



微量元素 Cd 对锡基轴承合金 SnSb11Cu6 组织与力学性能的影响

陈永红¹, 钟 宁¹, 尹忠慰², 李虎林², 董 琴²

(1. 重庆跃进机械厂有限公司, 重庆 402169;

2. 上海交通大学 机械与动力工程学院, 上海 200240)

摘 要: 为了改善锡基轴承合金的承载能力, 采用 X 射线衍射分析、光学显微分析、硬度分析和材料拉伸和压缩试验等分析技术研究微量元素 Cd 对锡基轴承合金 SnSb11Cu6 的微观组织和力学性能的影响。结果表明: Cd 加入合金后, 并未改变合金的物相组成。合金中硬质相 SnSb 尺寸减小, 数目增多, 说明 Cd 能起到细化 SnSb 相的作用, 增强合金的硬度、强度和塑性; 同时, Cd 溶于 Sn 形成固溶体能提高合金的硬度和强度, 但降低合金的塑性。Cd 加入到合金 SnSb11Cu6 中, 起到细晶强化和固溶强化的作用。当 Cd 的含量在 0.5%(质量分数)左右时, 合金的硬度、强度和塑性同时增加, 考虑合金的综合性能, 推荐优选的 Cd 含量为 0.5%~1.0%。

关键词: Cd; SnSb11Cu6; 显微组织; 力学性能; 强化机理

文章编号: 1004-0609(2019)-06-1226-07

中图分类号: TH142.2

文献标志码: A

锡基轴承合金是巴氏合金(又称白合金)的系列之一, 是一种软基体上分布着硬质相的低熔点轴承合金^[1]。由于其具有非常好的嵌藏性、顺应性和抗咬合性, 所以锡基轴承合金一直以来都是船用低速机轴瓦的首选材料^[2~4]。轴瓦作为低速机高技术、高风险、高附加值的关键核心零部件, 在设备运转过程中起着支撑和传递动力的作用, 其性能直接决定着低速机运行的可靠性和安全性。而锡基轴承合金的承载能力以及耐热、耐疲劳性能较差, 极大限制了其在工程上的应用^[5~6]。随着我国建设海洋强国战略目标的提出, 有必要对锡基轴承合金做更系统、全面的研究, 致力于改善其特性、改进传统工艺及开发新的制备技术, 使其具备更加良好的减摩性、耐磨性、嵌藏性、顺应性、耐腐蚀性及足够的承载能力, 以满足当前的工业需求^[7~8]。

锡基轴承合金以 Sn 为主, 加入少量 Sb 和 Cu, 同时, 为了细化晶粒、改善合金延展性及提高其耐高温性等, 合金中常会添加微量 Cd、Ni、As、Ag、Zn、Ti、Co 等合金元素^[2, 9]。目前, 对锡基轴承合金的研究主要集中在微观结构、力学性能、结合强度、承载能力、抗咬合能力和摩擦学特性^[10~16]等。微量元素对合金组织和力学性能的影响方面, 已有不少的研究报

道。其中, HAEDICKE 等^[2]在锡基合金中加入 0.5%~0.9%Co、0.3%~0.6%Ni 以及 0.1~0.4%Zn(质量分数)形成新的合金 SnSb11Cu4CoNiZn, 并分析了合金的硬度、疲劳强度、抗咬合能力以及摩擦磨损特性。ISHIHARA 等^[17]分析了 Sb 含量在 5%~23%时白合金的耐磨性能。EL-BEDIWI^[18]研究了 Ag、Cu、Zn 和 Pb 对 Sn-10%Sb 合金的结构、电阻率、硬度、弹性模量等的影响。LESZCZYŃSKAMADEJ 等^[19]在锡基合金 SnSb12Cu6 中添加了 1.5%Pb, 分析了合金的硬度、显微组织和摩擦学特性。翁炳奎等^[20]对比研究了研究传统锡基合金 ZSnSb11Cu6 和添加 1.17%~1.22% 镉、0.22%~0.23% 镍等元素的锡基轴承合金 ZSnSb11Cu6CdNi 的各项性能, 包括金相组织、相成分、显微硬度以及合金的各项物理、力学性能。

