

# 炼铝炉用耐火材料

**摘要:** 研究了炼铝炉用耐火材料的损毁机理, 以及铝水与耐火材料之间的反应。研究表明, 在炼铝炉熔池区域采用浇注料预制块作内衬是非常合理的, 并具有较高的使用寿命。

**关键词:** 炼铝; 铝水; 硅酸铝耐火材料; 耐火浇注料

**中图分类号:** TQ175.6      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1673-7792 (2011) 02-0024-02

## 1 前言

耐火材料用于高温工艺设备, 它在使用过程中能承受温度的作用, 不熔融或不变形。此外, 该材料还应能抵抗化学侵蚀作用、物理作用或者机械作用。西欧国家生产的耐火材料中约 70% 用于钢铁工业。因此, 在耐火材料工艺方面的研究工作主要集中在高温 (>1 300℃) 及侵蚀性炉渣作用下耐火材料的使用状况。

## 2 铸造车间介绍

在炼铝企业铸造车间是炼铝生产的重要环节。铸造车间铝水产量的增加导致耐火材料内衬所受负荷增大。在生产过程中铝水的侵蚀作用及渗透作用导致内衬材料发生化学转化, 并产生机械应力, 从而导致能源消耗增大及内衬使用寿命缩短。铝水的侵蚀作用受到铝水自身性能、耐火材料的性能及内衬在使用过程中所形成的物理特性所制约。

铸造车间炉子用耐火材料应能达到下列目的:

- 在使用过程中保持热能, 就是说使炉子的热量损失达到最低限度;
- 防止炉子下部的隔热耐火材料被铝水侵蚀;
- 保护钢壳使之不受高温和铝水的作用。

此外, 对于铝水而言, 最重要的是铝水不被耐火内衬所腐蚀。因此, 耐火材料不应参与反应, 而且不使铝水化学成分发生变化, 耐火材料小颗粒(属于夹杂物)不得熔解于铝水中。从实践和文献资料来看, 混合炉和熔炼炉用耐火材料会受到铝水强烈的侵蚀作用。在铝水液面以上的区域内耐火材料受到强烈的毁坏。

## 3 铝水与耐火材料之间的反应

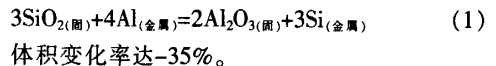
铝水和耐火材料之间的反应过程是相当复杂的, 并且铝水的化学侵蚀作用强烈地影响着内衬的损毁和使用寿命。另外气体和挥发组分向耐火内衬中的扩散在一定程度上影响着内衬的损毁, 本文对这一问题将不再探讨。

## 4 内衬损毁理论分析

铸造车间耐火内衬的损毁受到铝水性能、耐火材料性能及反应产物矿物特性的制约。该反应产物在受侵蚀的内衬中形成固相和液相。利用氧化物耐火材料受铝水侵蚀的热动力学及化学抵抗性对耐火内衬损毁原因进行分析。

## 5 刚玉的生成

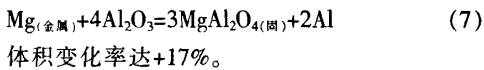
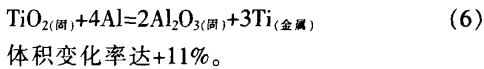
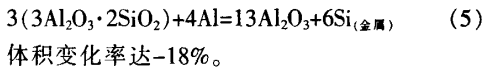
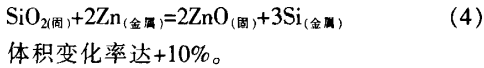
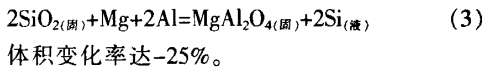
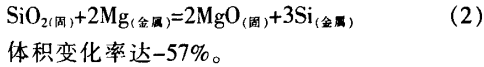
热动力学评估结果表明, 用二氧化硅或含二氧化硅的原料制成的材料由于受到铝水长时间作用将引起侵蚀和损毁。按照式 (1) 发生反应并导致刚玉的生成:



据文献报道, 由于体积发生变化而导致耐火内衬开裂时发生上述反应是必然的。按式 (1) 发生的反应引起耐火材料的收缩, 会引起铝水更容易侵入其中。由于铝水进入出现收缩的材料中, 并在其中形成脉络, 使耐火材料变得更致密。同时具有较高的强度和热膨胀。此外, 耐火内衬在冷却和加热过程中会导致内衬中产生应力, 这将造成内衬的大部分出现开裂的危险。

