

对有色金属冶炼炉窑用耐火材料的建议(续)

萧治彭

(中国有色工程有限公司,北京100038)

[摘要] 介绍我国有色金属冶炼众多设备所使用的耐火材料及其存在问题;并从耐火材料的材质、新技术应用以及耐火材料的生产管理等方面提出建议。

[关键词] 有色金属冶炼;炉窑;耐火材料;建议

[中图分类号] TQ175.7 [文献标识码] A [文章编号] 1003-8884(2012)02-0004-04

Suggestions on the Refractory in Nonferrous Metals Smelting Furnace Kiln (Contd.)

XIAO Zhi-peng

(China Enfi Engineering Co., Ltd., Beijing 100038, China)

Abstract: This paper introduces the refractory used in various kinds of nonferrous metals smelting equipment in China, as well as the existing problems, puts forward the suggestions on material quality of refractory, application of new technology and production management of the refractory.

Key words: nonferrous metals smelting; furnace kiln; refractory; suggestion

1.4 再生金属工业

2010年我国再生金属产量已达到775万t,占总产量的24.75%,接近2000年原生金属的总产量,再生金属主要是铝、铜、铅三种金属。“十五”以前,再生金属的生产企业规模不大,技术水平不高,铝、铜、铅再生金属主要生产设备几乎均为反射炉。“十五”至“十一五”期间,一些再生金属的生产企业不断扩大生产规模,目前,已有产能达65万t的再生铝企业集团,年产40万t以上的再生铜企业集团,年产20万t以上的再生铅企业集团,年产10万t以上的再生金属企业超过30家。这些企业不仅生产规模大,而且采用了较先进的工艺,如再生铜生产采用竖平炉工艺、倾动炉精炼工艺、再生黄铜棒电炉熔炼—潜液转流—多头多流水平连铸工艺等;再生铝生产采用侧井熔炼炉工艺、回转炉工艺、三室反射炉工艺等;再生铅生产采用短回转窑熔炼工艺、氧气底吹熔炼鼓风炉还原炼铅新技术等。

根据“十二五”规划,再生金属产量将达到1200万t,目前,再生金属行业正深入落实再生有色金属

产业准入制度,再生金属行业已经走上了形式多样化、企业规模化、设备大型化、质量标准化、技术不断创新及产业升级速度加快的轨道。在这一过程中,采用先进的再生金属熔炼设备非常关键,而其耐火材料起着重要作用。以竖平炉(见图2)工艺为例,熔铜和熔铝的竖平炉因在反射炉(平炉)尾部砌筑竖式通道(竖炉)而称之为竖平炉。物料从竖炉顶部加入,反射炉的高温烟气从竖炉下部进入,预热物料后从竖炉上部排出。反射炉的最大缺点是热效率低,1100~1350℃的高温烟气不能充分利用。而竖平炉则因为烟气预热了物料,烟气排出竖炉时的温度仅为400~600℃,大大提高了炉子的热效率。但竖炉炉壁受到固体物料的强大摩擦,因此,竖炉的耐火材料选择非常关键。国内某厂采用铬刚玉砖和铬刚玉浇注料砌筑,效果不错。再生金属与原生金属的冶炼虽原理相同,但由于物料种类不同,冶炼方法和使用的设备(炉窑)各不相同;对再生金属炉窑及其耐火材料亦有不同要求,值得耐火材料行业关注。

