

DOI:10.16122/j.cnki.issn1001-1943.2022.06.002

## 浅谈锰系铁合金生产改炼工业硅生产工艺要点

王伟<sup>1</sup> 李宗有<sup>2</sup> 杭祖辉<sup>1</sup> 解明安<sup>2</sup>

(1 云南文山斗南锰业股份有限公司 云南砚山 663101)

(2 云南建水锰矿有限责任公司 云南建水 654399)

**摘 要** 工业硅为重要的化工原料,广泛用于铝合金生产、化学工业。云南省积极构建以工业硅和绿色能源为基础的绿色硅材一体化建设。锰系铁合金冶炼电炉生产工艺与工业硅生产工艺存在许多理论共性点,可以通过技改实现。

**关键词** 锰系铁合金 工业硅 技改 生产工艺

中图分类号 TF642/TF645.3

文献标识码 B

文章编号 1001-1943(2022)06-0005-03

## BRIEF DISCUSSION ON THE KEY POINTS OF CHANGING MANGANESE SERIES ALLOY PRODUCTION TECHNOLOGY INTO INDUSTRIAL GRADE SILICON PRODUCTION

WANG Wei<sup>1</sup>, LI Zongyou<sup>2</sup>, HANG Zuhui<sup>1</sup>, XIE Ming'an<sup>2</sup>

(1 Yunnan Wenshan Dounan Manganese Industry Co., Ltd., Yanshan 663101, China)

(2 Yunnan Jianshui Manganese Mine Co., Ltd., Jianshui 654399, China)

**Abstract** As an important chemical raw material, industrial grade silicon is widely used in aluminum alloy production and chemical industry. Yunnan Province is actively building an integrated construction of green silicon materials based on industrial grade silicon and green energy. There are many theories in common between the production technology of manganese series alloy and that of the industrial grade silicon, which can be realized through technical innovation.

**Keywords** manganese series alloy, industrial grade silicon, technical transformation, production process

### 前言

云南文山斗南锰业股份有限公司现有 1 台 30 MVA 电炉(1<sup>#</sup>电炉)用于冶炼高碳锰铁,1 台 30 MVA 电炉(2<sup>#</sup>电炉)用于冶炼锰硅合金,1 台 67.5 MVA 电炉(3<sup>#</sup>电炉)用于冶炼锰硅合金,但由于锰系铁合金市场低迷,企业自有矿山优质矿枯竭,长期处于亏损状况,该公司依托锰系铁合金冶炼电炉生产工艺与工业硅生产工艺存在许多理论共性点,开

展技改以满足工业硅的生产。

现在全球最大工业硅电炉为 48 MVA,我国最大工业硅电炉为 39 MVA,我国大型工业硅冶炼电炉运行指标最好的为永昌硅业 25.5 MVA 电炉<sup>[1]</sup>。工业硅电炉大型化主要受到电极限制(碳素电极),中国现在生产的碳素电极最大直径为 1 400 mm,永昌硅业采用的电极直径为 1 272 mm。因此,受电极直径的限制,30 MVA 电炉改造成工业硅电炉技术上可行。该公司 67.5 MVA 电炉改造为工业硅电炉技术上暂不可行。

**作者简介** 王伟 男,1986 年 1 月出生,2010 年毕业于昆明理工大学冶金工程专业,冶炼工程师。现从事铁合金生产管理工作。

**收稿日期** 2022-08-02

## 1 配料、上料系统技改

该公司 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>电炉每台电炉配置 1 套独立的配料、上料系统,可独立使用,同时为了配料的可靠性,2 套系统进行了联通,实现 1 套系统供 2 台电炉应急上料。每套系统流程为:

料堆场→装载机取料运输→地坑式料仓→抓斗取料→原料仓→给料机→计量斗→给料机→带式输送机 1→带式输送机 2→带式输送机 3→带式输送机 4→转盘给料机→炉顶料仓。

该系统用于工业硅冶炼,需进行如下改造:

