包钢烧结配加 FMG 混合粉的生产实践

沈后望,魏永强

(内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢炼铁厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章根据 FMG 混合粉的物理性能及其同化性能和液相流动性能,针对包钢 500 m^2 大型烧结机生产应用进行总结与分析研究。结果表明: 在包钢目前工艺及原料条件下,FMG 混合粉配比为 20% 时,烧结技术指标及烧结矿质量指标最佳; 配比超过 26%,烧结矿质量指标虽然可以通过相应的应对措施得到保障,但烧结过程控制难度加大。

关键词: 褐铁矿; 同化性; 液相流动性

中图分类号: TF046.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2018)06 - 0018 - 04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.06.006

Production Practices on Adding FMG Mixed Powder in Sintering of Baotou Steel

Shen Hou - wang, Wei Yong - qiang

(*Rare Earth Steel Iron - making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the production application of 500 m^2 large sintering machine of Baotou Steel is summarized, analyzed and studied based on the physical properties, assimilability and fluidity of liquid phase of FMG mixed powder. The results showed that the technical index of sintering and quality index of sinter were the best when the proportion of FMG mixed powder was 20% with the current sintering process and raw material conditions of Baotou Steel; when the proportion was more than 26%, although the quality index of sinter could be guaranteed by corresponding measures, the sintering process became more difficult to control.

Key words: limonite; assimilability; fluidity of liquid phase

国内大多数高炉炼铁的炉料结构以高碱度烧结矿为主,搭配部分酸性球团矿或块矿,因此,烧结矿质量对高炉生产有着重要影响,而烧结矿质量很大程度上又受限于烧结工艺所使用的含铁原料。随着钢铁生产规模的扩大和市场竞争的加剧,各个钢铁企业采用各种手段降低生铁成本,其中降低烧结配矿成本是首选措施之一,因而使用低价矿替代高价矿是必然的发展趋势,由于褐铁矿价格较赤铁矿低,钢铁企业在不影响烧结矿质量的前提下,逐渐增加褐铁矿使用量[1-2],但褐铁矿使用量增加到一定程度会对烧结生产以及烧结矿质量指标产生影响,即烧结矿产、质量下降,固体燃耗升高等问题[3]。本文就包钢 500 m^2 烧结机工艺特点及铁料配置结构,阐述烧结配加褐铁矿前后其烧结技术经济指标及烧结矿质量指标的变化,同时对使用褐铁矿生产期间出现的问题进行了总结与分析。

收稿日期: 2018 - 06 - 19

作者简介: 沈后望(1988 -)男,内蒙古包头市人,工程师,现从事烧结工艺技术研究工作。

1　物理性能和高温性能

1.1　FMG 混合粉的物理性能

FMG 混合粉是产自澳大利亚的褐铁矿，其化学成分及粒度组成分别见表 1、表 2。为分析比较，表 1、表 2 同时列出包钢 500 m^2 烧结机目前用其它含铁原料（如包钢自产白云鄂博铁精矿、进口澳大利亚赤铁矿，简称“澳粉”，进口毛里塔尼亚的毛塔粉）的物理性能。

表 1　烧结用铁料的化学成分（质量分数）　%

铁矿粉名称	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	P	S	Al_2O_3	I_g
白云鄂博铁精矿	66.02	29.28	1.13	1.75	0.82	0.053	1.130	0.09	1.60
澳粉	60.42	<0.50	0.18	4.20	0.08	0.098	0.087	2.65	5.70
FMG 混合粉	58.55	<0.50	0.29	5.56	0.09	0.080	0.043	2.84	7.32
毛塔粉	60.92	12.53	0.79	10.20	1.75	0.040	0.020	0.73	1.15

表 2　进口粉矿的粒度组成　%

铁矿粉名称	>8 mm	5~8 mm	3~5 mm	<3 mm
澳粉	14.50	10.80	28.00	46.70
FMG 混合粉	13.60	14.80	27.00	44.60
毛塔粉	6.00	4.00	7.00	83.00

由表 1 可以看出，包钢自产白云鄂博铁精矿品位较高，为 67.02%，属磁铁矿，SiO_2 含量质量分数（下同）、Al_2O_3 含量均很低，分别为 1.75%、0.09%，S 含量高；毛塔粉属假象赤铁矿，SiO_2 含量高，Al_2O_3 含量低，品位与澳粉接近。

由表 1、表 2 可知，FMG 混合粉与澳粉均来自澳大利亚，二者主要差别是前者为褐铁矿，后者为赤铁矿；前者品位低于后者，FMG 混合粉 SiO_2、Al_2O_3、烧损的含量均略高于澳粉，同时，FMG 混合粉与澳粉粒度组成相近，因此，从化学成分及粒度组成上看，FMG 混合粉可以替代澳粉用于烧结生产。