2 我国耐火材料生产现状

我国一些耐火材料企业生产规模大,技术装备先进,产品质量高,其产品在有企业中广泛使

[收稿日期] 2011-06-26

[作者简介] 萧治彭(1940-),男,湖南省长沙市人,教授级高级工程师,大学本科。

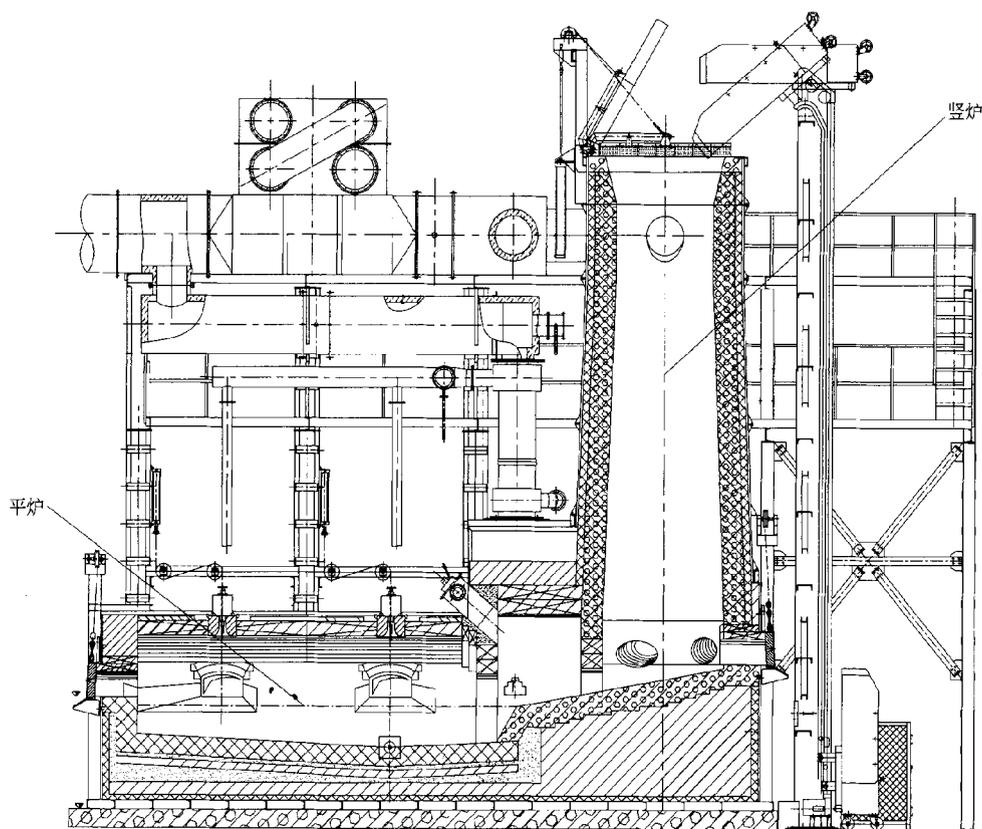


图2 竖平炉结构图

用,由表1、表2、表3的比较可以看出^[1],国内先进企业的水平与国外企业相近,但价格优势明显。而我国耐火材料企业的水平相差很大,大量耐火材料企业生产规模小,技术装备落后,产品质量差,使我国整体耐火材料企业的水平比较低,这一点在有色金属企业使用的耐火材料中表现得尤为明显。

3 对有色金属用耐火材料发展的建议

3.1 材质

有色金属工业用耐火材料、尤其是重有色金属冶炼炉窑用耐火材料以碱性耐火材料为主。我国有着丰富的镁矿资源,高质量镁砂是高质量碱性耐火材料的基础。多年来,镁砂生产没有得到足够重视,相当多的低质镁砂廉价出口,而外商经过处理后,制成优质耐火材料出售,获取高额利润。低质镁砂也是我国碱性耐火材料质量不高的重要原因。因此,提高镁砂质量,即减少镁砂杂质(SiO_2 、 CaO 、 FeO 等)是提高碱性耐火材料的关键;同样,应当提高高铝砖、硅砖,粘土砖原料的质量,使各种耐火材料均

有优质的原料。

我国有丰富的锆英石资源,应充分利用氧化锆的耐高温、耐腐蚀、抗冲刷的优良性能,开展对含锆耐火材料的研究,以期开发出价廉、质优、适合有色金属工业用的新型含锆耐火材料。

