

25 MVA 锰硅全封闭电炉开炉工艺实践

秦华祥

(川投峨眉铁合金有限责任公司 峨眉山 614222)

摘要 对电极焙烧进行理论分析,制定开炉及间断开炉新工艺方案,通过实践,取得了开炉一次成功,消耗降低,开炉时间缩短的效果。

关键词 25 MVA 电炉 电极 新开炉 间断开炉 实践

中图分类号 TF642.3.3 **文献标识码** B **文章编号** 1001-1943(2002)02-0013-04

PRACTICE FOR BLOW-IN OF 25 MVA CLOSED MnSi FURNACE

Qin Huaxing

(Chuantou Emei Ferroalloy(Group) Co., Ltd., Emeishan 614222)

Abstract The electrode roasting is theoretically analysed. The new plans of blow-in and interrupted blow-in are laid down. The results of blowing-in, decreasing consumption and shortening period of blowing-in were achieved.

Keywords 25 MVA electric furnace, electrode, blow-in, interrupted blow-in, practice

前言

开炉是铁合金冶炼技术的一个重要组成部分。传统工艺中新开炉包括柴烘、焦焙、电烘、投料冶炼;对长时间停炉后,重新开炉,传统做法是抠出炉料,修补炉衬,重新焙烧电极,烘炉,投料冶炼。用这两种工艺开炉,时间长、工作量大、成本高,还易出电极事故,给生产带来困难。因此,探索新的开炉工艺和间断开炉工艺是铁合金冶炼工作者急需攻克的课题。

川投峨铁公司 25 MVA 锰硅封闭电炉于 2000 年 5 月开炉生产,8 月因供电原因停炉达 30 天,我们对这台电炉开炉新工艺和间断开炉工艺进行了有益的探索。

1 电炉及变压器参数

炉膛直径:8 000 mm 炉膛深度:3 000 mm

电极直径:1 350 mm 极心圆直径:3 400 mm

变压器容量:25 MVA

二次侧电压范围:60.5 ~ 190.5 V

电压级:54 级

2 开炉方法

2.1 传统开炉法

传统开炉工艺:砌花墙→柴烘→焦焙→电烘→投料冶炼

长期停炉后开炉工艺:抠炉→修补衬→砌花墙→柴烘→焦焙→电烘→投料冶炼

传统开炉工艺存在以下缺陷:(1)开炉时间长;(2)易出电极事故;(3)开炉材料消耗多;(4)工人劳动强度大。

2.2 开炉新工艺及间断开炉直接开炉法

开炉新工艺是指开炉时不经柴烘、焦焙,而直接送电焙烧电极,电极焙烧好后投料冶炼。直接开炉法是指电炉长期停炉后,不抠炉料,利用原有电极直接送电开炉的方法。

2.3 开炉新工艺的理论依据

电极在焙烧过程中热量来源于电极电阻热、传导热和辐射热。在上述热源中,电流通过电极产生

作者简介 秦华祥 男,1971 年 8 月出生,1992 年 7 月毕业于重庆工业高等专科学校,工程师,现任川投峨铁公司技术中心副主任,主要从事生产技术管理、新产品开发工作。

收稿日期 2001-10-08

电阻热是主要的,换句话说,焙烧过程是由电流所决定的。

根据焦耳楞次定律: $Q = 1.005 I^2 R t$

其中,

Q ——电阻热(J) I ——电流(A)

R ——电阻(Ω) t ——时间(s)

电流通过电极所产生的电阻热,足以熔化电极糊并焙烧好电极。

直接送电焙烧电极有以下两个问题:

2.3.1 开炉送电时电极壳能否承载变压器输出的电流。

刚开始送电时,块状糊的电阻很大,变压器输出的电流全部经由电极壳通过。根据计算,电极壳断面电流密度可达 6.0 A/mm^2 。根据前面提供的参数计算,当该变压器以最大电流输出时,电极壳密度仅为 4.16 A/mm^2 。电极壳完全能承受输出的电流。

2.3.2 焙烧过程中电极端部是否产生电弧,击穿电极壳。

在电极正常工作时,通过电极电流的走向,可简化为星形回路和三角形回路。星形回路因其电阻小,电流大,易在电极端部形成电弧。在直接送电焙烧电极工艺中,我们希望的是星形回路电流小,电极端部不形成电弧。为解决这一问题,可在电极端部与炉底碳砖之间垫上一定厚度的绝缘层,增大星形回路的电阻,迫使电流通过三角形回路传递,而三角形回路导电面积大,电流密度小,不会形成电弧击穿电极壳的现象。

