性材料研究[J]. 材料导报,2006,20(3):68-70,86.
- [3] 李军,周廉,李佐臣,等. 新型医用钛合金 Ti-12.5Zr-2.5Nb-2.5Ta 的研究[J]. 稀有金属材料与工程,2003,32(5):398-400.
- [4] 陈玉勇,徐丽娟,陈子勇,等. 新型牙科铸钛专用包埋料的研制[J]. 特种铸造及有色合金,2005,25(8):462-464.
- [5] LAVOS-VALERETO C, KONIG B J, ROSSA C J, et al. A study of histological responses from Ti-6Al-7Nb alloy dental implants with and without plasma-sprayed hydroxyapatite coating in dogs[J]. J Mater Sci Mater Med, 2002, 12(3):273-276.
- [6] 王迎军,赵子衷,黄瑞福,等. 生物活性梯度涂层的显微结构与附

着强度[J]. 材料研究学报,1999,13(1):103-106.

- [7] NONAMI T, KAMIYA A, NAGANUMA K, et al. Implantation of hydroxy-apatite granules into superplastic titanium alloy for biomaterials[J]. Materials Science and Engineering C, 1998, 6(4):281-284.
- [8] 杨云志,陈治清,田杰漠. 粉末冶金技术在生物梯度材料制备中的应用[J]. 粉末冶金技术,1998,16(4):292-299.
- [9] 阮建明,邹俭鹏. HA/Ti和HA/BG/Ti复合生物材料的力学性能和微观结构[J]. 中国有色金属学报,2003,13(6):1361-1367.
- [10] 储成林,朱景川,尹钟大. HA-Ti/Ti/HA-Ti轴对称生物功能梯度材料的制备及其热应力缓和特性[J]. 中国有色金属学报,1999,9(增1):57-62.
- [11] SURYANARAYANA C. Mechanical alloying and milling[J]. Progress in Materials Science, 2001, 46(1-2):1-184.
- [12] GERMAN R M. Powder Metallurgy Science. 2nd ed[M]. New Jersey: Metal Powder Industries Federation, 1994.

(编辑:刘卫)

板条状的组织为 α 相, 黑色的组织为 β 相, 分布在 α 相上黑色的小颗粒为 Pb 相。铸态组织粗大是因为在金属铸型中凝固成型时, 具有较快的凝固冷却速度, 从液相中所析出的 α 相快速长大, 固相生长过程元素的扩散时间较短, 因此形成长片状, 在长片状组织之间和枝晶间形成包晶组织。由于是非平衡凝固加之 α 相相对较多, 因此, 包晶反应后合金中除了新形成的 β 相外, 还有剩余的 α 相, 包晶反应生成的 β 相呈现片状或粒状结构(见图 1a)。由图 1b~图 1h 可知, 和铸态相比, 添加 0.001% 的 B 后, 组织中的 α 相板条变短, 有所细化, 加入 0.002% 的 B, α 相由长针片状转变为短片状, 加入 0.004% 的 B 时 α 相和 β 相板条束明显细化, 当 B 的添加量为 0.008%~0.015% 时, 晶粒明显细化, 长板条组织消失, 等轴晶倾向增加, 而且组织的均匀性提高。可

以看出当 B 加入量为 0.010% 时, 细化效果最好, 继续增加 B 的含量, HPb59-1 黄铜合金的晶粒变大, 合金的组织有粗化的趋势, 见图 1g~图 1h。因此从不同 B 加入量对组织细化程度来看, 一定含量 B 对黄铜合金进行变质处理, 具有很强的变质细化作用, 能够消除柱状晶, 可以细化黄铜的组织, 改变了 α 和 β 相的分布形态。以电解铜、纯 Zn、纯 Pb 为原料, 配制相对较纯的 HPb59-1 黄铜, 向其加入 B 进行变质处理, 发现 B 的细化变质作用不明显^[7], 在含有 Fe 和 Al 的黄铜中 B 才有细化变质效果, 甚至多次重熔后, 仍有细化效果^{5,8]}。因此 B 对 HPb59-1 细化机制可以认为是 B 与 HPb59-1 黄铜中少量的元素(如 Fe、Al)形成高熔点的化合物, 在 HPb59-1 合金凝固过程中形成非自发形核, 从而细化了黄铜的铸造组织。

