

# 石灰石粉代替生石灰的烧结生产试验

唐 斌,田 鹏,王 明,郭 建

(山东石横特钢集团有限公司,山东 肥城 271612)

**摘 要:**从优化烧结熔剂结构入手,进行了配加不同比例的石灰石粉替代生石灰的烧结工业试验,总结出石灰石不同配加量对烧结燃料消耗、质量指标的影响,得出石灰石粉最佳配比为3.0%,生石灰消耗量每年降低11万t,燃料熔剂单位成本降低3.16元/t。

**关键词:**石灰石粉;生石灰;烧结指标;燃料熔剂

**中图分类号:**TF046.4

**文献标识码:**B

**文章编号:**1004-4620(2014)03-0069-03

## 1 前 言

目前,生石灰强化烧结的观念已经被广大烧结工作者所接受,而这种强化作用主要体现在粒度较细的全精粉烧结或以精粉为主的烧结条件下<sup>[1]</sup>。由于进口富矿粉的粒度粗且均匀,混合料原始透气性较为理想,在这种原料条件下,现有的全生石灰强化制粒的作用效果减弱。石横特钢烧结生产所使用的熔剂主要有生石灰、白云石、石灰石粉等。烧结原料结构主要以进口富矿粉为主,其比例达到含铁原料的60%以上。如果烧结熔剂全部采用生石灰,其改善制粒的作用得不到有效发挥,还会使烧结熔剂成本升高。为此,从优化烧结熔剂结构入手,进行了石灰石粉替代生石灰的烧结工业试验,摸索总结出石灰石粉最佳配比及对烧结质量指标的影响。

## 2 工业试验

### 2.1 主要原料成分

试验所用主要原料的化学成分见表1。

表1 烧结主要原料的化学成分 %

矿种	TFe	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	水分	灼减
纽曼粉	61.62	4.70	0.01	0.03	2.71	7.30	3.60
麦克粉	60.42	4.40	0.29	0.06	2.43	8.25	6.60
南非粉	62.62	6.72	0.20	0.08	1.78	3.40	0.80
岩迪粉	57.03	5.45	0.01	0.02	1.42	11.00	10.00
精粉	64.75	6.00	0.68	0.90	0.90	9.86	-1.20
生石灰	0	1.04	85.00	4.20	0.37	0	2.87
白云石	0	2.79	30.65	19.16	0.79	3.70	45.00
石灰石	0	0.85	51.2	2.98	0.50	1.25	45.00

### 2.2 工业试验方案及方法

为研究在目前铁精粉使用比例较低(<10%)的生产条件下,用石灰石粉部分取代生石灰作熔剂对

固体燃料消耗、转鼓强度、粉化指数、燃料熔剂成本等烧结指标的影响。试验在现有原料结构的基础上,通过单配石灰石粉对熔剂结构进行调整。根据石灰石粉供应和烧结配料间料仓的布置情况,选定在1#烧结机进行初步的工业试验。试验共分6个阶段,每阶段持续5 d,试验期为1个月。试验配比如表2所示。

表2 各阶段含铁原料、熔剂、燃料配比 %

阶段	纽曼	麦克	南非	岩迪	精粉	杂料	白云石	石灰石	生石灰	燃料
0	27.0	8	6.38	4.9	7.65	0.71	5.3	0	6.60	3.85
1	27.0	8	6.38	4.9	7.65	0.71	5.1	1.0	6.10	3.88
2	29.7	10	2.00	6.8	2.00	3.00	4.6	1.5	5.55	3.87
3	29.7	10	2.00	6.8	2.00	3.00	4.6	2.0	5.20	3.90
4	19.7	10	11.60	6.0	4.50	4.90	4.6	2.5	4.80	3.95
5	19.7	10	11.60	6.0	4.50	4.90	4.4	3.0	3.90	3.99
6	37.2	10	2.80	0	3.00	5.76	4.2	3.3	3.60	3.97

注:燃料为无烟煤和焦粉,试验期无烟煤配比1.4%,返矿为24%,只对焦粉配比进行调整。0阶段烧结未使用石灰石粉,作为试验的基准期,1~6阶段为试验期。

### 2.3 主要工艺参数控制情况

试验期混匀料换堆,原料结构存在变化。料层厚度650~700 mm、终点温度在330℃以上、烧结矿FeO含量(9.0±0.5)%、碱度1.90倍、MgO含量2.3%~2.5%。混合料水分控制(7.5±0.5)%。