研究发现, 轴承合金的耐磨性、嵌藏性、顺应性和抗咬合性与其化学成分、金相组织、弹性模量、屈服强度和硬度等有关^[21~22], 为了制备具有高承载力的锡基轴承合金, 本文在原材料 SnSb11Cu6 的基础上分别添加了 4 种质量分数(分别是 0.1%、0.5%、1.0%和 1.5%)的 Cd, 通过物相分析、金相分析、硬度分析、拉伸和压缩性能分析等研究了微量元素 Cd 对锡基轴

承合金 SnSb11Cu6 的显微组织和力学性能的影响, 并分析了显微组织和力学性能之间的关系。

1 实验

试验所用的原材料为 SnSb11Cu6, 其化学成分见表 1, 实验所选 Cd 的纯度为 99.999%。合金在中频炉(型号为 DLZ-25)中熔化, 待合金完全熔化后, 加入 Cd(含量分别为 0%、0.1%、0.5%、1.0%和 1.5%, 质量分数), 并在 650 ℃时保温 0.5 h, 之后浇铸到预先加热的模具(模具预热温度 250 ℃, 时间 2 h)中, 浇铸温度为 420 ℃。将经过熔化浇铸得到后的合金按 Cd 的添加含量分别标记为 SnSb11Cu6-xCd(x=0、0.1、0.5、1.0、1.5)。

表 1 SnSb11Cu6 化学成分

Table 1 Chemical compositions of SnSb11Cu6 (mass fraction, %)

Sn	Sb	Cu	Pb	As
Bal.	10.91	5.95	0.064	0.023
Fe	Bi	Zn	Al	Cd
0.0087	0.0590	0.0007	0.0005	0.0170

试验前, 供物相分析所用的试样为 5 mm 厚的试块, 供显微组织分析和硬度分析的试样均取自铸件的另一部位的横截面切制为 10 mm 厚的试块, 并用磨抛机打磨抛光。供屈服强度和抗拉强度的试样是用铸件机加工为直径 10 mm、标距 50 mm、长度 100 mm 的圆形试样, 供抗压试验的试样是用铸件机加工为直径 13 mm、长 38 mm 的试样。物相分析所用的 X 射线测衍射仪, 型号为 3kW/*D8 ADVANCE Da Vinci。金相腐蚀剂的成分为 5 g FeCl₃, 10 mL HCl 和 90 mL H₂O, 所用的金相显微镜的型号为 MX4R, 显微硬度测量仪的型号 HMAS-D1000SZ, 拉伸和压缩试验所用的设备为微机控制电子万能试验机, 型号为 WAW-1000。

试验过程中, 基体和 SnSb 相的显微硬度试验所用载荷为 0.098 N, 加载时间为 10 s。拉伸试验选取的拉伸速率为 0.75 mm/min, 压缩试验选取的压缩速率为 1.0 mm/min。另外, 试样的屈服强度值是有效长度的 0.2%变形时所需的单位负荷, 抗拉强度值是将试验拉断时所需的单位负荷。每种合金的显微硬度值取自 10 个有效测量点的均值, 拉伸和压缩性能试验至少保证有 3 次有效试验。

2 实验结果

2.1 合金的微观组织

三元合金 Sn-Sb-Cu 可能包含的微观组织中除了 α 相(Sb 溶于 Sn 的固溶体), β 相(SnSb), η 相(Cu₆Sn₅), 还有 ε 相(Cu₃Sn), γ 相(Cu₃₁Sn₈)、Sn₃Sb₂ 和 Cu₂Sb^[23]。由于锡基轴承合金 SnSb11Cu6 含有 10.0%~12.0%的 Sb 和 5.5%~6.5%的 Cu, 其正常的显微组织(见图 1(a))是在黑色 α 固溶体上均匀分布着呈白色立方形的 SnSb 相和呈针状或星状的 Cu₆Sn₅ 相^[24-25]。SnSb 晶体互不相连, 分布较均匀, 大小差异不大, 被基体 α 固溶体包围。早期形核的 Cu₆Sn₅ 相是 SnSb 相的结晶核心, 并在合金冷却的过程中, Cu₆Sn₅ 相先从液相中析出, 呈骨架状以阻止其后析出的 SnSb 相因比重低上浮而产生的偏析。另外, α 相是合金的软相基体, 使合金具有很好的嵌藏性、顺应性和抗咬合性, β 相和 η 相是合金的硬质相, 使合金有足够的承载能力。合金在磨合后, 软相基体内凹, 硬质相颗粒外凸, 使相对滑动面之间形成微小间隙, 当设备处于乏油运转工况时,

