

# 30 吨中频无心感应熔铜炉用耐火材料的研制与使用

王承伟<sup>1</sup>, 汤娟<sup>2</sup>, 刘建军<sup>1</sup>

(1. 西安中电电炉有限责任公司, 陕西 西安 710075; 2. 长安大学, 陕西 西安 710064)

摘要: 介绍了熔炼铜及铝合金的无心感应炉用新型干式耐火材料的研制、性能和使用情况。该材料成本低, 成型工艺简便, 使用寿命长。

关键词: 无心感应炉; 铜; 耐火材料

中图分类号: TG232.3; TU541 文献标识码: A 文章编号: 1000-8365(2005)11-1004-02

## The Refractory Using for 30 t Coreless Induction Furnace for Melting Copper

WANG Cheng-wei<sup>1</sup>, TANG Juan<sup>2</sup>, LIU Jian-jun<sup>1</sup>

(1. Xi'an Zhong Dian Furnace Co. Ltd., Xi'an 710075, China; 2. Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** The developing process, properties as well as operating of the new type of ramming drier refractory which is suited for coreless induction furnace for melting copper and its alloy are introduced in this paper. This material is low cost, easy to shape and has long service time.

**Key words:** Coreless induction furnace; Copper; Refractory

随着有色金属及船舶行业大型化的不断需要, 传统的小型工频炉已无法满足要求。近年来国际上已出现了吨位 50~30 t 以上的大吨位无心中频/工频熔铜炉, 其主要用于船舶工业的大型铸件。国内这几年也引进了一部分无心熔铜炉, 如苏州铜材厂引进的 16 t 无心熔铜炉, 洛阳铜材厂、宁波兴业集团也相继引进了新一代的中频熔炼炉。为了赶超国际先进水平, 促进我国感应电炉和船舶工业的发展, 我公司研制了国内最大的 30 t 中频无心感应熔铜炉。由于炉体尺寸的大幅度增加, 对于炉衬耐火材料的技术和使用性能提出了新的要求, 本文开展了适应于大吨位炼铜炉使用的炉衬材料的研究工作。

### 1 炉衬耐火材料的毁损机理

炉衬耐火材料的毁损主要是熔融金属、金属氧化物、熔渣的浸透和由于温度应力产生裂纹造成的。当熔融金属、氧化物或熔渣沿着衬体的裂纹或气孔渗透到纵深内部时, 则发生以下 3 种情况:

- (1) 熔融金属发生氧化、还原或生成低熔点物质, 致使衬体遭到侵蚀或产生龟裂、剥落。
- (2) 熔融金属和耐火材料发生氧化反应, 并伴随着体积膨胀, 造成衬体膨胀而塌落。
- (3) 强碱性的熔融金属或熔渣, 流动性好, 对衬体的冲刷侵蚀较为严重。

紫铜为铜合金中渗透性较强的一种, 其熔点为

1 083 ℃。熔炼时, 熔融金属向衬体内部渗透, 发生氧化并伴随着体积膨胀。当铜氧化为  $Cu_2O$  时, 体积增大 0.64 倍, 氧化成  $CuO$  时, 体积增大 0.75 倍。由于铜的氧化, 造成炉衬材料的体积变化, 致使衬体材料产生龟裂, 甚至剥落。在一定的温度条件下, 铜的氧化物能够与耐火材料衬体中的某些氧化物发生反应而生成液相, 例如, 氧化铜与  $SiO_2$  的液相点为 1 060 ℃, 与  $MgO$  的液相点为 1 135 ℃, 与  $Al_2O_3$  的液相点为 840 ℃。由于低熔点物的生成, 发生熔蚀现象, 降低了材料的使用寿命。由于炉内金属铜液, 温度高达 1 250 ℃ 以上, 其流动性和渗透性都很强, 易渗透到衬体中, 经过反复的冷热体积变化, 使衬体产生破裂, 特别是在温度发生突变时, 易造成衬体崩塌。

### 2 30 t 中频熔铜炉炉衬耐火材料研制

#### 2.1 主材料选择

国外大吨位无心感应炉普遍采用中性氧化物作炉衬。国内用的耐火材料分为两大类: 一类为酸性石英砂材料, 一类为氧化铝为主成分的中性材料。根据我们的研究结果: 中性氧化物为主体的炉衬材料是大吨位熔铜炉最合适的材料。