我国铬资源很少,金属铬的产量很低,一些企业利用金属铬生产产生的渣,研制出耐高温、耐冲刷、耐腐蚀的铬铝尖晶石制品,解决了不少有色冶金炉窑的炉寿问题。如株洲冶炼厂锌渣挥发窑在使用了该企业的铬铝尖晶石制品后,炉寿提高了几倍,深受该厂的欢迎。

碳化硅、氮化硅等高级耐火材料已应用于有色冶金炉窑的一些特殊部位,目前应着重在降低其成本上下功夫。

3.2 不定形耐火材料

不定形耐火材料包括耐火浇注料、耐火可塑料、耐火捣打料等,在有色冶金炉窑上使用较多,如氢氧化铝焙烧的流态化焙烧炉,使用不定形耐火材料已达50%~70%,而炉型与之相似的锌精矿流态化焙

表1 国外部分耐火材料厂商优质镁质砖理化指标

| 性能 | MORMAG | MORTECH | Radex- | Radex- | Radex- | Radex- | ANKROM | ANKROM | RRR-C | RRR- | MAC-EG | C-104 |
|--|----------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------|---------|--------|-------|
| | 60DB | 50TDB | ESD | H30 | DB605 | DB505 | B65 | S55 | | ACE-U34 | 电熔铸砖 | 电熔铸砖 |
| $\omega(\text{MgO})/\%$ | 64 | 55 | 63 | 38 | 56 | 51 | 60 | 60 | 60 | 72 | 55 | 56.5 |
| $\omega(\text{Cr}_2\text{O}_3)/\%$ | 14 | 24 | 18 | 35 | 21 | 25 | 18 | 18.5 | 15 | 12 | 18 | 20 |
| $\omega(\text{CaO})/\%$ | 1.6 | 0.5 | 1.6 | 0.8 | 1.4 | 0.3 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 0.7 | 0.9 | 0.5 |
| $\omega(\text{SiO}_2)/\%$ | 1.4 | 1 | 2 | 2.5 | 0.7 | 0.8 | 0.5 | 0.5 | 5 | 2.3 | 2.6 | 2.5 |
| $\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)/\%$ | 12 | 7 | 5.5 | 9 | 7 | 8 | 6 | 6 | 12 | 8.5 | 15 | 8 |
| $\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3)/\%$ | 7 | 12 | 9.5 | 15 | 13.5 | 15 | 14 | 13.5 | 6.5 | 4.2 | 8.3 | 10.5 |
| 显气孔率/% | 18 | 17 | 17~21 | 18~22 | 14~18 | 15~19 | 15 | 16 | 21 | 17 | 10~15 | 12 |
| 体积密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ | 3.06 | 3.23 | 2.95~3.15 | 3.15~3.30 | 3.2~3.35 | 3.15~3.30 | 3.26 | 3.25 | 2.9 | 3.05 | 3.3 | 3.17 |
| 耐压强度/MPa | 37 | 54 | 35~70 | 25~60 | 35~70 | 45~100 | >30 | >40 | 39.2 | 44.1 | 98.1 | |
| 荷重软化温度/℃ | | | | | | | >1750 | >1750 | | | | |
| 常温抗折强度/MPa | 5 | 14 | | | | | | | | | | |
| 重烧线变化/% | +0.5 | -0.2 | | | | | | | | | | |
| | 1600℃,5h | 1600℃,5h | | | | | | | | | | |
| 线膨胀率/% | 1000℃ | | 线膨胀系数 | 线膨胀系数 | 线膨胀系数 | 线膨胀系数 | 0.95 | 0.95 | 1.1 | 1.1 | 1.07 | |
| | 1500℃ | | $11 \times 10^{-6}/\text{K}^{-1}$ | $10 \times 10^{-6}/\text{K}^{-1}$ | $11 \times 10^{-6}/\text{K}^{-1}$ | $11 \times 10^{-6}/\text{K}^{-1}$ | 1.47(1400℃) | 1.47(1400℃) | 1.65 | 1.8 | 1.63 | |
| 热导率 | 500℃ | 3.1 | 3.27 | 2.0~2.5(600℃) | 2.5~3.0 | 2.2~2.7 | 2.0~2.5 | 1.85 | 1.85 | | | |
| | 750℃ | 2.9 | 2.97 | | | | | | | | | |
| $W\cdot(\text{m}\cdot\text{K})^{-1}$ | 1000℃ | 2.9 | 2.6 | 2.0~2.5(1200℃) | 2.0~2.5 | 2.0~2.5 | 1.8~2.3 | 1.75 | 1.75 | | | |
| | 1250℃ | 2.8 | 2.26 | 2.0~2.5 | | | | | | | | |
| 比热容/ $\text{kJ}\cdot(\text{kg}\cdot\text{K})^{-1}$ | | | 0.92 | 0.9 | 0.9 | 0.88 | | | | | | |