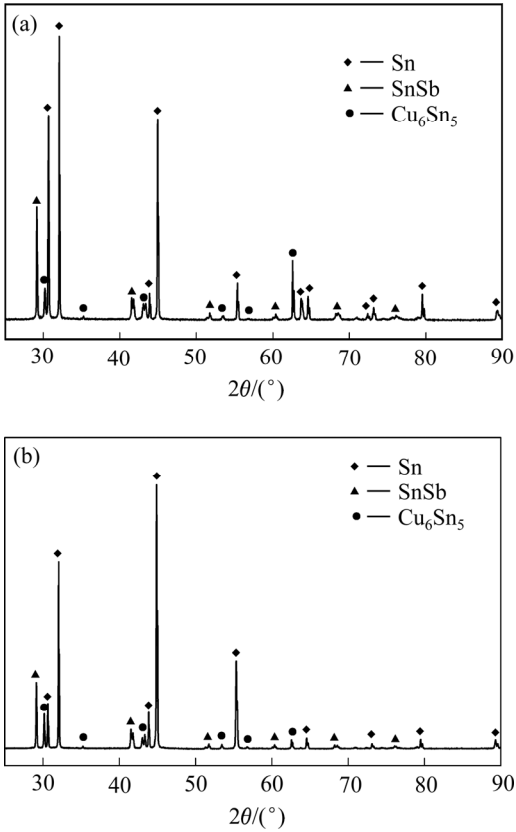


图 1 SnSb11Cu6-xCd 的 XRD 谱
Fig. 1 XRD pattern of SnSb11Cu6-xCd: (a) SnSb11Cu6-0Cd; (b) SnSb11Cu6-1.5Cd

这些微小的间隙可以储存润滑油,有利于减小摩擦。

GB/T 1174-92 中提出了一种含微量 Cd(1.1%~1.6%)的锡基轴承合金 SnSb12Cu6Cd1, Cd 作为锡基合金的常选添加元素,一方面是由于 Cd 与 Sn 相溶,与 Fe 几乎不相溶,另一方面 Cd 能起到细化 SnSb 相的作用。图 1 给出了 SnSb11Cu6-0Cd 和 SnSb11Cu6-1.5Cd 的物相分析,结果表明将 Cd 添加到轴承合金 SnSb11Cu6 中,合金的相成分依旧是 α 相、SnSb 相和 Cu_6Sn_5 相,并未产生新的金属间化合物。图 2(b)~2(f)所示为 SnSb11Cu6-xCd 腐蚀后的显微组织,从图中可以看出,不同含量的合金中,白色立方形的 SnSb 相和针状或星状的 Cu_6Sn_5 相均匀分布在黑色固溶体中, Cd 加入 SnSb11Cu6 后,合金中 SnSb 相的晶粒细化效果比较明显,当 Cd 含量为 1.5% 时, SnSb 相的平均晶粒尺寸下降了 23%。表 2 中进一步给出了 SnSb11Cu6-xCd 中 SnSb 相的数量和对角线长度,随着 Cd 含量 x 的增加,合金中 SnSb 相的数量增多,而 SnSb 相的对角线平均长度减小,说明 Cd 能抑制合金中硬质相 SnSb 的生长,起到细化 SnSb 的作用; Cd 含量为 0.5% 时,合金中 SnSb 相的晶粒大小差异最小。

表 2 SnSb11Cu6-xCd 中 SnSb 数量和对角线长度

Table 2 Number and diagonal length of SnSb in SnSb11Cu6-xCd

$w(\text{Cd})/\%$	Number of SnSb grain	Diagonal length of SnSb/ μm	
		Range	Average
0	30	40.37~73.23	56.67
0.1	35	31.94~65.32	49.62
0.5	36	48.83~54.90	46.86
1.0	35	31.23~59.67	45.84
1.5	44	30.72~61.64	43.74

