



# 莱钢1#1 880 m<sup>3</sup>高炉大修开炉实践

回全平,郭新超,李明

(莱芜钢铁集团银山型钢有限公司 炼铁厂,山东 莱芜 271104)

**摘要:**介绍了莱钢1#1 880 m<sup>3</sup>高炉大修116 d后的开炉实践。通过充分的原料准备、严格的烘炉制度及分段装料等开炉前准备,选择合理的送风参数,动态调节料制,匹配送风参数,控制首炉铁出铁时间,控制充足的炉缸温度等一系列操作技术,实现了高炉开炉后炉况快速恢复,为开炉达产创造了好的条件,开炉3 d实现了日达产,煤比达到130 kg/t。

**关键词:**高炉;大修;开炉;快速达产

**中图分类号:**TF542

**文献标识码:**B

**文章编号:**1004-4620(2018)03-0005-03

## 1 前言

莱钢1#1 880 m<sup>3</sup>高炉从2004年6月18日开炉投产,于2017年9月27日停炉大修,安全运行13.5 a多,累计出铁量达到2 117.6万t,单位炉容产铁量为11 264 t,属于长寿高炉。因设备安全与环保因素,决定对高炉进行大修,于大修116 d后顺利开炉,炉况恢复顺利,恢复时间较短,开炉3 d实现了日达产,煤比达到130 kg/t,于2018年2月21日实现月达产4 750 t/d,日均铁量较大修前有较大提升,为莱钢大修停炉开炉积累了宝贵的经验。

## 2 开炉前准备

### 2.1 设备检修

本次大修更换了大量老旧设备,本体包括炉顶煤气风罩、4个煤气上升管膨胀节、炉体冷却管道,炉底至风口冷却壁全部更换,部分损坏冷却壁更换,炉缸碳砖重新砌筑;出铁场开口机、泥炮换新,除尘系统改造,主沟重新砌筑;渣处理整体更换等。所有检修均按照计划进行,并在开炉前进行反复联动调试,为大修后顺利开炉提供了有力保障。

### 2.2 炉缸填充

风口以下空间全部用优质硬杂木进行填充,未选用昂贵的枕木。为保证炉缸填充密实,装料过程由人工进入炉内进行交叉摆放。期间对风口小套前端进行特殊遮挡,防止装料损坏小套。

### 2.3 原料准备

开炉原料由主要原料干熄焦、烧结矿、球团矿与熔剂石灰石、硅石、萤石、锰矿组成。并由专人跟踪运输上料入仓,确保开炉原燃料质量达到要求。各原料成分见表1。

表1 莱钢1#1 880 m<sup>3</sup>高炉开炉原料成分

原料	原料成分/%								密度/(g·cm <sup>-3</sup> )
	TFe	F	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	Mn	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	
烧结	53.75	8.56	13.00	6.50	1.57	0.25	2.10	0.020	1.800
球团	62.87	0.00	0.45	8.55	1.70	0.00	1.15	0.020	2.200
石灰石			47.7	4.50	5.00		0.28	0.008	1.500
硅石			0.16	97.6	0.00	0.00	0.45	0.008	1.440
萤石				17.0			4.17	0.008	1.500
锰矿	25.36		0.70	1.80	0.45	32.04	7.91	0.010	2.000
焦炭		0.02	0.00	6.24	0.11		4.80	0.680	0.550
铁水	92.46					0.60			

### 2.4 烘炉过程

2018年1月10日20:00,高炉送风烘炉,除3#和15#风口留出为工作人员进出炉缸以外,其余26个风口均安装导风管至炉底保护砖500 mm处,并在保护砖表面用铁皮进行保护,防止将炉底保护砖吹坏。在炉缸底部安装热电偶进行升温监控,烘炉时间确定为8.5 d,最高温度600 ℃。冷却壁与风口各套水量按正常生产控制。送风时按正常复风程序送风。烘炉时间与温度控制如表2所示。

表2 莱钢1#1 880 m<sup>3</sup>高炉烘炉控制

烘烤温度/℃	升温/降温速度/(℃·h <sup>-1</sup> )	烘烤时间/h	累计时间/h
0~150	10	11	11
150	恒温	24	35
150~300	10	15	50
300	恒温	48	98
300~600	15	20	118
600	恒温	72	190
600~50	50	11	201