随着焙烧过程的进行,温度逐渐升高,电阻变小,电流增大。根据圆柱形导体的集肤效应,靠近电极壳的电极糊最先熔化并烧结,能够承受逐步增大的电流,而不被击穿造成漏糊现象。

2.4 间断开炉工艺的理论依据

长期停炉后,电极已全部冷却,在送电加热升温过程中,如温升速度过快,会在电极内部产生应力和表面界面应力,使电极机械强度受损。而电极温升是通过电流电阻热来确定。因此,合理的电流负荷制度,就能控制合理的电极温升速度。在直接开炉工艺中,电极工作端悬空并产生电弧,因此电流的控制可通过控制操作电阻来实现。根据推导公式: $P = RI^2$,在输入功率一定的情况下, R 与 I^2 成反比,而 $Q = I^2 R t$,当 R 控制合理,既能得到合理的

电极温升速度,又不致电极电流过大而击断电极。

锰硅炉料熔化温度在 $1400 \sim 1600 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间,只要超过 $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ 的温度条件,就能使炉料完全熔化。电弧温度在 $2000 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上,完全可以使炉料熔化。电弧产生的高温区域大于电极截面积。因此随着熔池的形成,电极插入的深度增加,加速了炉料的熔化速度,最终三相电极下形成一个统一的熔池。

3 直接开炉新工艺和间断开炉工艺的实践

3.1 直接开炉新工艺的实践

3.1.1 将电极壳坐死在炉底,电极与炉底垫上 200 mm 厚的绝缘体,电极与电极之间用焦炭连接,并在电极壳上打孔。

3.1.2 电极焙烧长度控制在 3 m ,焙烧过程中糊柱控制在 2 m ,每班测量糊柱四次,烧结后期糊柱控制在 3 m 。

3.1.3 烧结期间电极始终处于坐死状态,端部不能产生弧光,禁止上抬电极。

3.1.4 烧结焙烧制度起步电流电压要小,随着烧结的进行,逐步增大电流,电流的调整主要通过调节电压来实现。

3.1.5 确认电极烧结好后,投开炉料,并控制功率因数在 $0.7 \sim 0.8$ 之间。

3.1.6 烧结电极及投料冶炼供电制度见表 1。

3.2 间断开炉工艺的实践

3.2.1 停炉时的准备工作

停炉前 8 小时,停止投料,不压放电极,炉前继续出铁,降低料面,消耗电极工作端,使电极工作端完全裸露悬空于料面,为送电后缓慢提升负荷提供条件。

3.2.2 送电前的准备工作

制定合理的送电制度,原则是保持电流负荷缓慢、平衡上升,不宜过快或过慢。在关键的一次电流范围内控制好电流负荷,以防止电极产生应力造成事故,超过此范围后可适当快速升高负荷。

3.2.3 送电后的电极维护

按送电制度控制送电负荷,保证足够的缓负荷时间。如电流过大,可通过升降电极来调整电流。功率因数开始可低些,过了关键负荷段后功率因数要保持在 $0.7 \sim 0.8$ 之间。供电制度见表 2。

3.2.4 出铁

总耗电在 8.5 万 kWh 时出第一炉铁,以后按正常耗电出铁。

表 1 供电制度表

时 间 /h	累计时间 /h	电 压 /V ₂	电 流 /A ₁	小时耗电 /kWh	电 耗 /kWh	累计电耗 /kWh
4	4	60.5	10	243	972	972
4	8	62.3	20	559	2 236	3 208
6	14	64.2	30	957	5 742	8 950
12	26	68.9	40	1 547	18 564	27 514
12	38	72.6	50	2 087	25 044	52 558
12	50	81.1	60	2 925	35 100	87 658
10	60	85.9	70	3 859	38 590	126 248
6	66	87.7	80	4 625	27 750	153 998
4	70	89.6	90	5 480	21 920	175 918
投料冶炼						
2	2	151.6	60	5 934	11 868	11 868
4	6	/	70	7 189	28 756	40 624
4	10	/	80	8 216	32 864	73 488
4	14	/	90	9 928	39 712	113 200
4	18	/	100	10 650	42 600	155 800
2	20	153.4	110	12 962	25 924	181 724
2	22	153.4	120	14 597	29 194	210 918