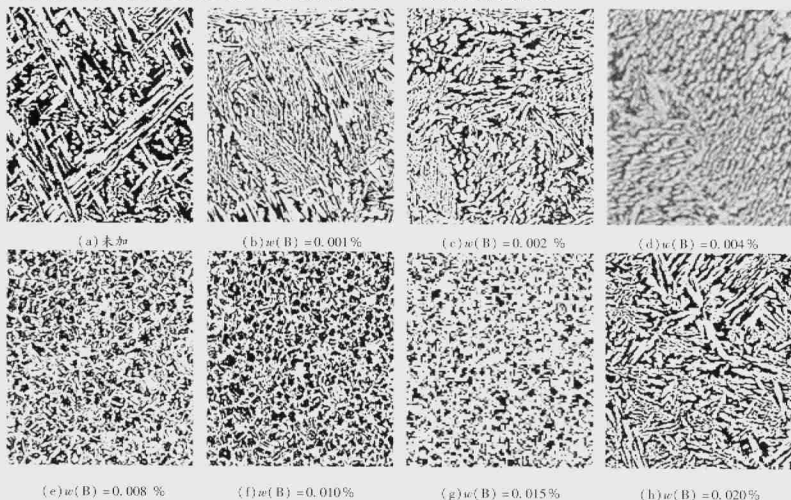


图 1 不同 B 加入量对铸态 HPb59-1 黄铜组织的影响 $\times 100$

2.2 B 对 HPb59-1 黄铜力学性能的影响

HPb59-1 黄铜中加入微量 B 后, 在室温下力学性能的试验结果见表 2。随着 B 含量的增加, HPb59-1 铅黄铜的抗拉强度先增加然后降低, 其中添加 0.010% 的 B 的抗拉强度最高, 此时合金的晶粒最细。当 B 添加量超过 0.010% 时, 晶粒变粗, 抗拉强度有所下降。HPb59-1 铅黄铜经 B 变质处理后伸长率、断面收缩率有所提高, 使合金具有良好的塑性和良好的加工性能, 有利于后续加工。

由表 2 可以看出 HPb59-1 铅黄铜细化变质后, 合金的力学性能都有一定程度的提高。微量 B 之所以能提高 HPb59-1 铅黄铜的力学性能, 一方面 B 有脱氧除杂

功能, 净化了合金基体^[9]; 另一方面是 B 的细晶强化作用, 细化了 HPb59-1 铅黄铜合金的晶粒, 由 Hall-Petch 方程可知, 合金的晶粒直径越细小, 材料的强度越高。

表 2 不同含 B 量对铸态 HPb59-1 黄铜力学性能的影响

B 的加入量/%	未添加	0.001	0.002	0.004	0.008	0.010	0.015	0.020
σ_b /MPa	295	361	374	380	392	400	386	359
δ_5 /%	11.5	16.0	14.8	13.3	13.8	13.8	12.3	14.8
ψ /%	16.1	24.4	21.4	17.8	14.9	12.7	14.4	15.9

2.3 B 变质处理后保温时间对组织和性能的影响

图 2 是加入 0.010% 的 B 变质处理、保温不同时间后试样的显微组织。可以看出, 变质处理后随着保温时间的延长, HPb59-1 铅黄铜合金的组织逐渐粗化, 晶粒

长大, B 的细化变质作用存在衰退的现象。在 1 010 ℃ 的高温下静置保温 10 min 时, Hpb59-1 铅黄铜显微组织细化变质最好。当静置保温时间超过 10 min 时, Hpb59-1 铅黄铜的组织逐渐粗化, 细化效果逐渐减弱。

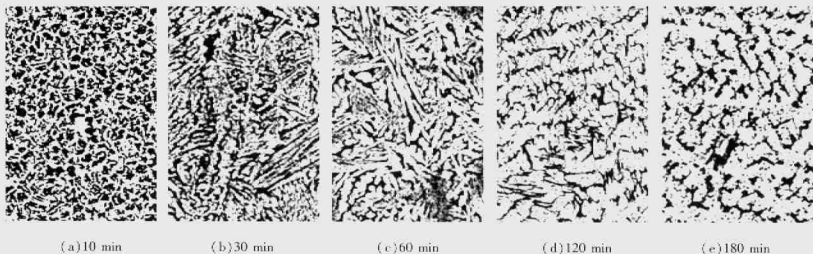


图 2 B 变质处理后铸态 Hpb59-1 黄铜在不同的保温时间的显微组织 $\times 100$

的 Hpb59-1 铅黄铜的力学性能, 可以看出, 在 1 010 ℃ 的高温下随着保温时间的延长, 由于 Hpb59-1 铅黄铜的晶粒长大, 合金的抗拉强度逐渐下降。因此, 对于 Cu-B 中间合金变质处理 Hpb59-1 铅黄铜应尽快地进行浇注, 最佳浇注时间为 10 min。