### 2.5 开炉装料原则

按开炉方案计划,整个装料过程分为9段。第1段装底焦和硬杂木;第2段装净焦;第3段装空焦;第4~9段装正常料,当料线到达6.5 m时,开始进行布料测试;料线到1.45 m,停止上料,整个装料过程完成。装料料单见表3。

1)开炉料总焦比为3.5 t/t,正常料负荷逐渐加重;正常料第4~9段炉渣碱度为1.05,空焦碱度

收稿日期:2018-03-06

作者简介:回全平,男,1985年生,2008年毕业于辽宁科技学院冶金工程专业。现为莱芜钢铁集团银山型钢炼铁厂工程师,从事高炉炼铁工艺技术工作。

表3 莱钢1#1 880 m<sup>3</sup>高炉装料单

料段	批数/批		焦炭重量/t		料线/m		体积/m <sup>3</sup>	
	计划	实际	计划	实际	计划	实际	计划	实际
9	4	4	60	60	1.49	1.23/1.7	167.2	167.2
8	3	4罐净焦	45	60	4.75		120.3	143.75
7	3	4罐净焦	45	60	6.75	7.55	110.3	133.75
6	4	4	60	60	8.41		137.3	137.3
5	4	4	60	60	10.29		126.2	126.2
4	4	4	60	60	11.88		121.5	121.5
3	18	18	270	270	13.29	13.83	453.0	453.0
2	25	25	375	375	18.01	18.68	579.5	579.5
总计	65	67	975	1 005			1 815.4	1 862.2

1.1,全炉碱度0.80。理论生铁成分:[Si]4.00%、[Mn]0.60%、[S]0.03%、[C]3.50%、[Fe]92.00%。

2)元素分配系数:Fe的回收率为99.5%;Mn的回收率为60%;P全部进入生铁;S 15%挥发,85%进入渣铁。

3)炉料压缩系数:净焦为15%,空焦为14%,正常料为9%~13%。

4)炉缸风口以下硬杂木填充,风口以上分别是净焦、空焦、正常料。配料计算以风口下沿为准。

### 3 开炉过程

#### 3.1 送风点火

2018年1月21日11:36送风点火,开炉采取堵12个风口开16个风口送风,送风面积为0.180 9 m<sup>2</sup>;点火时定风压操作,风压在20 kPa左右,12:05,16个风口全部着火。

#### 3.2 负荷及料制调剂过程

开炉上料后第3批料停配石灰石,焦比调整至760 kg/t,并在中心多加1圈焦炭引导中心气流,10批料后矿石矩阵在43°外扩1档压制边缘。2018年1月21日2:30焦比由760 kg/t调整为685 kg/t,金属料负荷2.5 kg/t,同时每批料配加锰矿580 kg/批、萤石300 kg/批。上料10批后停配萤石,第22批料焦比调整为620 kg/t,34批料焦比调整为550 kg/t。

风量2 000 m<sup>3</sup>/min时喷煤迎负荷料,同时调整配料碱度为1.26,燃料比按620 kg/t进行平衡。由于铁水物理热上行较慢,23日6:00第21批料停配锰矿1个冶炼周期后,铁水物理热达到1 497 ℃;23日第50批料焦比调整为480 kg/t,76批料调整为450 kg/t,期间为疏导中心气流,将中心圈焦炭加到7圈。24日第17批料焦比调整为420 kg/t,配料碱度为1.3,配料Si为0.5%,燃料比540 kg/t,基本接近正常生产水平。21—24日料制变化情况见表4。

#### 3.3 渣铁排放过程控制

点火送风后炉况顺行,原计划2018年1月22日早7:00累计风量达到210万m<sup>3</sup>时开东铁口出铁;