增加硅石水洗系统,其分别为增加给料仓、振动给料机、滚筒洗矿机进行水洗,另增加沉清水池及循环泵系统。

考虑原料中含有洗精煤、木炭等易粉碎原料,为满足原料入炉内控要求,需将部分地坑式料仓改造,满足装载机直接能把易碎原料加入原料仓内。

配料精度的提升。锰系铁合金生产现有电子皮带秤称量误差一般在 10%~20%,无法满足工业硅生产要求,需改为计量斗称重。

## 2 电炉改造

### 2.1 电极系统改造

锰系铁合金电炉冶炼采用自焙电极(电极壳+

电极糊),工业硅冶炼采用碳素电极,并且该公司采用组合把持器(对电极壳夹持),由于电极直径、把持器结构不同,电极系统需全部更换。

我国炭素电极生产厂家设备可生产  $\Phi 1\ 400\ \text{mm}$  炭素电极,在实际生产中为湖北三新生产  $\Phi 1\ 320\ \text{mm}$  炭素电极,但使用效果不理想,而  $\Phi 1\ 272\ \text{mm}$  炭素电极制造技术成熟,产品质量稳定,在国内大型工业硅电炉使用效果较好。所以推荐选用 G 级  $\Phi 1\ 272\ \text{mm}$  炭素电极或高石墨质  $\Phi 1\ 272\ \text{mm}$  炭素电极,其性能见表 1。

表 1 炭素电极物理性能表

Tab.1 Physical property of carbon electrode

| 名称                                  | $\Phi 1\ 272\ \text{mm}$ 炭素电极 |             |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------|
|                                     | G 级                           | 高石墨质        |
| 电阻率/ $(\mu\Omega\cdot\text{m})$     | $\leq 40$                     | $\leq 15.0$ |
| 体积密度/ $(\text{g}/\text{cm}^3)$      | $\geq 1.58$                   | $\geq 1.60$ |
| 抗折强度/MPa                            | $\geq 4.0$                    | $\geq 5.0$  |
| 抗拉强度/MPa                            | $\geq 19.0$                   | $\geq 20.0$ |
| 弹性模量/GPa                            | $\leq 8.0$                    | $\leq 6.0$  |
| 热膨胀系数/ $(10^{-6}/^{\circ}\text{C})$ | $\leq 3.0$                    | $\leq 2.9$  |
| 灰分/%                                | $\leq 2.0$                    | $\leq 0.5$  |
| 电流密度/ $(\text{A}/\text{cm}^2)$      | 6.7                           | 8.0         |
| 允许电流负荷/A                            | 85 100                        | 101 600     |

### 2.2 炉体改造

由于冶炼产品不一样,电炉参数也有较大差异,见表 2。

表 2 电炉参数对比表

Tab.2 Comparison of electric furnace parameters

| 名称       | 某先进企业                            |  | 公司               |                  | 差值          |
|----------|----------------------------------|--|------------------|------------------|-------------|
|          | 3 <sup>#</sup> 、4 <sup>#</sup> 炉 | 5 <sup>#</sup> 、6 <sup>#</sup> 、7 <sup>#</sup> 炉 | 1 <sup>#</sup> 炉 | 2 <sup>#</sup> 炉 |             |
| 炉壳直径/mm  | 9 200                            | 9 200  | 11 800           | 11 400           | 2 600~2 200 |
| 炉膛直径/mm  | 7 000                            | 7 100  | 9 836            | 9 436            | 2 836~2 336 |
| 炉壳高度/mm  | 5 000                            | 5 000  | 6 200            | 6 200            | 1 200       |
| 炉膛深度/mm  | 2 850                            | 3 000  | 3 900            | 3 694            | 1 050~694   |
| 极心圆直径/mm | 3 100                            | 3 050  | 4 200            | 4 000            | 1 150~900   |
| 电极直径/mm  | 1 272                            | 1 272  | 1 500            | 1 500            | 228         |
| 出铁口数量/个  | 5                                | 5  | 2                | 2                | -3          |

由于工业硅冶炼与锰系合金冶炼电炉炉体参数差别很大,所以需改造。

炉体改造:拆除炉壳,增加炉体旋转装置、新制作炉壳、新砌筑炉衬,使电炉为旋转炉体,并有 5 个出硅口。

配套改造:改造电炉基础,制作出硅小车及出硅轨道,烟罩需全部更新,土建空洞与电炉壳体之

间增加钢结构平台。

### 2.3 烟罩、烟道系统改造

由于电炉炉体直径、极心圆尺寸改变,除炉门升降装置可利用外,烟罩其他部分需全部更换。

由于烟气温度增高,烟道水冷却面积不够,除上部防控阀外,烟道其他部分全部更换。新烟道改为从烟罩盖板到压放平台均为水冷,用以降低烟气

温度。如后期采用余热发电,则烟道内打结耐火衬层,保持烟气温度。原烟道水冷段(直段)及烟道排空段利旧,其余重新制造。

#### 2.4 电炉液压改造

由于电极压放系统由液压夹钳改为抱闸式,需对阀台进行改造,保留原阀台,封闭液压夹钳的管路,原下料、烟道、炉门等系统保留不变,将原阀台移至下料管外侧,增加1个新阀台用以放置波纹管及电极压放换向阀。重新铺设液压管路。