#### 2.2 ZDL202 中性氧化铝炉衬材料

采用 ZDL202 干式成型中性氧化铝炉料材料时, 由于主成分是中性氧化物, 并添加有特殊抗渗剂, 与铜液中的  $Mn$ 、 $Ni$ 、 $Al$  等均不发生反应, 而且特别抗铜的浸蚀, 故不发生粘渣现象。该材料在苏州铜材厂 16 t 工频熔铜炉上使用效果很好, 炉衬寿命超过 3 年(700 多炉次), 而且尺寸变化不超过 5%, 从而保证了炉子

自始至终高效率的正常使用。

### 2.3 30 t 中频熔铜炉炉衬材料的研制

虽然 ZDL202 干式成型中性氧化铝炉衬材料在小、中型熔铜炉上使用效果很好,但对 30 t 中频炉来说,由于其深度和直径都发生了较大变化,炉衬在使用过程中要承受的静压力和热应力增加,这就对炉衬的性能提出了更高的要求。根据大吨位炉子的结构特点和使用工况,重点对新材料的热稳定性、高温机械强度和抗浸蚀性能进行了研究。

#### (1) 热稳定性

耐火材料的热稳定性与材料的膨胀性能、导热系数、粒度组成有关。针对相同化学组成的材料,选择了多种添加剂,以促进高温烧结和矿物相的转化为目的进行试验,从中优选出最适合的一种。结果表明,适宜的添加剂可使材料中的高温莫来石相增加,含量达到 85% 以上。从而使材料具有较低的热膨胀系数。为了适当提高导热性能,增加了高导热材料的含量。

颗粒组成和最大颗粒尺寸,均影响材料的热稳定性,结合炉衬的厚度,选择最大颗粒分别为 15 mm、10 mm、8 mm、6 mm 进行级配试验,并考察对热稳定性的影响,实验结果表明,将最大颗粒控制在 8~10 mm,骨料的比例控制在 55%~65% 最好。

#### (2) 强度和抗浸蚀性

对无心感应熔炼炉而言,并非炉衬材料的强度越高越好,在足以抵抗金属液冲刷的情况下,更应注重提高材料的韧性。为此,采用了复合结合剂,改善炉衬烧结层,半烧结层和松散层的性状。烧结层中少量高粘度的玻璃相,阻挡了金属液的浸入。粉料中增大了不被铜液润湿、不与铜液反应组分的含量,进一步提高了抗浸蚀性。复合结合剂中减少了 800 °C 以下产生结合强度成分的含量,确保了炉衬松散层自始至终存在,从而有效阻止了炉衬裂纹的延伸及金属液的渗入深度。

#### (3) ZDL202W 干式成型材料的性能

对优选出的 ZDL202W 干式成型材料进行了性能

测试,其性能见表 1。

表 1 ZDL202W 干式成型材料理化性能

Tab. 1 Physical & chemical performances of ZDL202W dry molding material

项目	性能
主要化学成分 $w(\%)$	$Al_2O_3 \geq 75$ $SiO_2 \leq 20$
矿物类型和含量 $w(\%)$	莫来石 $> 85$ 刚玉 $> 5$ 玻璃相 $> 5$
荷重软化温度 / °C	$> 1400$
耐压强度 / MPa	800 °C $\times 3$ h 烧后 $> 6.0$ 1000 °C $\times 3$ h 烧后 $> 8.0$ 1300 °C $\times 3$ h 烧后 $> 15.0$
体积密度 ( $g/cm^3$ )	$\geq 2.7$
烧后变化 (%)	$< +0.37$
最高使用温度 / °C	1500

### 3 工业运行使用

30 t 中频熔铜炉于 2000 年初制造完成,随后在大连船用推进器厂安装调试,所用材料为 ZDL202W。熔合金为镍铝青铜。最高熔炼温度 1350 °C,炉子作业方式为:加料-熔化-浇注-停炉-等待砂型制作。经过几年的使用,炉衬状况完好。炉衬在使用过程中,不粘渣、开裂少,不与铜合金发生反应,达到国际同类材料的先进技术水平。随后该材料又先后在洛阳铜加工厂 8 t 中频熔炼炉等国内数十台无心熔铜炉获得了成功使用,替代了进口。总之 ZDL202W 中性熔铜炉用耐火材料具有较高的性价比,良好的耐久使用寿命,有很广阔的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 莫鼎成. 冶金动力学[M]. 湖南:中南工业大学出版社,1987.
- [2] 任国斌,尹汝珊,张海川,等. 实用耐火材料[M]. 北京:冶金工业出版社,1988.
- [3] A. A. 李特瓦柯夫斯基. 熔铸耐火材料[M]. 北京:中国工业出版社,1963.
- [4] [日]耐火物技术协会. 日本耐火材料[M]. 北京:冶金工业出版社,1986.