表4 莱钢1#1 880 m<sup>3</sup>高炉21—24日料制变化情况

日期	批数/批	矿批/kg	焦比/(kg·t <sup>-1</sup> )	焦批/kg	焦丁/kg	负荷	碱度	配料Si/%
21	1	34 710	760	15 000		2.2	1.05	4.0
	3	39 030	685	15 000		2.6	1.15	2.0
	13	38 800	685	15 000		2.6	1.15	2.0
22	22	39 000	620	13 500		2.8	1.15	1.5
	34	45 000	550	14 100		3.19	1.2	1.5
	42	45 000	550	14 600		3.11	1.26	1.0
	51	45 000	550	14 400		3.13	1.26	1.0
23	21	50 000	550	16 000		3.13	1.3	0.8
	39	50 000	550	14 000	2 000	3.57	1.3	0.8
	50	50 000	480	11 780	2 000	4.24	1.3	0.6
	71	50 000	480	11 280	2 500	4.43	1.3	0.6
	76	55 000	450	12 100	2 200	4.54	1.3	0.6
	3	55 000	450	12 100	2 200	4.55	1.3	0.6
24	9	55 000	450	12 050	2 200	4.56	1.3	0.6
	17	58 000	420	12 000	2 200	4.83	1.3	0.5

4:40在送风累计达到157万m<sup>3</sup>时,东铁口开始喷渣,随后切除东铁口导管堵铁口憋铁;但6:30准备开口时,新开口机故障无法开口。8:40西铁口开始喷渣,立即烧掉导出管封住铁口。因西场干渣场较小的限制,等待处理好开口机再开东场铁口。期间风压上升,风量由2 700 m<sup>3</sup>/min减至2 500 m<sup>3</sup>/min,直到9:23开口机处理好后打开东铁口,此时累计风量为241.2万m<sup>3</sup>。铁口打开后流动性较好,渣铁热量充足(1 480 ℃),但出渣铁较少,15 min后堵铁口。11:13再次打开东铁口,出渣铁约20 t,渣铁流动性较好,11:30堵住铁口。为了预热铁沟,14:13再次打开东铁口,渣铁流动性较好,通过撇渣器进行憋铁操作。此次出铁时间较长,渣铁明显较多,热量充足(1 460 ℃),直到16:38见喷堵铁口。随着铁口出铁逐步增加风口个数并对应提高入炉风量(见表5)。

#### 3.4 开炉后强化冶炼

降硅是高炉开炉后强化冶炼的重要手段,但降硅速度过快则有可能导致炉况温度不足等事故,因此,控制合适的降硅速度尤为重要。此次开炉第1炉铁水含Si量为9.43%,物理热1 480 ℃,流动性良好,24 h负荷加至3.57,焦比为550 kg/t。从第3炉铁开始,炉温下降较快,铁水含Si量降至2.0%以下,物理热1 450 ℃左右,之后Si含量维持在1.0%~1.5%,热量逐步上升。2018年1月24日铁水温度达到1 530 ℃,Si含量稳定在1%上下,为加风创造了条件。铁水成分见表6。

通过选择合理的送风参数,动态调节料制,匹配好送风参数,控制首炉铁出铁时间,控制充足的炉缸温度等一系列操作技术,实现了高炉开炉后炉况顺利恢复,开炉第2天顺利将风口全部捅开,达

表5 莱钢 1#1 880 m<sup>3</sup>高炉开风口加风情况

日期	开风口时间	开风口	风压/kPa	风温/℃	实际风速/(m·s <sup>-1</sup> )	鼓风动能/(kg·m·s <sup>-1</sup> )	送风面积/m <sup>2</sup>
21	22:00—23:00	10 <sup>#</sup> 、24 <sup>#</sup>	121	845	260	7 012	0.203 5
	01:25—01:50	6 <sup>#</sup> 、20 <sup>#</sup>	181	840	226	6 115	0.226 1
22	04:10—05:50	2 <sup>#</sup> 、16 <sup>#</sup>	228	870	233	7 329	0.248 7
	15:20—16:30	14 <sup>#</sup> 、28 <sup>#</sup>	235	960	242	7 805	0.271 3
	06:40—08:00	4 <sup>#</sup> 、18 <sup>#</sup>	268	1 110	271	10 830	0.293 9
23	14:10—15:40	26 <sup>#</sup>	306	1 110	258	9 977	0.305 2
	18:50—19:00	12 <sup>#</sup>	330	1 120	262	11 214	0.316 5

