

# 硅铁电炉循环水冷系统水垢成因与除垢

高旭东

(丹江口管理局铁合金厂)

根据12500kVA硅铁电炉循环水冷系统的运行情况分析了水垢形成的原因,提出了化学除垢的方案及工艺流程。实践证明,用化学清洗除垢切实可行,除垢率达到90%以上。

## FORMATION REASON OF INCRUSTATION IN CIRCULATING WATER-COOL SYSTEM FOR FERROSILICON FURNACE AND CONTAMINANT SEPARATION

Gao XuDong

(DanJiangKou Administration Bureau Ferroalloy Works)

Formation reason of incrustation is analysed according to the operation of circulating water-cool system for 12500kVA ferrosilicon furnace. Plan of chemical contaminant separation and flowsheet are presented. practice shows that chemical cleaning method is workable, the rate of cleaning contaminant has reached over 90%.

硅铁电炉的设备如电极把持器、下料管、烟罩等是在高温条件下运行的。为了保护设备的部件不受高温损坏,通常采用循环水进行冷却。由于对冷却水的水质控制不当,使电炉设备的部件内生成水垢,影响硅铁电炉的安全运行。

### 一、12500kVA硅铁电炉水冷系统设计及运行的基本情况

12500kVA硅铁电炉循环水冷系统设计由下列部分组成:供电极把持器、加料管、烟罩护板等用软水系统;供电炉半封闭烟罩、液压站冷却等用工业用水系统;供板式换热器用冷却水系统;供车间电炉变压器及低压出线端冷却用的低温水冷系统。其各系统用水情况和对水质的需要如表1、表2所示。

硅铁电炉循环水冷却系统运行情况:

12500kVA电炉自1989年12月投产到1990年11月停炉检修,基本上是按设计要求

表1 电炉用水情况

用水部位	用水量 m <sup>3</sup> /h	水压 Pa×10 <sup>5</sup>	水温 ℃	工作制度	备注
电极把持器加料管	85	3~4	<50	连续	软水
电炉烟罩和液压冷却	35	3~4	35	"	工业用水
板式换热器冷却	150	2~3	"	"	"
电炉变压器冷却水	24	0.5	≤28	"	低温水

表2 电炉用水对水质的要求

序号	用水部位	电极把持器和下料管	烟罩和液压站
	水质要求		
1	硬度(德国度)	1—3	≤10
2	悬浮物(mg/l)	<50	<100
3	水压(Pa)	2.5~3.0×10 <sup>5</sup>	2.5~3.0×10 <sup>5</sup>
4	进水温度(℃)	≤50	≤35
5	出水温度(℃)	≤62	≤62
6	用水制度	连续	连续

运行的。此运行期间的主要问题是,电极把持器软水冷却系统水温过高(约70—85℃),短时达到100℃。板式换热器冷却效果不佳。造成频繁热停炉,影响电炉的作业率。

1991年8月至1992年10月,将软水改为

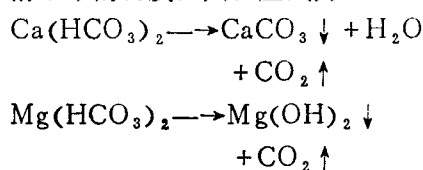
自来水（地表水）冷却电极把持器等部件，进水温度25℃，出水温度50—55℃。水温达到了设计要求，但自来水的水费高达0.3元/m<sup>3</sup>，每月要付水费1.5—2.0万元，同时设备有轻微的结垢现象。

1992年11月改用地下水冷却，直供直排一次性使用，虽然冷却水出口温度降低，但结垢较快。

## 二、水垢形成的原因及危害

从对厂区地下水的水质分析可知，水质类型为重碳酸钙型或重碳酸钙、镁型，总矿化度为0.3—0.38 g/l，总硬度为11德国度。用此水冷却电炉设备，随着水温的升高，某

些钙镁盐类在水中的溶解度下降，达到饱和后，就会有盐类沉淀下来。另外，水温升高，少量的水变为蒸汽不断蒸发，当水中盐类浓缩到一定程度时，难溶盐类就会形成沉淀。水在被加热和蒸发过程中，某些钙镁盐类发生分解反应，从易溶于水的物质转变成了难溶于水的物质，其反应式为：



