

连铸工艺参数对 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 铸坯组织的影响

张国全, 巫小飞*, 赵君, 张春荣, 王海燕, 范永亮, 卢建民
(昆明贵金属研究所 稀贵金属综合利用新技术国家重点实验室, 昆明 650106)

摘要: 利用金相分析方法研究了连铸参数对 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金凝固组织的影响。研究表明, 在溶液温度和连铸速度较低时, 合金的固液界面温度梯度较小、凝固时间较长, 有利于镍的聚集。提高溶液温度和加快连铸速度后, Cu、Ni 的含量接近于名义成分, 且 Ni 也均匀的分布于基体中, 并得到成分均匀的铸坯。

关键词: 连铸参数; 凝固组织; $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金; 铸坯

中图分类号: TG146.3⁺² **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2016)S1-0032-04

Influence of Continuous Casting Parameters on Microstructure of $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ Casting Alloy

ZHANG Guoquan, WU Xiaofei*, ZHAO Jun, ZHANG Chunrong, WANG Haiyan, FAN Yongliang, LU Jianmin
(State Key Laboratory of Advanced Technologies for Comprehensive Utilization of Platinum Metals,
Kunming Institute of Precious Metals, Kunming 650106, China)

Abstract: Using metallographic analysis method to study the influence of continuous casting parameters on $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ alloy solidification structure. The result shows that when both the solution temperature and casting speed are low, the solid-liquid interface temperature gradient of alloy is comparatively low and the solidification time is comparatively long, which is beneficial to aggregate nickel. Increasing the solution temperature and speeding up the continuous casting speed, the content of Cu, Ni were close to the nominal composition and Ni evenly distributed in the matrix and obtained the uniform composition casting billet.

Key words: continuous casting parameters; solidification structure; $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ alloy; casting billet

银基电接触材料由于其接触电阻低、抗熔焊能力强、耐磨损性能良好、抗电侵蚀能力强等特点得到广泛的应用。但随着电器、电子行业的飞速发展, 器件小型化, 触头的尺寸越来越小, 对电接触材料的性能提出了更高的要求: 1) 高的电导率, 2) 更优异的耐电蚀性能、耐磨损性能; 3) 优良的机械性能; 4) 长寿命; 5) 符合环保要求等, 目前国内广泛生产各种电接触材料, AgCdO 性能最好, 但含有毒 Cd 元素, AgCuO 、 AgSnO_2 、 AgNi 、 AgCu 等材料无法完全满足上述要求。用内氧化法制备的 AgCuONiO 材料其致密性好、氧化物质点细小、耐电弧腐蚀、寿命长且符合环保要求, 并且该工艺简

单、成本费用低、触头性能优良等优点, 是替代 AgCdO_2 材料首选材料^[1-5]。

目前熔铸 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金的均采用传统的真空倾浇的方法进行熔铸, 此方法的优点是熔炼的合金材料均匀性较好, 但此方法存在单炉重量轻、生产成本高且效率低、受人为影响因素较大等缺点^[6-7]。本文采用连铸方法所制备的带材的优点在于: 1) 合金化学成分均匀, 铸坯成分可控且稳定一致性较好; 2) 制备的带材无氧化物、夹杂物、缩孔等缺陷, 横向和纵向性能差异小, 批量生产材料成分、性能一致性好; 3) 可连续大规模连铸生产(100 千克至数吨) 无缩孔, 大大提高此材料的生产效率和降低了

收稿日期: 2016-06-12

第一作者: 张国全, 男, 硕士, 工程师, 研究方向: 贵金属合金材料。E-mail: zhanggq@ipm.com.cn

*通讯作者: 巫小飞, 男, 工程师, 研究方向: 贵金属合金材料。E-mail: wxf@ipm.com.cn

生产成本, 促进 AgCuONiO 合金材料产品的推广应用。本文将用连铸方法制备 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金铸坯, 研究了连铸参数对 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金凝固组织的影响, 得到 Cu、Ni 均匀分布的优质铸坯, 为 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金内氧化生产提供了有力保障。