表 2 供电制度表

时间 /h	累计时间 /h	电压 /V ₂	电流 /A ₁	小时耗电 /kWh	电耗 /kWh	累计电耗 /kWh
4	4	60.5 ~ 64.2	10	230	920	920
5	9	68.9 ~ 72.6	20	522	2 614	3 534
5	14	77.4 ~ 81.1	30	849	4 246	7 780
4	18	85.9 ~ 89.6	30	950	3 800	11 580
3	21	94.4 ~ 98.1	30	1 042	3 126	14 705
3	24	102.9 ~ 104.7	30	1 144	3 349	18 048
耗电 15 000 ~ 20 000kWh, 时间 20 ~ 24 小时, 开始投料, 投料速度、料面上涨速度严格控制						
4	28	109.2 ~ 111.1	40	1 577	6 308	24 356
4	32	116 ~ 117.9	40	1 675	6 701	31 056
8	40	122.6 ~ 124.5	50	2 243	17 706	48 762
6	46	129.1 ~ 131	60	2 739	16 399	65 161
6	52	135.7 ~ 137.6	70	3 352	20 110	85 270

4 效果

4.1 新工艺开炉

4.1.1 采用新工艺开炉, 电能转化为热能的利用率高, 电极焙烧期间, 产生的热能直接作用于电极的烧结及炉底和炉墙的加热, 炉温提升快; 另一方面, 保证炉膛内没有过多的残余物料, 投料后电极始终处于最佳位置, 炉温迅速升高, 可促进硅、锰的还原, 使合金成分、渣成分迅速达到要求, 见表 3。

4.1.2 电极烧结更趋合理, 温度均匀, 热性能好, 开炉期间不易发生电极事故。

4.1.3 免除了砌花墙, 加焦炭, 扒花墙, 消灰这些繁重的工作, 减轻了工人的劳动强度。

4.1.4 采用新开炉方法, 缩短了开炉时间, 节约了开炉材料及费用, 见表 4。

开炉时间缩短了 72 h, 按日产 80 t、每吨锰硅合金 3 200 元计算, 可多创造价值 76 万元, 合计创造价值 83.436 万元。

4.2 间断开炉法

4.2.1 减少了抠炉、筑炉、开炉、砌花墙等繁重工作, 减轻了工人的劳动强度。

4.2.2 间断开炉法利用原有炉料, 不抠炉, 节约锰

表 3 合金及渣成分 %

炉 号	合金成分			渣 成 分			
	Si	Mn	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
1	15.44	62.26	/	/	/	/	/
2	15.03	67.85	8.23	39.17	20.48	13.21	11.54
3	15.58	68.20	5.74	37.43	20.81	15.37	12.84
4	16.03	69.10	5.54	37.47	20.85	14.56	13.13
5	17.06	69.60	5.96	37.03	20.82	14.95	12.82
6	18.00	69.22	4.07	36.69	21.44	16.69	13.04

表 4 传统新开炉工艺与开炉新工艺对比

项 目	传统开炉法		开炉新工艺		金额升(-)降(+)/元
	数量/t	金额/元	数量/t	金额/元	
冶金焦	50	19 000	5	1 900	+17 100
粘土砖	20	6 260	/	/	+6 260
木 柴	30	3 000	/	/	+3 000
电 耗	40 万 kWh	80 000	20 万 kWh	40 000	+40 000
合 计					+66 360

矿等原料。

4.2.3 缩短了开炉时间,节约了材料及开炉费用,见表 5。

开炉时间缩短 120 小时,按日产 80 t,每吨锰硅 3 200 元计算,多创造价值 128 万元,共创造价值 181.61 万元。

表 5 长期停炉传统开炉工艺与间断开炉工艺对比 万元

项目	长期停炉传统开炉	间断开炉工艺	升(-)降(+)
掘、筑炉及工人费用	31	/	+31
冶金焦	1.9	/	+1.9
粘土砖	0.6	/	+0.6
木 柴	0.3	/	+1.9
电 耗	8	1.7	+6.3
电极壳	0.95	/	+0.95
电极糊	4.02	/	+4.02
炉 料	8.54	/	+8.54
合 计	/	/	+53.61

5 结论

5.1 直接送电焙烧电极开炉新工艺和间断开炉工艺适用于大、中型锰硅电炉。

5.2 直接送电焙烧电极的供电制度要点在于“两头快,中间慢”。

5.3 直接开炉的关键在于电极的冷却速度均匀一致,电极的温升速度要缓慢、均匀、超过临界点后,升温要快,且 $\cos\phi$ 要控制在 0.7~0.8 之间。

5.4 直接开炉新工艺和间断开炉法均有安全、省时、简便、经济的优点。

· 信息快递 ·

今年国企改革确立三大主题

结构调整

制度创新

管理信息化