生成的碳酸钙和氢氧化镁牢牢的吸附在电炉设备上，形成一层水垢。部件结垢情况如图1所示。

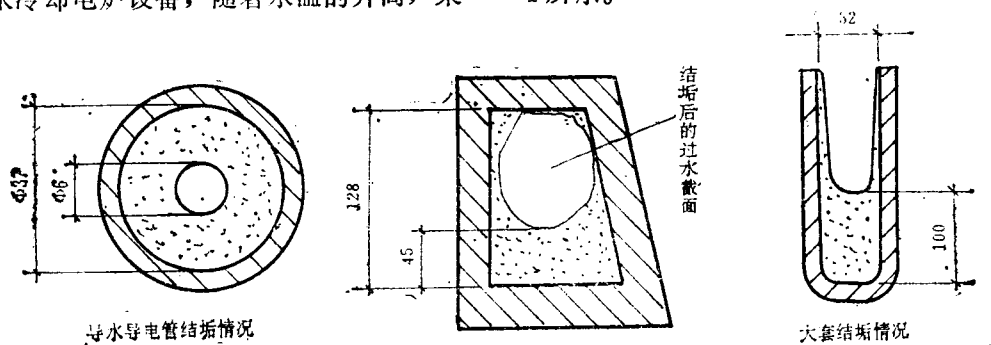


图 1

部 件 结 垢 情 况

水垢的生成降低了对电炉设备部件的冷却效果。水垢导热性能很差，它仅是钢铁材料的十分之一。因此，引起受热部件的金属局部过热，机械强度降低，产生温度变形、鼓包、裂缝或将部件烧坏，从而影响电炉的安全运行和电炉作业率，使生产成本提高，经济效益降低。

## 三、化学清洗剂除垢

电炉设备部件的内部结垢处理是非常复杂的技术难题。因无法采用机械除垢，所以只能更换新的配件，这给企业造成了很大的经济损失。我们在武汉水力电力大学的同志现场指挥下进行了化学清洗剂除垢。

### 1. 化学清洗前的技术准备工作

首先，应检查电炉设备各部件的结垢情况，然后根据水垢的化学成分（表3）确定化学清洗方案，并根据电炉设备部件的材质确定不同的清洗剂。如电炉的大套和烟罩的骨架是用不锈钢制做的，虽然用盐酸清洗剂经济，除垢效果好，但不适用于对奥氏体不锈钢的部件。因此只能用硝酸清洗剂。铜瓦和导电管是用T<sub>2</sub>铜制做的，因硝酸对铜材腐蚀性强，所以只能用盐酸清洗剂。锥形环是用锅炉钢材质制做的，选用各种清洗剂均可。

表3 水垢化学分析结果， %

采样地点	12500kV A电炉锥形环内						采样日期
							1993年4月5日
CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CuO	
46.60	1.47	1.58	30.80	17.30	0.45	4.92	

为便于配制清洗剂,对电炉设备各部件 的容积进行了计算(表4)。

表4 电炉设备酸洗部件容积

部件 项目	大套	锥形环	烟罩	烟罩保护板	铜瓦和水导电管	下料管
容积, m <sup>3</sup>	0.87	0.21	4.12	0.468	0.12	0.21
数量, 个	3	3	1	3	24块铜瓦 48根导电管	7
材质	不锈钢	锅炉钢	不锈钢和低碳钢	低碳钢	T2铜材	不锈钢和低碳钢

## 2. 化学清洗的药剂方案

化学清洗剂除垢是根据水垢的化学特性、沉积物的数量及被清洗件的形状,用酸、缓蚀剂和添加剂等化学药品组成的水溶

液为清洗液,采用适当的工艺,清除水垢或沉积物,并在金属表面上形成一层良好的耐蚀保护膜。清洗部件及其方案见表5。

表5 化学清洗的药剂方案与清洗部件

待洗部件	清洗剂		清洗液		缓蚀		钝化剂		调节剂
	名称	浓度	药剂名称	掺量	药剂名称	掺量	药品名称	掺量	药品名称
锥形环导电管	HCl	8%	IS-129	0.2%	二磷甲苯硫脲	0.1%	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1%	Na(OH)
铜瓦烟罩保护板			兰-5	0.1%					
大套下料管烟罩	HNO <sub>3</sub>	5%	IS-129	0.2%			Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1%	Na(OH)

## 3. 除垢工艺

酸洗的工艺流程示意如下:

净水冲洗 → 酸洗 → 漂洗 → 钝化

净水冲洗时,要检查各部件有无泄漏和堵塞。若有,必须进行处理后再酸洗。

酸洗时,依据部件的形状(几何尺寸)及其制作工艺(均为焊接结构件)和水垢的厚度,开始选用低浓度(1%左右)的酸洗液除垢。因其浓度低,部件内的水垢不易成块状剥离,不会在酸洗过程中发生堵塞。若部件发生泄漏时,则停止酸洗,进行补焊处理。经过一个小时低浓度的酸洗后,再将酸液浓度提高。酸洗液的流速、温度和酸洗时间是影响酸洗效果的重要因素。酸洗液的流速通常应控制在0.2—0.5m/s,最大流速不得超过1m/s。酸液的温度愈高,结垢物愈易溶解,但缓蚀剂的效率随温度上升而降低。所以酸洗液温度应控制在50℃左右。酸洗的时间取决于酸洗液的浓度,在酸洗过程中,每30分钟测定一次酸洗液的浓度,当酸

