

# 造币材料 CuAl5Zn5Sn1 铸锭表面夹渣控制

刘月梅

(中铝洛阳铜加工有限公司工艺管理部, 河南洛阳 471039)

**摘要:** 铜合金CuAl5Zn5Sn1因其强度高, 耐蚀性、色泽性、加工性能好而作为一种新型造币材料。铸锭研制时遇到的主要难题是表面夹渣控制。通过分析铸锭表面夹渣产生的原因, 从铸造方式、除渣方法、铸造工艺技术等方面进行了改进, 表面夹渣问题得到解决, 取得了良好的效果。

**关键词:** CuAl5Zn5Sn1; 铸锭; 表面夹渣控制

CuAl5Zn5Sn1是含Al、Zn、Sn的四元铜基合金, 具有强度高、抗腐蚀、耐磨等优良性能, 又具有美丽光泽, 因此成为新一代造币材料。Zn是产生金黄色泽的主要元素, 但其抗变色性能差。4%~6%Al含量可使铜变为金黄色<sup>[1]</sup>, 且Al、Sn能明显提高其力学性能及耐腐蚀能力<sup>[2]</sup>。欧元中50分、20分和10分的硬币材料就为CuAl5Zn5Sn1单一金属制作<sup>[3]</sup>。我公司作为国内参与材料制作单位, 成功生产几千吨CuAl5Zn5Sn1铜材。作者对材料最难制备的工序中铸锭生产难点——表面夹渣的控制进行了介绍。

## 1 CuAl5Zn5Sn1合金铸锭生产简介

### 1.1 化学成分

CuAl5Zn5Sn1合金铸锭化学成分要求如表1。

### 1.2 合金性质

该合金为加入Zn、Sn元素的复杂铝青铜。合金在固态下为单相 $\alpha$ 固溶体, 塑性好, 易加工成形。但合金导热性能差, 凝固收缩量大, 含有形成氧化渣元素, 铸锭制备难度大。

### 1.3 铸造过程

采用有效容量为5 t的无芯感应电炉或有芯感应电炉熔炼, 利用Cu、Al、Zn、Sn等金属原材料熔炼成化学成分合格的CuAl5Zn5Sn1熔体, 将熔炼好的合金液流入620 mm×170 mm×300 mm的结晶器内, 冷却形成截面为620 mm×170 mm的铸锭, 通过铸造机连续向下引出, 生产出一根长5 500 mm左右的铸锭。

### 1.4 铸锭质量

研制中发现有的CuAl5Zn5Sn1铸锭表面夹渣十分严重, 如图1所示; 有的铸锭铸造结束后仅发现表面有绿豆大的夹渣, 把表面一层铜皮铣去后, 下面的夹渣面积增加了很多倍, 如图2所示。铸锭因夹渣造成了大量废品, 表面夹渣缺陷成为该合金铸造上的控制难点。

作者简介:

刘月梅(1970-), 女, 学士, 高级工程师。主要从事铜及铜合金熔铸工艺技术研究。E-mail: 1697565238@qq.com;

中图分类号: TG146.1+1

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)

02-0203-04

收稿日期:

2018-08-27 收到初稿,

2018-11-03 收到修订稿。

## 2 CuAl5Zn5Sn1铸锭表面夹渣控制

### 2.1 CuAl5Zn5Sn1铸锭表面夹渣理论分析

CuAl5Zn5Sn1熔体内的Al容易氧化生成 $Al_2O_3$ ， $Al_2O_3$ 或 $Al_2O_3$ 与其他氧化物形成的渣会随着熔体流入结晶器内；Zn易挥发和生成的ZnO等物质容易集结在液面上或粘结在结晶器壁的工作面上<sup>[4]</sup>； $Al_2O_3$ 、Zn、ZnO混合形成的大量渣在结晶器液面上方，渣比铜熔体轻，只要液流平稳，漂浮在熔体上方的渣不易沉入熔体中。但遇上液面波动，就有机会向结晶器壁靠拢并在那里聚集。这些合金元素、氧化物或者混合物，甚至合金熔体在结晶器壁表面粘着，铸锭向下引出时，润滑剂流动不到结晶器壁和熔体凝壳之间，造成这些渣随着铸锭一起凝固，成为铸锭表面夹渣。

### 2.2 CuAl5Zn5Sn1铸锭表面夹渣控制技术

#### 2.2.1 铸造设备和方式的选择

在铜及铜合金熔铸中，设备配置通常用以下两种铸造方式：（1）敞开式铸造：熔体从炉膛流出，流经中间包（或流槽）、坩埚进入结晶器内，如图3。这个过程熔体很难得到有效保护。（2）密封铸造：铸造炉上带有箱体（以下称浇注箱），上面安装一套浇注系统控制熔体流动。熔体从炉膛通过浇注箱注入结晶器内。浇注箱和炉子是一个整体，熔体在流动过程中处于和炉膛同等的密封状态。如图4。