## 6 其他反应

在反应过程中除了生成刚玉之外, 还可能发生以下其他反应, 此类反应可能导致内衬损毁, 并对铝水的纯度(化学成分)产生负面的影响:



上述反应表明，硅酸盐与铝能够发生反应。因此，可以预计未来的发展趋势是开发不含二氧化硅的耐火材料供炼铝工业炉子内衬使用。尽管硅酸铝耐火材料具有明显的缺点，但这种耐火材料在铸造车间仍最为广泛地使用。其原因是此类耐火材料具有一系列良好的性能，诸如良好的热性能和抗化学侵蚀性等。为了防止和避免耐火材料中的二氧化硅与铝水之间发生直接反应，在耐火材料中经常采用所谓的抗润湿剂。抗润湿剂的作用是防止铝水进入耐火材料气孔中，从而使内衬受侵蚀的表面积降到最低限度。

但是，如果耐火材料受热过度时，抗润湿剂将失效。由于与基质组分发生反应并形成新的矿物，而新的矿物又受到铝水的侵蚀，这可能是出现上述现象的原因。

## 7 耐火材料的功能与损毁

为了正确选择炼铝炉内衬用耐火材料，必须仔细地对待。铝水的下列参数对耐火材料的损毁及使用寿命具有一定的影响，诸如：

### (1) 冶炼温度

冶炼温度越高，其黏度越低，铝水更容易进入耐火材料之中。此外，在较高的温度下铝水则富有更大的侵蚀性。

### (2) 合金的类型

合金元素的加入和数量，诸如锌、镁、硅等，将影响铝水的反应能力。

### (3) 熔剂的利用与类型

当使用熔剂时，耐火材料的使用寿命将缩短并且与熔剂的类型有关。

此外，生产操作参数也影响耐火材料的使用寿命，诸如：

- 火焰对炉壁和炉门槛的冲击；
- 开启炉门时对内衬的热冲击；
- 进行混合或加入废旧炉料时的机械冲撞作用。

## 8 耐火材料损毁因素及性能

在开发和使用炼铝炉用耐火材料时，应考虑下面两个因素：

- 对工艺过程条件的认知和理解；
- 对耐火材料性能和性状的认知与理解。

如果合理地配制原料的化学成分和矿物组成，以及改善耐火材料的微观结构，可使耐火材料的性能达到最佳化。耐火材料的微观结构主要用其中气孔的形状、数量和尺寸大小来表述。

根据文献资料、耐火材料的研究与实践经验，在选择炼铝炉用耐火材料时，应考虑如下因素：

(1) 较低的气孔率。如果耐火材料具有较低的气孔率，则铝水会较少地进入其气孔之中，因此它与耐火材料发生的反应也较少。

(2) 气孔尺寸大小的分布。除了较低的气孔率之外，耐火材料中气孔尺寸大小的分布也应有一定的比例，而且小气孔应居多。据文献报道，当气孔的平均半径大于0.5~1.0 $\mu\text{m}$ 时，其抗铝水侵蚀的性能显著降低。

(3) 正确选择原料并改善矿物组成。

(4) 加入抗润湿剂，以防止铝水渗入，以及抑制耐火材料与铝水之间发生反应。

(5) 高强度（在工作温度下）。

当能适当的选择原料（原料的种类和颗粒的粒度组成）和以特种方法管理控制生产过程时，便可开发出适用于铸造工艺用的耐火材料。炼铝炉的主要用途就是在消耗最低、劳动生产率最高、停产时间最短、生产损耗减少、生产操作费用最低的条件下生产出优质铝产品。

此外，为了降低炉子的维修成本，波罗维奇耐火材料股份公司开发了若干种耐火浇注料及浇注料预制块。这些浇注料分为传统性浇注料和低水泥浇注料，它们具有不被铝水润湿的性能，并且有良好的抗化学侵蚀性、机械性能及抗热震性。

(下转第28页)

常规保护渣是不添加金属的颗粒状保护渣，夹渣成为问题，所以为了提高保温性，使用添加金属的放热型颗粒状保护渣进行了试验。试验结果如图.6 所示，铸坯夹渣现象明显减少，获得了良好的效果。另外，常规保护渣存在熔渣层厚度薄的问题，但是，改良的保护渣可以确保熔渣层适当的厚度。