2.2 合金的硬度分析

由于硬质相 Cu_6Sn_5 的尺寸太小,无法用显微硬度仪测量,因此本文中只给出了合金 SnSb11Cu6-xCd 基体和 SnSb 相的显微硬度(HV),如表 3 所示。从表 3 可以看出:基体和 SnSb 相的显微硬度均随着 Cd 含量的增加而增大,当 Cd 含量为 1.5% 时,基体相的显微硬度提高了 24% 左右,硬质相 SnSb 的显微硬度提高了 21% 左右。从显微硬度的变化趋势看,当 Cd 含量在 0.1%~1.5% 之间时,合金中基体的显微硬度随 Cd 含量的增加线性增大,当 Cd 含量在 0.5%~1.5% 之间

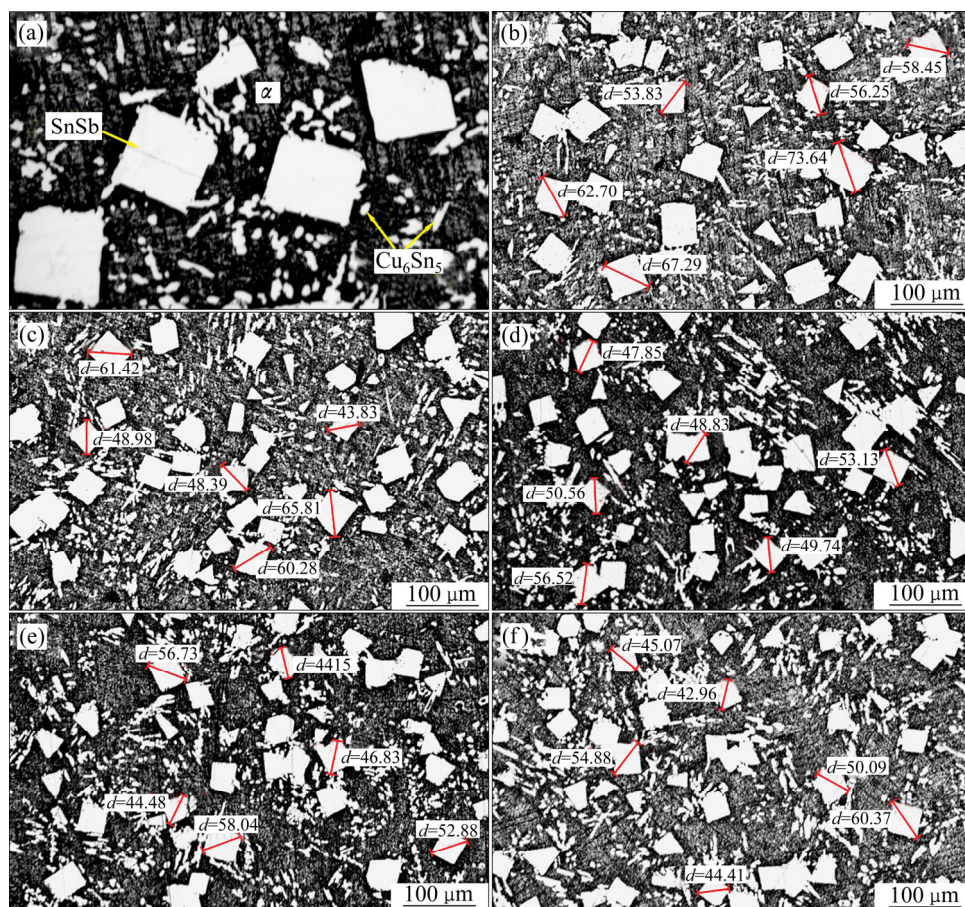


图 2 SnSb11Cu6-xCd 腐蚀后显微组织

Fig. 2 Microstructure of SnSb11Cu6-xCd after chemical etching: (a) SnSb11Cu6; (b) SnSb11Cu6-0Cd; (c) SnSb11Cu6-0.1Cd; (d) SnSb11Cu6-0.5Cd; (e) SnSb11Cu6-1.0Cd; (f) SnSb11Cu6-1.5Cd