减少铸锭表面夹渣缺陷，首先要从根源上减少熔体产生渣的机会。从以上对比可以看出，生产CuAl5Zn5Sn1合金铸锭时，密封铸造方式较好。国内鲜有无芯炉带有浇注箱的熔铸设备，所以生产量大时最好选用带浇注箱的有芯炉生产。但有芯炉生产CuAl5Zn5Sn1合金铸锭时，要考虑Al对熔沟的影响，需选择合适的感应器炉衬材料<sup>[5]</sup>。

#### 2.2.2 除渣技术

在熔炼和铸造过程中，都不可避免的产生渣。因此对熔体进行有效地净化除渣以及铸造时的除渣，对减少铸锭表面的夹渣都非常重要。

（1）熔炼除渣：在以氟盐和氯盐为主要成分的混合物中，加入一定量的冰晶石不仅对 $Al_2O_3$ 具有比较好的吸附能力，还可以将其溶解其中，随熔剂的浮沉而脱离金属熔体<sup>[6]</sup>，从而起到除渣和清渣的作用。

实际生产中，每炉次都要加入除渣剂对熔体进行净化除渣。除渣剂按每吨熔体1~1.5 kg加入量，分加料前和熔炼完成后两次加入。加入后保温20 min左右将熔体渣彻底捞出并用木炭覆盖好。

（2）铸造除渣：每一个新的铸造周期开始，铜液流入结晶器时不可避免有一定的熔体飞溅，且最初流入结晶器的熔体不可能及时完全保护，这些都造成

表1 CuAl5Zn5Sn1合金铸锭化学成分  
Table 1 Chemical composition of CuAl5Zn5Sn1 ingot  $w_B/\%$

主成分元素含量				杂质元素含量，不大于		
Al	Zn	Sn	Cu	Fe	P	其他杂质总和
4.0~6.0	4.0~6.0	0.3~1.5	余量	0.15	0.05	0.5



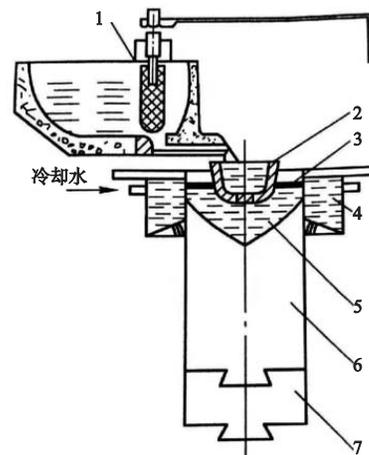
图1 铸锭表面夹渣

Fig. 1 Slag inclusions on ingot surface



图2 铸锭表面铣面后夹渣面积变大

Fig. 2 Slag inclusions area after ingot surface machined



1. 中间包 2. 坩埚 3. 覆盖剂 4. 结晶器 5. 液穴  
6. 铸锭 7. 引锭托座

图3 敞开铸造方式

Fig. 3 Open casting mode

结晶器内熔体氧化形成渣。采用“溢渣”操作技术去除结晶器内熔体表面的渣，不论是对减少铸锭表面夹渣，还是对熔体在凝固过程中的排气，都非常有益。

具体做法：熔体流入结晶器后，逐渐增加液流量提高铜液液面，将液面提升到和结晶器上平面基本平行。此时液面上方的渣子已高出结晶器上平面，用平板铁质工具沿其结晶器上平面将其刮出，同时用铸造覆盖剂盖好熔体。完成操作后将结晶器液面缓慢下降到正常铸造液面水平。

### 2.2.3 铸造工艺优化

优化铸造工艺技术，可以大大提高铸锭表面质量，减少表面夹渣的机率。

(1) 铸造工艺参数的匹配性。铸造温度和选择的铸造方式相匹配：该合金熔体粘度大，一般采用较高的铸造温度来提高熔体流动性，减少表面夹渣缺陷。

从2.2.1可以看出，选用密封铸造方式生产CuAl5Zn5Sn1铜合金，熔体从炉膛流到结晶器过程中温度损失较少，可有效减少熔体氧化形成的渣量。研究表明，铸造温度控制在1 190 ℃左右较合适。