洗液的浓度不再降低时,说明化学反应已经终止。一般酸洗时间为4—5小时。另外可从回水口观察,出来的酸洗液不再有气泡说明已酸洗干净。

漂洗,就是酸洗结束后进行净水漂洗,将酸洗脱落的沉积物清洗干净。当漂洗水的pH值达到6—7时,终止漂洗,然后进行钝化处理。

钝化处理是为了最终消除金属因酸洗而呈现的活化状态免遭腐蚀而进行的技术处理。通过钝化在金属表面生成一层密实的化学保护膜。钝化剂采用1%的磷酸三钠,用氢氧化钠做调节剂,钝化溶液的酸碱度调节到pH值10—11为最佳。钝化液的温度控制在80—90℃。钝化时间控制在8小时左右。用不锈钢制做的部件不需要进行钝化处理。清洗系统示意图如下。

## 3. 清洗效果及评价

硅铁电炉水冷部件经化学清洗除垢后检查发现:锥形环剖开之后碳酸盐垢均被溶(下转40页)

用不同孕育剂的RG值如下:

硅钡铁	1.22	1.22	1.22	1.01
硅 钙	1.19	1.15	1.12	0.9
硅 铁	1.2	0.9	0.92	1.0

### 3. 试验结果分析

#### (1) 孕育效果

硅钡铁合金作为灰铸铁孕育剂, 其孕育后的抗拉强度值和计算所得的相对强度RG, 以及抗衰退能力都优于硅铁和硅钙合金。

#### (2) 铸造性能

硅钡铁合金孕育后三角试片基本无白口, 使铸件切屑加工性能变好, 这是很难得的优良铸造性能。硅钡铁合金孕育效果好, 收缩凹陷深度只有4mm左右, 而硅钙在6mm左右, 硅铁在9—15mm左右。从而使铸件缩孔倾向减少。

## 五、结 论

1. 采用电炉碳热法生产硅钡铁合金的工艺稳定。它可利用现有的硅铁电炉进行生

产, 工艺易掌握。

2. 所生产的硅钡铁合金在弹簧钢60Si 2 Mn中作合金剂, 与使用相同量的硅铁比较, 钢液中氧含量降低52.77%, 脱硫率提高9%, 钢中残铝提高0.01%, 减少了钢中非金属夹杂物, 屈服强度、抗拉强度比使用等量硅铁分别提高14.54和4.57N/mm<sup>2</sup>, 铸态组织晶界得到了明显的改善。

3. 硅钡铁合金作为铸铁HT200孕育剂, 与硅铁、硅钙在加入量相同的情况下进行对比试验, 其孕育后的抗拉强度值和计算所得的相对强度RG以及抗衰退能力均优于硅铁和硅钙合金。硅钡铁孕育后三角试片基本无白口, 使铸件加工性能得到明显的改善, 收缩凹陷深度只有4mm, 铸铁缩孔倾向减小。

4. 硅钡铁合金是一种优质高效的黑色冶金炉料, 具有广泛的推广价值。

(1993年6月收稿)

(上接59页)

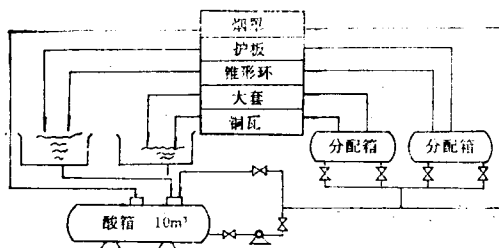


图2 清洗系统示意图

解, 在锥形环回水管口处存集了约0.5kg松散的土黄色的细泥, 除垢率达到了90%以

上, 符合国家劳动部低压锅炉化学清洗规则第33条的要求。从剖开的金属表面检查, 金属表面光滑, 无一发生腐蚀现象, 经过钝化后生成了深褐色的保护膜。

通过测量腐蚀试片, 金属腐蚀速度平均值9 g/(m<sup>2</sup>·h), 低于国家规定的标准值。

总之, 用化学清洗剂除垢, 经济可靠, 除垢时间短, 对设备无损坏, 是一种切实可行的办法。

(1993年11月收稿)