表 3 SnSb11Cu6-xCd 的显微硬度

Table 3 Microhardness of SnSb11Cu6-xCd

w(Cd)/ %	Microhardness of matrix, HV	Microhardness of SbSn, HV
0	24.05	85.77
0.1	25.93	85.99
0.5	26.77	86.48
1.0	27.83	92.03
1.5	29.74	103.63

时, 合金 SnSb 相的显微硬度随 Cd 含量的增加迅速增大, 另外, 文献[26]中给出了 Cd 在 Sn 中的溶解度, 在温度 223 ℃下, 为 0.75%, 在温度 176 ℃下, 为 1.16%, 说明当 Cd 含量较低时, Cd 溶于 Sn 形成的固溶体主要用来提高基体的显微硬度, 当 Cd 含量不断增加时, 富余的 Cd 在结晶时可为 SnSb 相的析出提供异相形核的核心, 强化了该相的键合, 使 SnSb 相的硬度增大。

2.3 拉伸和压缩性能

图 3(a)和图 3(b)所示分别为合金 SnSb11Cu6-xCd 室温拉伸和压缩后的真实应力-应变曲线; 图 3(c)所示为合金 SnSb11Cu6-1.5Cd 拉伸和压缩后的试件; 表 4 给出了合金 SnSb11Cu6-xCd 拉伸和压缩的力学性能。从图 3(c)中可以看出, 拉伸试件的断口位置处于试件的标距内, 断口的断裂面同拉伸应力倾斜, Cd 加入后, 合金的屈服强度、抗拉强度和抗压强度随着 Cd 含量的增加而增大, 当 Cd 含量为 1.5%时, 相比未添加微量元素的合金, 合金的屈服强度提高了 26.5%左右, 抗拉强度提高了 23.1%左右, 抗压强度提高了 24.1%左右; 另外, 除了合金 SnSb11Cu6-0.5Cd, 其他合金的断后伸长率均减小, 当 Cd 含量为 1.5%时, 合金的断后伸长率降低了 17.6%左右, 说明 Cd 的加入在一定范围内降低了合金的塑性。

表 4 SnSb11Cu6-xCd 常温下的力学性能

Table 4 Mechanical properties of SnSb11Cu6-xCd at room temperature

w(Cd)/ %	Elongation at break/%	Modulus of elasticity/GPa	Tensile yield strength/MPa	Tensile strength, ultimate/MPa	Compressive strength, ultimate/MPa
0	3.4	68.6	66.4	81.5	96.3
0.1	2.8	60.4	66.7	82.3	97.5
0.5	4.2	65.1	73.4	90.1	102.6
1.0	3.2	65.2	81.7	96.7	113.1
1.5	2.8	67.8	84.0	100.3	119.5