1 实验

水平连铸采用密封浇铸, 无二次氧化, 夹杂物容易在中间包内上浮, 铸坯无矫直的内裂、无鼓肚、二冷不喷水等优点, 被公认为是提供高质量铸坯的高、精、尖的连铸新技术^[8-10], 尤其适用于铜合金和银合金的近终形连铸。本实验采用四种不同的连铸工艺对 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金进行连铸制备, 此 4 种方案是建立在大量生产实践基础上而提出的, 具有较强的代表性, 具体的实施方案如表 1 所示, 本研究的连铸参数主要为连铸温度和连铸速度。

表 1 连铸工艺参数

Tab.1 Parameters of casting process

实验方案	连铸温度/°C	连铸速度/(mm/min)
I	1150	100
II	1150	120
III	1250	100
IV	1250	120

对 4 种方案所制备的板坯进行头中尾取样进行化学成份分析, 并对板材的横截面和纵截面取样(如

图 1 所示)进行金相和化学成分分析。

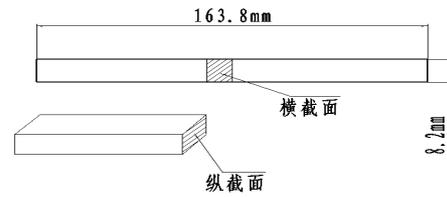


图 1 金相取样位置

Fig.1 Location for metallurgical sampling

2 结果及讨论

4 种方案的连铸铸坯的化学成分分析结果如表 2 所示

表 2 4 种工艺所制备的铸坯的化学成分

Tab.2 Chemical composition of the slab prepared by four processes

实验方案	头		中		尾	
	Cu	Ni	Cu	Ni	Cu	Ni
I	3.84	0.73	4.21	0.40	4.11	0.62
II	3.87	0.69	4.01	0.42	4.21	0.65
III	4.12	0.58	3.95	0.45	4.18	0.53
IV	4.01	0.52	4.08	0.48	4.10	0.53

方案 I (连铸温度: 1150°C、连铸速度: 100 mm/min)所制备的 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金的金相照片如图 1、2 所示。

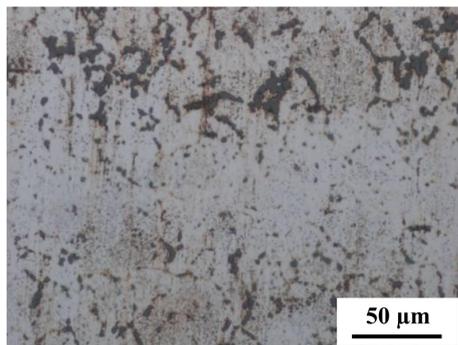


图 1 横截面

Fig.1 Cross-section

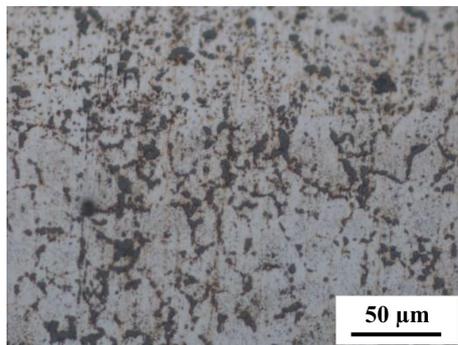


图 2 纵截面

Fig.2 Longitudinal section

方案 II(连铸温度: 1150°C、连铸速度: 120 mm/min)制备的 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金的金相照片如图 3、