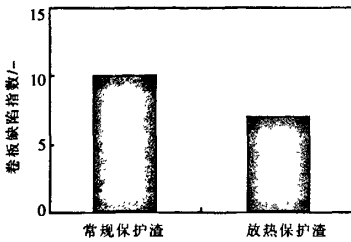


图 5 A 钢铁厂卷板质量

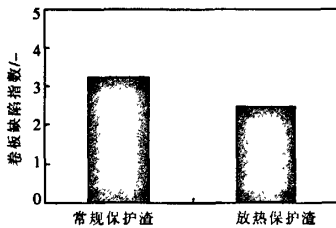


图 6 B 钢铁厂卷板质量

### 4.3 C 钢铁厂

- 结晶器类型：板坯
- 浇铸钢种：低碳钢

- 烧铸速度：1.2~1.4m·min<sup>-1</sup>

常规保护渣是不添加金属的颗粒状保护渣，改良保护渣是添加金属的放热型颗粒保护渣，为了防止保护渣卷入，提高了保护渣黏度。图 7 是卷板的质量，由于放热提高了保温性和高黏度化，提高了卷板的质量。

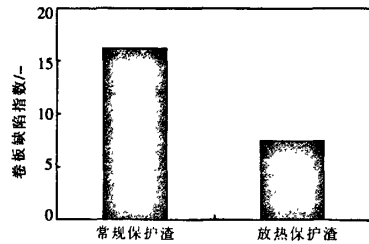


图 7 C 钢铁厂卷板质量

## 5 结语

开发了作业环境优良的颗粒状添加金属的放热型结晶器保护渣。与常规的颗粒状保护渣一样没有扬尘，熔融性也不存在问题，可以提高卷板质量。新开发的保护渣受到各钢铁厂的好评。

全 荣 编译自《Shinagawa Technical Report》，2010，  
Vol.53

王守权 校

收稿日期：2010-12-08

(上接第 25 页)

所开发的耐火浇注料适用于熔炼炉内衬的各个区域。例如，在铝水面以上的炉墙中采用在高温下具有较高强度的耐火浇注料预制块。从减少砖砌缝及防止铝水进入内衬角度而言，采用浇注料预制块作铝水熔池区域的内衬是非常合理的。

热负荷。根据用户的要求和愿望，耐火内衬的结构应由数种产品综合砌筑。

曹玉红 编译自《Огнеупоры и техническая керамика》

李连洲 校

收稿日期：2010-12-18

## 9 结束语

为了适应生产的快速发展，经常要求扩大生产规模，提高铝水的处理量以及提高机械负荷和

# 炼铝炉用耐火材料

作者: [曹玉红](#)  
作者单位:  
刊名: [耐火与石灰](#)  
英文刊名: [REFRATORIES & LIME](#)  
年, 卷(期): 2011, 36(2)

## 本文读者也读过(10条)

1. [贾美高](#), [吴启常](#), [余京鹏](#), [孟文涛](#) [提高铜冷却壁效能的新思路](#)[会议论文]-2006
2. [张光渊](#), [张氢](#), [Zhang Guangyuan](#), [Zhang Qing](#) [炉用铬锰\(硅\)系热稳定钢及其熔渗铝硅处理](#)[期刊论文]-[上海金属](#) 2007, 29(4)
3. [全荣](#) [钢包精炼用狭缝塞的开发](#)[期刊论文]-[耐火与石灰](#) 2011, 36(2)
4. [李光森](#), [金明芳](#), [魏国](#), [李小刚](#), [沈峰满](#), [LI Guang-sen](#), [JIN Ming-fang](#), [WEI Guo](#), [LI Xiao-gang](#), [SHEN Feng-man](#) [含氟烧结矿粘结相润湿性研究](#)[期刊论文]-[钢铁](#) 2007, 42(8)
5. [王舒敏](#), [WANG Shu-min](#) [延长澳斯麦特炉炉衬寿命的生产实践](#)[期刊论文]-[中国有色冶金](#) 2007(4)
6. [孙来胜](#), [SUN Lai-sheng](#) [Ausmelt炉耐火材料的改进](#)[期刊论文]-[中国有色冶金](#) 2008(3)
7. [程景文](#), [刘建龙](#), [张秀德](#) [金川镍闪速炉反应塔顶的砌筑实践](#)[期刊论文]-[有色金属\(冶炼部分\)](#) 2000(5)
8. [林荣跃](#), [高权](#) [铜顶吹吹炼炉炉壳腐蚀原因探讨与防护](#)[会议论文]-2009
9. [李方义](#), [王会全](#) [铝电解槽大修工作的特点及应注意的问题](#)[会议论文]-2007
10. [金川炼镍转炉风口\(含风口区\)用镁铬耐火材料的研究](#)[会议论文]-1998

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_gwnhcl201102008.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gwnhcl201102008.aspx)