表2 我国某公司优质镁质砖理化指标

| 性能 | 镁砖 | | | 镁铬砖 | | | 直接结合镁铬砖 | | 半再结合镁铬砖 | | 再结合镁铬砖 | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | QMZ91 | QMZ95 | QMZ97 | QMGe8 | QMGe12 | QMGe22 | QZHM Ge12 | QZHM Ge16 | QBDM Ge18 | QBDM Ge18 | QBDM Ge20 | QBDM Ge22 | QBDM Ge28 |
| $\omega(\text{MgO})/\%$ | 92 | 94.5 | 97 | 72 | 65 | 49 | 73 | 68 | 68 | 65 | 66 | 63 | 53 |
| $\omega(\text{Cr}_2\text{O}_3)/\%$ | | | | 10 | 13 | 23 | 13 | 17 | 19 | 20.5 | 20.5 | 22.5 | 28 |
| $\omega(\text{CaO})/\%$ | 1.6 | 1.5 | 1 | 1.1 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| $\omega(\text{SiO}_2)/\%$ | 3.8 | 2 | 0.6 | 3.2 | 3.5 | 3.5 | 2 | 1.7 | 1.5 | 1.7 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| $\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)/\%$ | 1 | 0.8 | 0.2 | 8 | 10 | 13 | 5 | 5.5 | 4 | 4.2 | 4 | 4.5 | 6 |
| $\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3)/\%$ | 1.1 | 0.8 | 0.6 | 5.5 | 8 | 10 | 5.5 | 6 | 5.5 | 7 | 6.5 | 7.5 | 10 |
| 显气孔率/% | 16 | 16 | 16 | 18 | 17 | 19 | 17 | 17 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 |
| 体积密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ | 2.93 | 2.94 | 2.98 | 3 | 3.03 | 3.05 | 3.08 | 3.18 | 3.2 | 3.22 | 3.28 | 3.28 | 3.32 |
| 耐压强度/MPa | 90 | 90 | 90 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 60 | 60 | 65 | 65 | 65 |
| 荷重软化温度/℃ | 1570 | 1640 | 1700 | 1620 | 1640 | 1640 | 1680 | 1700 | 1700 | 1700 | 1750 | 1750 | 1750 |
| 抗热震性/次 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 3 | 3~7 | 3~7 | 3~10 | 3~10 | 3~10 | 3~10 | 3~10 |
| 抗折强度/MPa | 常温 | 6 | 15 | 10 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | 1400℃ | 3 | 3 | 15 | 5 | 8 | 5~10 | 5~10 | 5~10 | 5~10 | 5~10 | 6~14 | 6~14 |