4 所示。

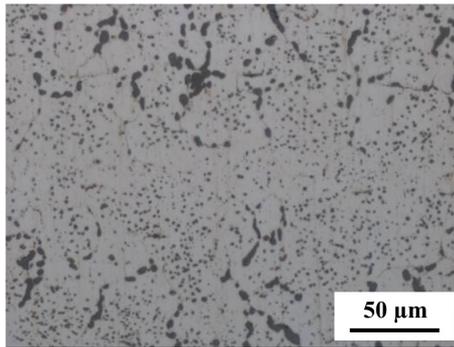


图 3 横截面

Fig.3 Cross-section

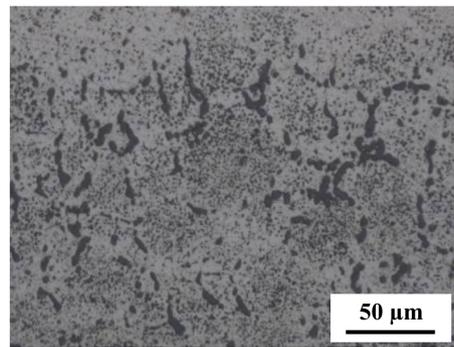


图 4 纵截面

Fig.4 Longitudinal section

以上金相照片为相同连铸温度(1120°C)不同连铸速度(100 mm/min 和 120 mm/min)的金相组织,在连铸过程中,连铸速度即为铸坯从结晶器中拉出的速度,也就是金属溶液流入结晶器的速度。连铸速度的提高是以结晶器接触的凝固壳变薄为基础,连铸速度越慢,凝固壳厚度越厚,在溶液冷却之前镍有更长的时间聚集。若将连铸速度提高,合金溶液在结晶器内的时间缩短,凝固壳变薄,壳内的金属液来不及长大即受结晶器二次冷却的影响而凝固形核,合金中的镍聚集的时间缩短,因此的合金中镍的分布较为均匀。由图 3 可以看出,当连铸速度为

100 mm/min 时,由于连铸速度慢,在合金溶液凝固时,镍产生聚集的时间较长,使铸坯中镍的聚集比较严重。当将连铸速度提至 120 mm/min 时,镍的聚集明显减少。是由于提高了连铸速度,使铸坯的冷却强度加大,固液界面的温度梯度加大,从而使铸坯的凝固速度也加大,减少了溶液凝固时合金中镍产生聚集时间,连铸铸坯的合金组织均匀性得到提高。

方案 III(连铸温度: 1250°C、连铸速度: 100 mm/min)所制备的 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金的金相照片如图 5、图 6 所示。

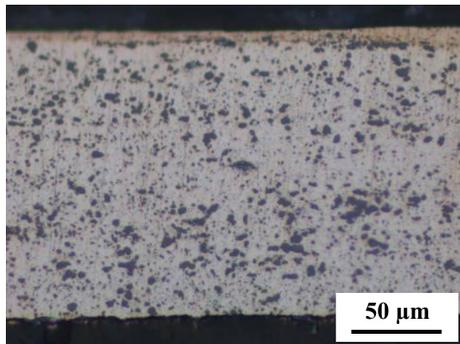


图 5 横截面

Fig.5 Cross-section

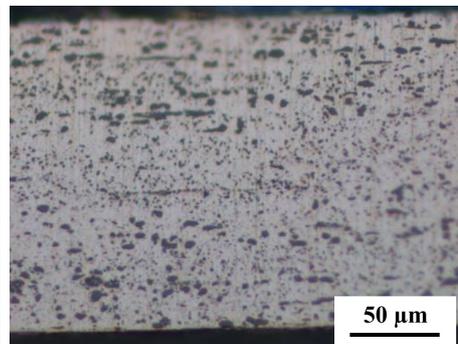


图 6 纵截面

Fig.6 Longitudinal section

方案 IV(连铸温度: 1250°C、连铸速度: 120 mm/min)所制备的 $\text{AgCu}_4\text{Ni}_{0.5}$ 合金的金相照片如图