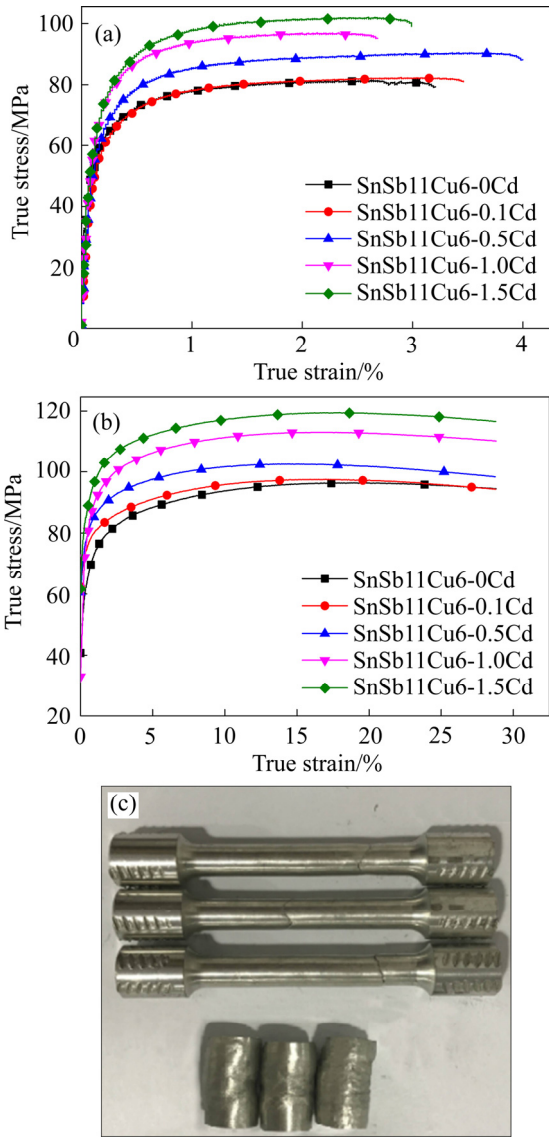


图 3 SnSb11Cu6-xCd 的力学性能

Fig. 3 Mechanical properties of SnSb11Cu6-xCd: (a) True stress-strain curves of tensile tests; (b) True stress-strain curves of compressive tests; (c) Specimens of SnSb11Cu6-1.5Cd after testing

3 分析与讨论

合金的力学性能主要取决于其显微组织,常用的合金强化的方法有细晶强化、固溶强化和析出硬化^[2, 27]。研究发现,在常温下,晶粒越细的金属会具有更高的强度、硬度、塑性和韧性,这是因为当金属受到外力作用时,晶粒越多,由外力产生的塑性变形将会分散到更多的晶粒内进行,使金属内部塑性变形更均匀,从而减小应力集中;此外,合金中的晶粒越细,晶界面积越大,晶界越曲折,越不利于裂纹的扩展。将Cd加入锡基合金SnSb11Cu6后,合金中SnSb相的晶粒尺寸减小,数量增多,说明Cd起到了细晶强化的作用,使合金具有更高的硬度、强度和塑性。同时,Cd能与Sn形成单向固溶体,同Sb的固溶强化作用一样,当金属受到外力作用时,固溶体增大了位错运动的阻力,使滑移难以进行,从而使合金的强度与硬度增加,但会降低合金的塑性,因此当SnSb11Cu6中添加Cd后,合金的强度和硬度增大,塑性下降。

锡基轴承合金的金相组织等级评定通常按SnSb晶体的对角线长度及分布质量来划分,只有SnSb的晶体细小,分布均匀,才能使合金具有更好的承载能力。从实验结果看,在SnSb11Cu6中加入0.5%Cd后,合金中SnSb晶粒的大小差异范围最小,同未添加微量元素Cd的合金相比,合金强度、硬度增大的同时,合金的塑性也增大,说明SnSb晶粒尺寸差异越小,分布越均匀,越利于提高合金的塑性。作为轴承合金材料,不仅要具有足够的强度和硬度使合金具有一定的承载力,也要具备良好的嵌藏性、顺应性和抗咬合性。通过本文的研究,可通过控制微量元素Cd的添加含量,使锡基轴承合金的综合性能最佳。

本文将微量元素Cd加入锡基轴承合金SnSb11Cu6,起到了细晶强化和固溶强化的作用,使得合金的硬度和强度增加,细晶强化作用使得合金的塑性增加,但固溶强化作用又在一定程度上降低了合金的塑性。通过对合金SnSb11Cu6-xCd显微组织和力学性能的分析,推荐优先的Cd含量为0.5%~1.0%。