如果采用敞开铸造方式，熔体从炉膛流到结晶器的过程中温度会损失80~100 ℃，故铸造温度要比密封铸造时至少提高80 ℃左右，才能更好地保证熔体的流动性。

铸造速度与其他参数匹配：选用合适的铸造温度后，使用300 m高的结晶器进行铸造，铸造速度一般为4~6 m/h。

(2) 对铸造技术进行改进优化。针对CuAl5Zn5Sn1合金渣多的特点，采用了振动铸造技术，在表面夹渣控制上收到了良好效果。

由于结晶器的往复运动，金属液面和结晶器壁接触区总是不断上下变动，这样润滑剂就有较充分的机会流到结晶器壁与液穴柱区外表面之间的间隙中去。作为润滑剂，减小了引锭阻力；作为隔层物，又减轻或者避免了新生凝壳与结晶器壁的粘着；从而起到了清理结晶器的作用。

结晶器振动时，上振和下振期间相对于铸锭的运动速度，大于不振动时的铸造速度，结晶器壁作用于渣的作用力不仅可能使渣破碎，而且有可能使即将被凝壳裹入的渣重新被释放，浮向熔体的上方，减少夹渣的产生<sup>[4]</sup>。

CuAl5Zn5Sn1振动铸造时，振幅2 mm保持不变，频率经过试验验证后，采用60~80次/min效果最好。

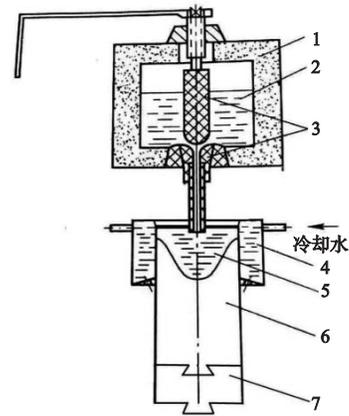
(3) 结晶器涂料技术。结晶器内铜液粘度的增加，铸锭和结晶器壁之间的摩擦力会较大。大的摩擦力不仅使铸锭表面变差，结晶器壁拉出沟槽影响使用，而且一旦有渣裹入表面，铸锭表面较长的范围内都会受到影响。为了减少铸锭和结晶器之间

的摩擦力，采用变压器油+石墨粉（或炭黑）按约（5~8）：1比例混合，将结晶器内壁打磨光滑后，均匀地刷在结晶器内壁上。在不影响熔体质量的前提下，能有效地减小摩擦，提高铸锭质量。

目前国内有铜及铜合金铸造专用的结晶器涂料销售，品种较多，可根据生产的合金牌号试验选用。

### 2.3 CuAl5Zn5Sn1 铸锭表面夹渣控制效果

通过应用上述技术，铸锭表面夹渣问题得到了有效解决，为后序加工生产做了强有力的支撑。图5为生产的表面质量良好的CuAl5Zn5Sn1铸锭。



1. 浇注箱 2. 熔体 3. 浇注系统 4. 结晶器  
5. 液穴 6. 铸锭 7. 引锭托座

图4 带浇注箱的密封铸造方式

Fig. 4 Enclosed casting mode ( furnace with box )



图5 表面良好的铸锭

Fig. 5 Good surface quality ingot

### 3 结束语

根据CuAl5Zn5Sn1合金铸造特性,通过选择合适的铸造形式,对熔体进行有效地净化以及铸造的“溢渣”操作方法,优化完善铸造工艺技术,有效地解决了铸锭表面夹渣问题。

#### 参考文献:

- [1] 王碧文. 艺术用铜合金 [J]. 铜加工, 2000 (1): 43.
- [2] 编写组编. 重有色金属材料加工手册第一分册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1978: 186-188.
- [3] Г. H. 克鲁切尔. 铜及铜合金坯料生产 [J]. П. M. 党守洁, 译. 2000 (9): 144-147.
- [4] 肖恩奎, 李耀群. 铜及铜合金熔炼与铸造技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007: 172-176.
- [5] 刘月梅, 肖恩奎. 有芯工频炉酸性炉衬对生产欧元材料的影响 [J]. 特种铸造及有色合金, 2003 (4): 55-56.
- [6] 陈存中. 有色金属熔炼与铸锭 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008: 23-24.

---

## Surface Inclusions Control of CuAl5Zn5Sn1 Ingot for Coin Material

LIU Yue-meí

( Process Management Department, Chinaclco Luoyang Copper Processing Co., Ltd., Luoyang 471039, Henan, China )

#### Abstract:

CuAl5Zn5Sn1 copper alloy is used as a new kind of coin material because of its high strength, good corrosion resistance, color and processing behaviour. The main problem encountered in the manufacture of ingot was control of the ingot surface slag inclusions. Through analyzing the cause, it was well solved through the improvements of melt slag removal method, casting process and technology as well as pouring mode and so on.

#### Key words:

CuAl5Zn5Sn1; ingot; surface inclusions control

---