(续表2)

| 性能 | 镁砖 | | | 镁锆砖 | | | 直接结合镁锆砖 | | 半再结合镁锆砖 | | 再结合镁锆砖 | | | |
|-----------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| | QMZ91 | QMZ95 | QMZ97 | QMGe8 | QMGe12 | QMGe22 | QZHM Ge12 | QZHM Ge16 | QBDM Ge18 | QBDM Ge18 | QBDM Ge20 | QBDM Ge22 | QBDM Ge28 | |
| 线膨胀率/% | 1000℃ | 1.2~1.4 | 1.2~1.4 | 1.3~1.5 | 1.0~1.2 | 1.0~1.2 | 1.3~1.5* | 1.3~1.5 | 0.9~1.1 | 0.9~1.1 | 0.9~1.1 | 0.9~1.1 | 0.9~1.1 | |
| | 1500℃ | 1.9~2.1 | 1.9~2.1 | 2.2~2.4 | 1.5~1.7 | 1.5~1.7 | 2.1~2.3 | 2.1~2.3 | 1.7~1.9 | 1.7~1.9 | 1.7~1.9 | 1.7~1.9 | 1.7~1.9 | |
| | 1700℃ | | | 2.4~2.6 | 1.6~1.8 | 1.6~1.8 | 2.4~2.5 | 2.4~2.5 | 2.0~2.2 | 2.0~2.2 | 2.0~2.2 | 2.0~2.2 | 2.0~2.2 | |
| 导热率 | 500℃ | 5.5~6.5 | 5.0~6.0 | 4.5~5.5 | 2.5~3.0 | 2.2~2.7 | 2.0~2.5 | 2.2~2.7 | 1.6~2.2 | 1.8~2.0 | 1.8~2.0 | 2.2~2.4 | 2.2~2.4 | 1.6~2.2 |
| $W \cdot (m \cdot K)^{-1}$ | 1000℃ | 3.0~4.0 | 2.5~3.5 | 2.5~3.5 | 2.0~2.5 | 2.0~2.5 | 1.8~2.3 | 2.2~2.7 | 1.4~2.0 | 1.7~1.8 | 1.7~1.8 | 1.7~1.8 | 1.7~1.8 | 1.4~2.0 |
| 比热容/ $kJ \cdot (kg \cdot K)^{-1}$ | | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.93 | 0.93 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.8 |

表3 我国另一公司优质镁质砖理化指标

| 性能 | 直接结合镁锆砖 | | | 半再结合镁锆砖 | | | 电熔再结合镁锆砖 | | | 熔铸镁锆砖 | 优质镁砖 | | 镁铝锆砖 |
|---|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|--------|---------|---------|
| | LZMGe-12 | LZMGe-16 | LZMGe-20 | LBMGe-12 | LBMGe-16 | LBMGe-20 | LDMGe-12 | LDMGe-16 | LDMGe-20 | LRMGe-16 | LMZ-95 | LMZ-93 | LMLGe |
| $\omega(W_2O)/\%$ | ≥65 | ≥60 | ≥55 | ≥65 | ≥60 | ≥55 | ≥65 | ≥60 | ≥55 | ≥60 | ≥94.5 | ≥93 | ≥65 |
| $\omega(Cr_2O_3)/\%$ | ≥12 | ≥16 | ≥20 | ≥12 | ≥16 | ≥20 | ≥12 | ≥16 | ≥20 | ≥16 | | | ≥8 |
| $\omega(CaO)/\%$ | ≤1.3 | | | | | | ≤1.3 | | | | ≤2.0 | ≤2.0 | |
| $\omega(SiO_2)/\%$ | ≤2.0 | ≤2.0 | ≤2.0 | ≤2.0 | ≤2.0 | ≤2.0 | ≤2.0 | ≤2.0 | ≤2.0 | ≤2.0 | ≤2.5 | ≤2.5 | ≤3.5 |
| $\omega(Al_2O_3)/\%$ | 3~5 | | | | | | 5~7 | | | | | | 5~9 |
| 显气孔率/% | ≤18 | ≤18 | ≤18 | ≤17 | ≤17 | ≤17 | ≤16 | ≤16 | ≤16 | ≤12 | ≤18 | ≤17 | ≤17 |
| 体积密度/ $g \cdot cm^{-3}$ | ≥3.0 | ≥3.1 | ≥3.15 | ≥3.10 | ≥3.15 | ≥3.2 | ≥3.1 | ≥3.15 | ≥3.2 | ≥3.3 | ≥2.9 | | ≥3.0 |
| 耐压强度/MPa | ≥40 | ≥40 | ≥40 | ≥45 | ≥45 | ≥45 | ≥45 | ≥45 | ≥45 | ≥70 | ≥50 | ≥65 | ≥40 |
| 荷重软化温度/℃ | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 | 1750 | 1700 | 1700 | 1650 |
| 抗热震性/次 | 3~7 | 4~8 | 4~8 | 4~8 | 4~8 | 4~8 | 3~7 | 3~7 | 3~7 | | 3~5 | 3~5 | ≥10 |
| 抗折强度/MPa | 常温 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8~11 | 8 | 8 | 8 | 6 | 6 | |
| | 1400℃ | 6~10 | 6~10 | 6~10 | 8~14 | 8~14 | 8~14 | 8~14 | 8~14 | 8~14 | | | |
| 线膨胀率/%, 1000℃ | 1.13 | 1.07 | 0.85 | 0.91~0.99 | | | 0.91~0.99 | | | 1.41~1.43 | | | |
| 导热率/ $W \cdot (m \cdot K)^{-1}$, 1000℃ | 3.0~3.8 | | | 2.8~3.6 | | | 2.8~3.4 | | 2.8~3.4 | | 1.93 | 4.5~5.5 | 4.5~5.5 |