4 结论

1) Cd加入后,SnSb相数量增多、晶粒变细,使得合金的强度、硬度、塑性增加,起到了细晶强化的作用。

2) Cd加入后,能与Sn形成固溶体,提高合金的强度和硬度,但降低合金的塑性,起到固溶强化的作用。

3) 对锡基轴承合金SnSb11Cu6,推荐优先的Cd含量为0.5%~1.0%。

REFERENCES

- [1] 孙艳明. 巴氏合金性能与分析[J]. 广东化工, 2012, 39(1): 187.
SUN Yan-ming. Performance and analysis of Babbitt metal[J]. Guangdong Chemical Industry, 2012, 39(1): 187.
- [2] HAEDICKE L, MERGEN R, KARI A, HARREITHER L. Improved tin based bearing alloy for low emission two-stroke engines[C]// ASME 2012 Internal Combustion Engine Division Fall Technical Conference, 2012: 61–65.
- [3] ZEREN A. Embeddability behaviour of tin-based bearing material in dry sliding[J]. Materials & Design, 2007, 28(8): 2344–2350.
- [4] ZEREN A, FEYZULLAHOGLU E, ZEREN M. A study on tribological behaviour of tin-based bearing material in dry sliding[J]. Materials & Design, 2007, 28(1): 318–323.
- [5] 秦卓, 赵子文, 魏海东, 姚珏. 巴氏合金的研究进展及制备技术[J]. 热加工工艺, 2016, 45(18): 10–14.
QIN Zhuo, ZHAO Zi-wen, WEI Hai-dong, YAO Jue. Research progress and preparation techniques of Babbitt metal[J]. Hot Working Technology, 2016, 45(18): 10–14.
- [6] 贺林, 朱均. 短碳纤维增强锡基巴氏合金摩擦学特性[J]. 中国有色金属学报, 1998, 18(2): 223–227.
HE Lin, ZHU Jun. Tribological characteristics of short carbon fiber-reinforced Sn-matrix Babbitt alloy[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 1998, 18(2): 223–227.
- [7] KOBELEVA L I, BOLOTOVA L K, KALASHNIKOV I E, KATIN I V, BYKOV P A. Composite granules of tin-based alloy[J]. Inorganic Materials Applied Research, 2016, 7(3): 395–401.
- [8] 陶庆, 叶俊, 范琦. Sn基巴氏合金轴瓦组织及其与承载能力的关系[J]. 现代铸铁, 2008, 28(4): 96–98.
TAO Qing, YE Jun, FAN Qi. Structure of Sn base Babbitt alloy and its relationship with loading capacity[J]. Modern Cast Iron, 2008, 28(4): 96–98.
- [9] EL-BEDIWI A, LASHINA R, MOSSA M, KAMAL M. Indentation creep and mechanical properties of quaternary Sn-Sb based alloys[J]. Materials Science & Engineering A,