同时电炉的液压站用于金属硅电炉时,液压流量和储能罐个数不够,液压系统为金属硅电炉的核心部位必须改造,具体改造:①更换液压站油泵和液压站储油箱;②增加储能罐数量。

#### 2.5 电炉进料系统改造

由于烟罩变动,下料系统需改造,主要需考虑炉心料仓1个,相间料仓3个,电极料仓6个,炉外料仓1个。料管控制下料可沿用液压插板阀,并设置针形阀用于维修。下料采用遥控操作。同时料管需密封防止烟气外溢,新增气封系统。

#### 2.6 电炉变压器

该公司1<sup>#</sup>高碳锰铁电炉变压器为10 MVA, 271 V-175 V-79 V;2<sup>#</sup>锰硅合金电炉变压器为10 MVA, 280 V-180 V-80 V,其变压器常用电压、最高电压、最低电压接近,为节省投资,不更换变压器。

#### 2.7 出炉系统改造

该公司现开堵眼设备为座式开堵眼机,为了避免铁对产品的污染,开眼改为石墨棒电弧烧穿器,堵眼采用人工堵眼。同时由于位置及结构发生变化,需重新制作含出硅口挡板。

### 3 制氧站

为了得到高品质的金属硅,需对金属硅采用氧气精炼,通常采用硅包底吹氧的方法,对产品中的Al、Ca杂质进行氧化去除,从而提高产品质量<sup>[2]</sup>。现常用的制氧流程有空气冷冻分离法和变压吸附制氧法<sup>[3]</sup>。

根据某先进企业的实际操作经验,每吨金属硅精炼氧气消耗量为30~40 m<sup>3</sup>/t,2台电炉日产金属硅104 t/d,平均生产金属硅4.33 t/h,暂估项目按氧气消耗量为40 m<sup>3</sup>/t金属硅计算,平均需氧量173 m<sup>3</sup>/h,项目新建200 m<sup>3</sup>/h制氧站1座。

### 4 结语

将2台30 MVA冶炼高碳锰铁及锰硅合金电炉改造为冶炼金属硅电炉,电炉可利用电炉变压器、大部分短网、炉顶料仓、中低压功率因数补偿、液压系统装置等,其他部分需作更换。并且配套建设洗硅石装置1套、制氧装置1套,改造配料、上料系统、炉前设备、收尘及加密系统、循环冷却水系统等完成工艺改变。

#### 参考文献

- [1] 武建国.制造抗裂抗断低消耗矿热炉电极[J].铁合金,2010,41(06):22-25.
- [2] 张彦辉,李亚琼,张立峰.造渣精炼去除硅铁合金中铝钙杂质研究[J].铁合金,2019,50(01):31-34.
- [3] 吕爱会,邓橙,朱孟府,等.高原环境下制供氧技术研究进展[J].当代化工,2018,47(01):105-108.

### 2023年《铁合金》杂志征订启事

《铁合金》杂志是由国家科委、国家新闻出版总署批准公开发行的科技期刊,由吉林铁合金股份有限公司主办,是中国铁合金行业唯一具有一定权威性的专业技术期刊,本刊曾连续多年入选中国科技论文统计源期刊。

《铁合金》杂志主要介绍中国铁合金工业及其相关行业的生产技术、科学试验、理论研究、经营管理、市场信息,工艺、产品、设备的开发及更新,质量监督以及环境保护与综合利用、元素检测等方面的经验成果,并及时报道国内外先进技术和发展动态。

《铁合金》杂志为双月刊(大16开48版),双月月底出版,邮发代号为12-309,单价15元/本,另加收快递费5元/本。本刊可在邮局订阅,也可以在《铁合金》杂志编辑部订

阅,汇款请注明所订数量及收件人姓名、详细地址及邮编。

电话:0432-62707585/6

邮箱:jltjzz@163.com

网址:www.thjzz.net

邮局汇款

地址:吉林市昌邑区和平街21号

单位:吉林铁合金股份有限公司

收件人:《铁合金》编辑部 邮编:132002

银行汇款

开户行:中国工商银行吉林市分行哈达支行

账号:0802 2106 0900 0039 080

账户:吉林铁合金设计有限责任公司