烧炉,则基本上采用砖砌筑,很少使用不定形耐火材料。应当将氢氧化铝焙烧的流态化焙烧炉使用不定形耐火材料的经验,尽快移植到锌精矿流态化焙烧炉上,以缩短锌精矿流态化焙烧炉的筑炉时间,降低筑炉成本。在有色冶金炉窑上采用不定形耐火材料有很大的发展空间,如铅鼓风炉炉缸底部、铜阳极炉炉底、一些电炉炉顶、锡反射炉炉底等部位,均可以使用不定形耐火材料,这样,不仅省时、省钱,还可以加强炉体部位整体性,提高炉寿命。澳斯曼特炉、氧气底吹熔炼炉等向炉内熔体喷吹空气物料的炉子与炼钢电炉有其相似之处,而炼钢电炉基本上采用不定形耐火材料砌筑,故这类有色冶金炉也可以借鉴使用不定形耐火材料,耐火材料企业应该与设计单位和生产企业共同研究此类问题。

3.3 耐火材料的生产管理

目前,虽然我国耐火材料生产厂商众多,但多数为规模小、技术水平低、设备落后的企业,它们占据了大量资源,对耐火材料工业的发展非常不利。应当通过市场竞争机制,淘汰一大批技术落后的耐火材料厂,推行耐火材料行业准入管理是当务之急。应该在加大技术改造及创新投入、加快淘汰落后产能、鼓励行业兼并重组、完善产业发展政策、充分发挥行业协会作用等方面制定切实可行的措施,使耐火材料工业的生产走上健康发展道路。

[参考文献]

- [1] 萧治彭. 我国有色金属工业耐火材料的现状与展望[J]. 有色设备, 2003, (1): 1-4.
- [2] 李红霞. 耐火材料手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.

(全文完)

对有色金属冶炼炉窑用耐火材料的建议(续)

作者: [萧治彭, XIAO Zhi-peng](#)
作者单位: [中国有色工程有限公司, 北京, 100038](#)
刊名: [有色设备](#)
英文刊名: [Non-ferrous Metallurgical Equipment](#)
年, 卷(期): 2012 (2)

参考文献(2条)

1. [萧治彭](#) [我国有色金属工业耐火材料的现状与展望](#)[期刊论文]-[有色设备](#) 2003 (01)
2. [李红霞](#) [耐火材料手册](#) 2007

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_yssb201202002.aspx