- 2011, 528(10/11): 3568–3572.
- [10] VALEEVA A K, VALEEV I S, FAZLYAKHMETOV R F. Microstructure of the β -phase in the Sn11Sb5.5Cu Babbitt[J]. *Physics of Metals & Metallography*, 2017, 118(1): 48–51.
- [11] VALEEVA A K, VALEEV I S, FAZLYAKHMETOV R F. On the wear rate of an Sn11Sb5.5Cu Babbitt[J]. *Journal of Friction & Wear*, 2017, 38(1): 53–57.
- [12] GOUDARZI M M, JAHROMI S A J, NAZARBOLAND A. Investigation of characteristics of tin-based white metals as a bearing material[J]. *Materials & Design*, 2009, 30(6): 2283–2288.
- [13] DIOUF P, JONES A. Investigation of bond strength in centrifugal lining of Babbitt on cast iron[J]. *Metallurgical & Materials Transactions A*, 2010, 41(3): 603–609.
- [14] GEBRETSADIK D W, HARDELL J, PRAKASH B. Seizure behaviour of some selected Pb-free engine bearing materials under lubricated condition[J]. *Tribology International*, 2017, 111: 265–275.
- [15] POTEKHIN B A, IL'YUSHIN V V, KHRISTOLYUBOV A S. Effect of casting methods on the structure and properties of tin Babbitt[J]. *Metal Science & Heat Treatment*, 2009, 51(7/8): 378–382.
- [16] 郭正兴, 何永勇, 路新春. 巴氏合金 ZSnSb8Cu4 的摩擦磨损行为[J]. *润滑与密封*, 2014, 39(7): 5–10.
- GUO Zheng-xing, HE Yong-yong, LU Xin-chun. Tribological performance of tin-based white metal ZSnSb8Cu4[J]. *lubrication Engineering*, 2014, 39(7): 5–10.
- [17] ISHIHARA S, TAMURA K, GOSHIMA T. Effect of amount of antimony on sliding wear resistance of white metal[J]. *Tribology International*, 2010, 43(5): 935–938.
- [18] EL-BEDIWI A. Effects of micro-additions on structures and properties of rapidly solidified Sn-10%Sb alloy[J]. *Radiation Effects & Defects in Solids*, 2003, 158(7): 475–479.
- [19] LESZCZYŃSKAMADEJ B, MADEJ M. The tribological properties and the microstructure investigations of tin Babbitt with Pb addition after heat treatment[J]. *Archives of Metallurgy & Materials*, 2016, 61(4).
- [20] 翁炳奎, 龙荷荪, 郑平. 提高离心浇铸巴氏合金轴瓦质量的研究[J]. *理化检验: 物理分册*, 1999(7): 291–293.
- WENG Bing-kui, LONG He-sun, ZHENG Ping. Study on quality improvement of centrifugal cast Babbitt metal[J]. *PTCA (PART A: Physical Testing)*, 1999(7): 291–293.
- [21] 尹延国, 焦明华, 解挺, 郑治祥, 刘焜, 俞建卫, 田明. 滑动轴承材料的研究进展[J]. *润滑与密封*, 2006(5): 183–187.
- YIN Yan-guo, JIAO Ming-hua, XIE Ting, ZHENG Zhi-xiang, LIU Kun, YU Jian-wei, TIAN Ming. Research progress in sliding bearing materials[J]. *Lubrication Engineering*, 2006(5): 183–187.
- [22] FEYZULLAHOĞLU E, ZEREN A, ZEREN M. Tribological behaviour of tin-based materials and brass in oil lubricated conditions[J]. *Materials & Design*, 2008, 29(3): 714–720.
- [23] CHEN S W, ZI A R, GIERLOTKA W, YANG C F, WANG C H, LIN S K, HSU C M. Phase equilibria of Sn-Sb-Cu system[J]. *Materials Chemistry & Physics*, 2012, 132(2/3): 703–715.
- [24] CHUANG C M, LIN K L. Effect of microelements addition on the interfacial reaction between Sn-Ag-Cu solders and the Cu substrate[J]. *Journal of Electronic Materials*, 2003, 32(12): 1426–1431.
- [25] BARYKIN N P, FAZLYAKHMETOV R F, VALEEVA A K. Effect of the structure of babbitt B83 on the intensity of wear of tribocouplings[J]. *Metal Science & Heat Treatment*, 2006, 48(1/2): 88–91.
- [26] CLARK J B, METCALFE B, PACEY R A, RICHTER P W. High pressure study of the cadmium-tin binary system[J]. *Journal of The Less-Common Metals*, 1980, 71(1): 33–45.
- [27] PIO L Y. Effect of T6 heat treatment on the mechanical properties of gravity die cast A356 aluminium alloy[J]. *Journal of Applied Sciences*, 2011, 11(11): 2048–2052.

Effects of micro-adding Cd on microstructure and mechanical properties of SnSb11Cu6 tin-based bearing alloy

CHEN Yong-hong¹, ZHONG Ning¹, YIN Zhong-wei², LI Hu-lin², DONG Qin²

(1. Chongqing Yuejin Machinery Co., Ltd., Chongqing 402169, China;

2. School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: In order to improve the load capacity of tin-based bearing alloys, this paper investigated the effects of micro-additive Cd on the microstructure and mechanical properties of SnSb11Cu6 tin-based bearing alloy were investigated by X-ray diffractometry, optical microscopy, hardness analysis, tensile and compressive test and other analysis techniques. The results indicate that the addition of Cd does not change the phases of the alloy, whereas it can decrease the size and increase the number of SnSb hard grains, indicating that Cd has an effect on refining SnSb phase, and further increases the hardness, strength, and plasticity of SnSb11Cu6. Meanwhile, the formation of solid solution (Cd in Sn) improves the hardness and strength of the alloy, whereas reduces the plasticity of SnSb11Cu6. When the content of Cd is about 0.5% (mass fraction), the hardness, strength, and plasticity of the alloy increase. Considering the comprehensive performance of the alloy, the priority content of Cd is about 0.5%–1.0%.

Key words: Cd; SnSb11Cu6; microstructure; mechanical property; strengthening mechanism

Foundation item: Project(CDGC01-KT11) supported by Marine Low Speed Engine Project-Phase I, China

Received date: 2018-05-10; **Accepted date:** 2018-09-04

Corresponding author: DONG Qin; Tel: +86-21-67102190; E-mail: dongqinlu@sjtu.edu.cn

(编辑 龙怀中)