表 3 B 变质后在不同的保温时间下的铸态

Hpb59-1 黄铜力学性能					
保温时间/min	10	30	60	120	180
σ_b /MPa	400	383	369	310	305
δ_5 /%	13.8	14.3	16.6	15.6	15.1
ψ /%	12.7	18.5	21.6	25.8	9.9

3 结论

(1) 微量 B 对 Hpb59-1 铅黄铜组织有明显的细化变质作用, 变质处理可以使粗大的枝晶状组织变为细小的等轴晶组织, 提高组织均匀化程度。B 加入量范围为 0.008%~0.015% 时铸造铅黄铜变质效果最好。

(2) 随着变质处理后熔体保温时间的延长, B 的细化变质作用存在衰退现象, 试验表明 B 变质处理后 Hpb59-1 铅黄铜熔体保温在 10 min 时效果最好。

这是由于保温时间的延长, B 的烧损加大, B 形成的非自发形核质点长大, 失去了非自发形核的作用, 出现细化衰退现象。

表 3 是 B 添加量为 0.010% 时, 在不同保温时间下

参 考 文 献

- [1] 曾秋莲, 章爱生, 魏秀琴, 等. 微量稀土和硼在铜及其合金中的作用[J]. 特种铸造及有色合金, 2002(3): 55-57.
- [2] 魏绪韵, 徐秀芬, 冯法伦. 稀土对 Hpb59-1 铅黄铜金相组织及性能的影响[J]. 稀土, 1992, 13(4): 56-59.
- [3] 谈荣生, 孙连超, 赵美江. 稀土对易切削黄铜形貌的电镜考察[J]. 稀土, 1989(6): 55-58.
- [4] 曾秋莲, 章爱生, 周浪. RB-1 型铸造添加剂对 Hpb59-1 黄铜组织的影响[J]. 南昌大学学报, 2002(24): 19-22.
- [5] 龚建森, 史德华, 胡城立, 等. 铸造铜合金中变质元素的研究[J]. 湖南大学学报, 1985, 12(4): 59-69.
- [6] 王吉会, 姜晓霞, 李诗卓. 硼对铜合金组织和性能的影响[J]. 材料研究学报, 1997, 11(4): 381-386.
- [7] 章爱生, 严明明, 曾秋莲. 稀土硼在 Hpb59-1 黄铜中的细化变质效果[J]. 铸造, 2005, 54(10): 1 017-1 021.
- [8] SADAYAPPAN M, FASOYINU F A. Fading of grain refinement in leaded yellowbrass and sebiloy[J]. AFS Transactions 2001, 109: 705-713.
- [9] 苏晓军, 翟玉春, 陈凤才. 铜硼合金脱氧生产纯铜铸件试验[J]. 铸造, 1995(11): 33-36.

(编辑: 刘 卫)

中国第 2 届消失模铸造技术国际会议暨第 9 届 实型铸造学术年会在四川省都江堰市召开

由中国铸造协会实型铸造专业委员会举办, 四川省川建管道有限公司承办的中国第 2 届消失模铸造技术国际会议暨第 9 届实型铸造学术年会在 2006 年 10 月 15~18 日在四川省都江堰市召开。来自全国各地 170 余家单位及美国、日本、韩国共 268 名代表参加了会议。

会议发表学术论文 76 篇, 有 30 多位中外专家、学者做了学术、技术报告。

有 30 多家企业, 展示了消失模(实型)铸造新的实用的科技成果、原辅材料、设备、仪器、计算机应用软件、模具及铸件等。

会议期间, 代表们参观了生产能力达 10 000~15 000 t/年的川建管道有限公司。由于大会的精心安排, 会议的各项组织工作得到代表们一致好评。

(本刊编辑部)