1.2　FMG 混合粉的高温性能

铁矿粉的高温性能主要反映铁矿石在烧结过程的行为和作用，主要包括同化性能、液相流动性能、粘结相强度性能、铁酸钙生成性能、连晶性能等，是评价铁矿石对烧结过程以及烧结矿质量影响的基本指标。本文采用微型烧结法，对 3 种进口铁矿粉进行同化性和液相流动性的研究，实验结果见表 3。

表 3　进口铁矿粉的基础特性

铁矿粉名称	最低同化温度/℃	最低液相流动温度/℃	对应温度的液相流动指数 *FI*
澳粉	1 210	1 230	0.240
FMG 混合粉	1 200	1 220	0.898
毛塔粉	1 294	1 225	0.890

表 3 中最低同化温度代表的是铁矿粉的同化性，最低同化温度越低，铁矿粉的同化性能越好。同化性能反映的是铁矿粉在烧结生产过程与 CaO 的反应能力，表征铁矿粉在烧结过程中生成液相的难易程度，同化性能越高，在烧结过程中越易产生液相。根据实验结果，三种铁矿粉同化性能从优到劣的排序为：FMG 混合粉 > 澳粉 > 毛塔粉。

表 3 中最低液相流动温度及其对应的液相流动指数 FI 则代表铁矿粉的液相流动性，相同温度条件下，FI 值越高表明该铁矿粉的液相流动性越好，液相流动性能反映的是铁矿粉在烧结过程中与 CaO 反应生成的液相流动能力，表征铁矿粉在烧结过程中粘结相的“有效粘结范围”。三种铁矿粉液相流动性能从优到劣的排序为：FMG 混合粉 > 澳粉 > 毛

塔粉。

2 FMG混合粉的生产应用

2.1 FMG混合粉配置方案

包钢500 m^2烧结机自2014年投产后，铁料配置以进口澳粉为主(占60%)，搭配部分自产白云鄂博铁精矿及其它铁精矿。随着烧结生产逐步稳定，在保证原有烧结技术指标及烧结矿质量指标的条件下，逐步以降低烧结矿生产成本为目标，先是逐步降低进口澳粉使用量，然后用价低的褐铁矿(FMG混合粉)替代价高的赤铁矿(澳粉)，同时由于FMG混合粉SiO_2含量高于澳粉，替代后还可以减少高硅含量铁矿粉(毛塔粉)的用量，减少烧结矿SiO_2含量波动对烧结生产稳定的影响。包钢500 m^2烧结机配加FMG混合粉前后铁料配置方案见表4。

由表4可知，烧结配加FMG混合粉之前，澳粉配比为41.2%，毛塔粉配比为12.4%；配加20% FMG混合粉，澳粉配比由41.2%降至32.0%，降低9.2个百分点，毛塔粉配比由12.4%降至6.2%，降低了6.2个百分点；进一步增加6% FMG混合粉配比，澳粉配比由41.2%降至25.8%，降低了15.4个百分点，毛塔粉配比仍保持在6.2%的水平。同时，配加FMG混合粉前后，烧结精粉率由46.4%降至41.2%，降低了5.2个百分点。

表4 烧结配矿方案(质量分数) %

澳粉	FMG混合粉	白云鄂博铁精矿	毛塔
41.2		46.4	12.4
32.0	20.6	41.2	6.2
25.8	26.8	41.2	6.2

注：烧结矿碱度为1.97，烧结矿$w(MgO)$为±2.0%，烧结矿$w(SiO_2)$为±4.7%。

2.2 烧结矿质量指标的变化

配加FMG混合粉前后，烧结矿化学成分、强度及冶金性能的变化见表5。

表5 配加FMG混合粉前后烧结矿质量指标

FMG混合粉配比/%	烧结矿化学成分(质量分数)/%				烧结矿碱度	烧结矿强度/%	RI/%	$RDI_{+3.15mm}$/%
	TFe	FeO	CaO	SiO_2				
	57.16	9.03	9.60	4.83	1.99	78.09	78.15	60.25
20	57.13	8.81	9.54	4.78	2.00	78.31	79.17	59.32
26	57.41	9.08	9.35	4.73	1.98	76.25	77.64	61.52

由表5可知，烧结分别配加20%、26%的FMG混合粉后，烧结矿品位、RI、$RDI_{+3.15mm}$无显著变化，烧结矿SiO_2含量呈下降趋势，FMG混合粉配比达26%时，烧结矿转鼓强度有显著降低，较配加前降低1.84个百分点。这是由于随着FMG混合粉配加比例的提高，褐铁矿的高同化性，使液相粘度增加并在其中包裹了大量气体，造成许多大孔的形成，使得起着粘结作用的同化部分脆化[4]，导致烧结矿强度变差，而适当提高配碳量以及采取改善混合料制粒、调整布料等操作措施可有利于提高烧结矿强度。

2.3 烧结主要技术指标的变化(见表6)