## 《铸造技术》杂志文章被 EI 检索率上升

《铸造技术》杂志文章被美国《工程索引》(Engineering Index, EI) Compendex 库网络版检索率上升: 2003 年(双月刊)EI 检索 68 篇,占可检文章的 38.6%;2004 年(月刊)EI 检索 225 篇,占可检文章的 63.4%;2005 年(月刊)1~4 期 EI 检索 88 篇,占可检文章的 77.9%。其中“铸造技术”、“试验研究”、“应用技术研究”等栏目的文章检索率已超过 90%。

(铸造技术杂志社)

# 30吨中频无心感应熔铜炉用耐火材料的研制与使用

作者: [王承伟](#), [汤娟](#), [刘建军](#), [WANG Cheng-wei](#), [TANG Juan](#), [LIU Jian-jun](#)  
作者单位: [王承伟, 刘建军, WANG Cheng-wei, LIU Jian-jun\(西安中电电炉有限责任公司, 陕西, 西安, 710075\)](#), [汤娟, TANG Juan\(长安大学, 陕西, 西安, 710064\)](#)  
刊名: [铸造技术](#) [ISTIC](#) [PKU](#)  
英文刊名: [FOUNDRY TECHNOLOGY](#)  
年, 卷(期): 2005, 26(11)

## 参考文献(4条)

1. [莫鼎成](#) [冶金动力学](#) 1987
2. [任国斌](#); [尹汝珊](#); [张海川](#) [实用耐火材料](#) 1988
3. [A A 李特瓦柯夫斯基](#) [熔铸耐火材料](#) 1963
4. [耐火物技术协会](#) [日本耐火材料](#) 1986

## 本文读者也读过(10条)

1. [陈开猷](#). [赵会敏](#). [刘雄章](#). [李勇](#). [孙加林](#). [洪彦若](#). [梅焱](#) [热场仿真及炼铜转炉用镁铬耐火材料](#) [会议论文]-2002
2. [刘建军](#). [王承伟](#). [武志红](#). [刘越](#). [LIU Jian-jun](#). [WANG Cheng-wei](#). [WU Zhi-hong](#). [LIU Yue](#) [无心感应熔铜、铝炉用耐火材料](#) [期刊论文]-[工业加热](#)1999(4)
3. [黄文华](#) [闪速吹炼炉耐火材料内衬的设计及探讨](#) [会议论文]-2006
4. [高里存](#). [朱宏](#). [刘红斌](#) [炼铜转炉出铜沟用浇注料的研制与应用](#) [期刊论文]-[耐火材料](#)2002, 36(3)
5. [冯胜山](#). [李天清](#). [曹金宏](#). [FENG Sheng-shan](#). [LI Tian-qing](#). [CAO Jin-hong](#) [感应炉等静压成型碱性炉衬耐火材料的研究](#) [期刊论文]-[铸造设备研究](#)2005(5)
6. [王盛琪](#). [舒旭波](#) [大冶冶炼厂炼铜炉窑与耐火材料](#) [会议论文]-2002
7. [SHARIFI R](#). [RAHIMI A](#). [GOLESTANI-FARD F](#). [KHANLARY H](#) [铜精炼阳极炉用镁-铬耐火材料内衬的气相腐蚀](#) [期刊论文]-[硅酸盐学报](#)2003, 31(1)
8. [鲁兴华](#) [贵溪冶炼厂炼铜闪速炉用耐火材料的国产化](#) [会议论文]-2002
9. [武志红](#). [杨晓凤](#). [徐长海](#). [薛群虎](#). [WU Zhi-hong](#). [YANG Xiao-feng](#). [XU Chang-hai](#). [XUE Qun-hu](#) [炼铁合金感应炉用Al2O3基复合耐火材料的研究](#) [期刊论文]-[铸造](#)2008, 57(9)
10. [郑德胜](#). [王玲娜](#). [王建武](#). [Zheng Desheng](#). [Wang Lingna](#). [Wang Jianwu](#) [炼铜转炉用优质镁铬砖的研制](#) [期刊论文]-[耐火材料](#)2000, 34(5)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zzjs200511005.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zzjs200511005.aspx)