表6 莱钢 1#1 880 m<sup>3</sup>高炉铁水成分

日期	出铁量/t	[Si]/%	[Mn]/%	[P]/%	[S]/%	[MgO]/%	[Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ]/%	铁水温度/℃	R
22	10	9.430	0.174	0.145	0.017	5.31	23.23	1 480	1.05
	50	9.650	0.173	0.150	0.016	5.06	20.29	1 460	1.09
	60	4.100	0.174	0.142	0.046	5.09	19.47	1 440	1.03
	100	3.286	0.202	0.148	0.064	5.06	17.25	1 450	1.00
	80	2.365	0.356	0.150	0.046			1 463	
	110	1.430	0.398	0.141	0.057	5.64	15.65	1 458	1.03
	120	1.440	0.444	0.148	0.065	5.62	15.64	1 435	1.03
	200	1.000	0.420	0.135	0.058		13.90	1 455	1.06
23	110	0.793	0.470	0.126	0.056	5.51		1 435	1.11
	170	0.800	0.580	0.130	0.048	5.89	14.65	1 453	1.09
	360	1.030	0.510	0.134	0.028	5.64	14.70	1 448	1.12
	90	1.440	0.570	0.157	0.012	5.93	14.70	1 480	1.17
24	370	1.103	0.310	0.147	0.018	5.94	13.47	1 497	1.15
	420	1.218	0.312	0.151	0.012	5.97	13.72	1 530	1.18

到全风量作业。通过快速降硅强化冶炼,高炉开炉第3天全天产量4 008.86 t,完成了日达产目标。

#### 4 结 语

开炉过程经验总结:1)本次开炉安全、顺利,整个过程没有悬料,炉况波动较小,实现了3 d快速达产达效。2)入炉焦炭全部使用干熄焦,反应后强度>65%,同时加大焦丁筛分强度,保证了入炉焦炭的质量,为高炉顺行提供有力保障。3)布料测试顺利,为高炉开炉提高了准确的布料参数。4)工艺技术方案制定合理,炉温、碱度适宜。负荷过渡平稳,渣铁物理热充足。通过分段装料实践,证明2 000 m<sup>3</sup>高炉多段料布料开炉是较为合理的装料方式。5)开炉渣铁热量充足,流动性较好,为开炉顺利出铁和恢复创造了条件。6)本次风口堵泥效果好,未出现开炉期间风口自动吹开的现象,保证开风口加

风按照计划稳步进行。7)动态调节料制,负荷调整及时,中心气流的发展合理,加风过程顺利,在保证热量的前提下快速将炉温降到正常水平。

开炉过程中的不足:1)装料过程中,在布料时出现料流开度跳变,导致料面南北相差近1 m,后补加净焦30 t填平料面,导致东西铁口喷渣时间间隔较长,因此应做到开炉前充分调试,避免设备故障导致上料不稳。2)对新开口机设备不够熟悉,未能及时调整到位,导致第一次开口时间向后推移,影响首炉开铁口的时间。3)炉前安装风口中套时角度安装不合适,导致风口送风面积受影响,风口喷煤后煤粉小套前端严重磨损,个别风口无法喷煤。随着煤粉喷吹量增加,多个风口小套磨漏,造成高炉被迫休风调整风口小套。4)因上料料流开度不稳定,导致增加焦炭填补料面,造成炉内焦炭负荷比原计划负荷轻,前3炉铁水炉温偏高。

### Blowing-in Practice of No.1 1 880 m<sup>3</sup> BF after Overhaul in Laiwu Steel

HUI Quanping, GUO Xinchao, LI Ming

(The Ironmaking Plant of Laiwu Steel Group Yinshan Section Steel Co., Ltd., Laiwu 271126, China)

**Abstract:** This article introduces blowing-in practice of No.1 1 880 m<sup>3</sup> BF after overhaul 116 days in Laiwu Steel. Through adequate raw material preparation, strict heating up system and stepped filling, etc., and using a series of operation technologies, such as selecting reasonable air supply parameters, dynamically adjusting material system, matching and distributing air parameters, controlling the first furnace iron discharge time and controlling sufficient furnace temperature, the rapid recovery of furnace conditions has been achieved after the blast furnace is opened. It has created good conditions for the opening of the furnace. On the 3 d after the opening of the furnace, design daily yield production has been achieved and the coal ratio was reached 130 kg/t.

**Key words:** blast furnace; overhaul; blowing-in; fast reached the design yield