7、8 所示。

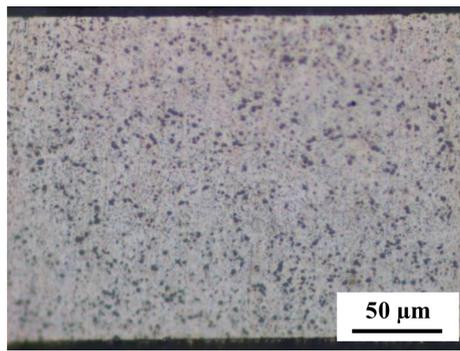


图 7 横截面

Fig.7 Cross-section

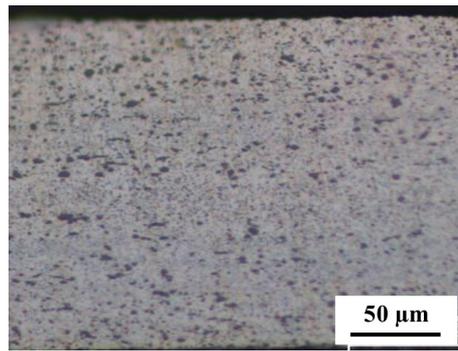


图 8 纵截面

Fig.8 Longitudinal section

将连铸温度提到 1250°C ，连铸速度为 100 mm/min 时，合金的金相组织中镍的均匀性较方案二有较大提高，合金在提高连铸温度后，有利于镍在银铜合金中的扩散，由于结晶中的冷却水流量和温度不变，合金溶液的固液界面的温度梯度增大，不利于镍的聚集，合金的金相组织中镍的分布较性提高较为明显。当连铸速度提高到 120 mm/min 时，进一步加大了结晶器中固液界面的温度梯度，在合金金相图片中可以看到，镍已非常均匀的分布在银铜合金中。合金中的 Cu 、 Ni 含量已接近名义成分，此连铸工艺所制备的板坯已满足此产品的后续内氧化及加工的要求。

3 结论

1) 在连铸温度和速度较低时，由于合金的固液界面温度梯度较小，合金溶液的凝固时间较长，有利于镍的聚集，铸态组织中镍的聚集较为严重。

2) 提高连铸速度后，加大了合金固液界面的温度梯度，冷却强度加大，凝固时间缩短，镍的聚集明显减少。

3) 提高连铸温度后，进一步加大了合金固液界面的温度梯度，使溶液凝固时间进一步缩短，镍均匀的分布在银铜合金中且合金中 Cu 、 Ni 的含量接近于名义成分，得到了较为均匀的合金组织，为下一步的内氧化及加工提供了可靠的铸坯。

参考文献:

- [1] 王新建, 阮文魁, 王杨, 等. 微电机换向器用内氧化法 AgCuONiO 电接触材料的结构及性能研究[J]. 电工材料, 2013(1): 16-19
- [2] 王松, 张国全, 谢明, 等. 内氧化法制备 AgCuONiO 电接触材料的热力学分析及其组织演变[J]. 电工材料, 2014(1): 7-14.
- [3] 陶麒麟, 周晓龙, 周允红等. AgCuO 电触头材料的电接触性能[J]. 中国有色金属学报, 2015, 25(5): 1244.
- [4] 陶麒麟, 周晓龙, 周允红等. AgCuO 电触头材料的接触电阻及电弧侵蚀形貌分析[J]. 稀有金属材料与工程, 2015, 44(5): 1219-1223.
- [5] 周晓龙, 曹建春, 陈敬超, 等. 反应合成与大塑性变形制备 AgMeO 电接触材料的组织形貌特征[J]. 稀有金属材料与工程, 2009, 38(6): 991-994.
- [6] 刘少斌, 王健, 李佩, 等. 轧制道次变形量对 AgCuNi/TU1 复合材料板形的影响[J]. 贵金属, 2010, 31(2): 37.
- [7] 卢绍平, 杨红梅, 杨富陶, 等. Zn 对 $\text{AgCuNi}_{4-0.5}$ 合金性能的影响[J]. 贵金属, 2013, 34(1): 21-24.
- [8] 张衬新, 余学德, 王彤彤. 水平连铸在铜管生产中的应用进展[J]. 有色冶金 设计与研究, 2014, 35(5): 53-55.
- [9] 朱勇, 阳岸恒, 张济祥, 等. AuGe_{12} 合金的组织及偏析[J]. 特种铸造及有色合金, 2015, 35(10): 1077-1079.
- [10] 骆合力, 冯涤, 李尚平, 等. 高温合金线材真空水平连铸过程的数值模拟[J]. 连铸, 2015, 40(2): 29-37.