表6 配加FMG混合粉前后烧结主要技术指标

FMG混合粉配比/%	利用系数/($t \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$)	机速/($m \cdot min^{-1}$)	垂速/($mm \cdot min^{-1}$)	负压/kPa	终点温度/℃	成品率/%	冷返率/%	固体燃耗/($kg \cdot t^{-1}$)
	1.03	1.69	14.31	-14.86	416	80.07	23.65	49.84
20	1.09	1.67	14.28	-14.20	428	80.76	24.40	50.74
26	1.10	1.75	14.90	-14.77	414	79.57	26.73	54.30

由表6可知，烧结配加FMG混合粉后，主要表现为利用系数略有提高，固体燃耗和冷返率升高较为明显。FMG混合粉配比为20%时，机速仍控制原有水平，负压由14.86 kPa降低至14.2 kPa，料层透

气性有改善的趋势，与配加 FMG 混合粉前相比，利用系数提高 0.06 t/(m²·h)，冷返率升高 0.75 个百分点，燃耗增加 0.9 kg/t。当 FMG 混合粉配比提高至 26% 时，一方面褐铁矿有利于改善料层透气性，另一方面由于机速的提高，导致成品率、冷返率和燃耗指标显著变差，成品率由 80.07% 下降至 79.57%，冷返率由 23.65% 升高至 26.73%，燃耗由 49.84 kg/t 提高至 54.30 kg/t。由于褐铁矿结晶水含量高，结构疏松，孔隙率较高，因此在生产应用中，在褐铁矿配比较高的情况下，混合料中带入较多的水分，这些水分在烧结过程蒸发、脱除，需消耗一定的能量，所以在烧结过程中需要保持较高的烧结终点温度，导致烧结固体燃耗明显升高。研究表明[4]，褐铁矿比例提高时，由于其高同化性，不仅烧结过程中液相生成量增多，而且液相性质也发生改变，烧结过程中出现液相粘度升高、气泡难以溢出等现象，最终导致烧结利用系数下降，成品率降低，应通过采取压料、厚料层、高碱度、防止过度同化等措施为提高褐铁矿配比提供支撑。

2.4　配加 FMG 混合粉前后工艺操作的调整

包钢 500 m² 烧结机在使用 FMG 混合粉期间，FMG 混合粉配比为 20% 的时候，烧结工艺参数变化不明显，当 FMG 混合粉配比达到 26% 之后，烧结工艺参数有了显著变化，主要表现在，烧结负压升高，垂速加快，烧结矿成品率下降到 80% 以下，冷返率升高，固体燃耗也显著升高，烧结矿转鼓强度下降。为此，采取了一些技术措施：①加强混合料的制粒。调整一次混合机、二次混合机喷头的位置和数量，提高喷头水压，加强其混合及雾化的作用。调整后，混合料的制粒效果明显改善，混合料小于 3 mm 粒级占比分别减少 1.26% 和 1.98%。②调整梭式布料行程极限和松料器位置及数量，调整后混合料的布料偏析得到改善，机尾断面整齐，终点温度温差减少。③调整烧结机风箱翻板，保持南、北两侧开度一致。④根据高 FMG 混合粉配比条件下，通过选择适宜的九辊布料器速度，实现混合料的偏析，尽可能增加下部烧结矿的液相。⑤保持厚料层烧结，充分发挥厚料层烧结的料层自动蓄热作用。

3　结论

(1) 与包钢目前使用的进口澳大利亚的赤铁矿相比，FMG 混合粉尽管为褐铁矿，且品位低 1～2 个百分点，但由于该铁矿粉具有同化性、液相流动性较好，价格较低，SiO_2 含量略高等优势，适宜搭配包钢当前的含铁原料条件用于烧结生产。

(2) 包钢 500 m² 烧结机使用 FMG 混合粉配比达到 26% 时，烧结固体燃耗有增加趋势，烧结矿转鼓强度较配加前降低 1.84 个百分点，通过工艺操作等调整，烧结技术指标明显改善，烧结矿质量可满足高炉生产需求。

(3) 综合考虑烧结技术指标和烧结矿质量，在当前原料条件及铁料配置条件下，FMG 混合粉配比为 20% 时，烧结技术指标及烧结矿质量指标最佳；配比超过 26%，烧结矿质量指标虽然可以通过相应的应对措施得到保障，但烧结过程控制难度加大。

参　考　文　献

[1] 陈平，王常秋，吴铿，等. 用赤细精矿生产高质量烧结矿的工业实践[J]. 钢铁，2004，39(5)：1－4.

[2] 王常秋，侯恩俭，吴铿，等. 东烧厂提高烧结料层厚度的试验研究[J]. 钢铁，2010，45(4)：10－12.

[3] 黄伟青，张旭孝，刘燕霞，等. 褐铁矿在烧结中的高效利用技术[J]. 钢铁研究学报，2016，28(7)：13－19.

[4] 裴元东，赵志星，马泽军，等. 高比例褐铁矿烧结机理分析及试验研究[J]. 烧结球团，2011，36(5)：1－7.