## 3 试验结果分析

### 3.1 对燃料消耗及燃料熔剂成本的影响

试验期间加强对现场操作的管理,根据原料结构变化情况,及时对烧结生产过程各主要工艺参数、配比进行调整,确保烧结矿质量满足高炉要求。通过对石灰石粉配比的调整,各阶段燃料熔剂消耗、原料条件及成本情况见表3。

由表3可知:

1)0阶段不使用石灰石粉,作为试验的基准期。因在整个试验期混匀料换堆,分析中应考虑原料条件对部分指标的影响。

收稿日期:2014-01-22

作者简介:唐斌,男,1986年生,2008年毕业于辽宁工程技术大学金属材料专业。现为山东石横钢铁集团有限公司炼铁厂助理工程师,从事烧结生产工艺技术研究工作。

表3 各阶段消耗、原料条件及成本

阶段	燃料熔剂消耗/(kg·t <sup>-1</sup> )				含铁原料/%			烧结合成率/%	燃料熔剂成本/(元·t <sup>-1</sup> )
	燃料	白云石	生石灰	石灰石	FeO	C	矿		
0	54.60	77.91	97.02	0	6.14	0.01	8.86	81.49	
1	55.09	74.97	89.67	14.93	6.14	0.01	8.84	80.69	
2	54.89	67.31	81.59	22.42	3.50	0.25	9.28	80.04	
3	55.36	67.48	76.44	29.94	3.50	0.25	9.34	79.44	
4	56.06	67.39	70.56	37.43	5.25	0.15	9.27	78.91	
5	56.65	64.68	57.33	44.91	5.25	0.15	9.24	78.33	
6	56.36	61.74	52.92	49.75	4.27	0.25	9.11	78.17	

注:燃料熔剂成本为燃料较基准期同口径还原后燃料与熔剂成本之和。

2)基准期、1阶段的原料结构相同,成品矿FeO含量基本持平。石灰石配比为1.0%时,对应石灰石消耗14.93 kg/t,燃料消耗较基期升高0.49 kg/t;1阶段每消耗10 kg/t石灰石,燃料消耗升高0.29 kg/t。

3)2、3阶段原料结构相同,与基期存在差异。石灰石配比为1.5%时,对应石灰石消耗22.42 kg/t,燃料消耗较基期升高0.29 kg/t;考虑原料条件及成品矿FeO含量影响燃料消耗降低0.58 kg/t,实际使用石灰石影响燃料消耗升高0.87 kg/t,2阶段每消耗10 kg/t石灰石影响燃料消耗升高0.39 kg/t。石灰石配比为2.0%,对应石灰石消耗29.94 kg/t,燃料消耗较基期升高0.76 kg/t;原料条件及成品矿FeO含量影响燃料消耗降低0.49 kg/t,实际使用石灰石影响燃料消耗升高1.23 kg/t,该阶段每消耗10 kg/t石灰石影响燃料消耗升高0.42 kg/t。

4)4、5阶段原料结构相同,与基期存在差异。石灰石配比为2.5%,对应石灰石消耗37.43 kg/t,燃料消耗较基期升高1.47 kg/t;考虑原料条件及成品矿FeO含量影响燃料消耗降低0.66 kg/t,实际使用石灰石影响燃料消耗升高2.13 kg/t。4阶段每消耗10 kg/t石灰石影响燃料消耗升高0.57 kg/t。石灰石配比为3.0%,对应石灰石消耗44.91 kg/t,燃料消耗较基期升高2.05 kg/t;原料条件及成品矿FeO含量影响燃料消耗降低0.74 kg/t,实际使用石灰石影响燃料消耗升高2.79 kg/t。5阶段

每消耗10 kg/t石灰石影响燃料消耗升高0.62 kg/t。

5)6阶段对应石灰石消耗49.75 kg/t,燃料消耗较基期升高1.76 kg/t;考虑原料条件及成品矿FeO含量影响燃料消耗降低1.80 kg/t,实际使用石灰石影响燃料消耗升高3.56 kg/t,该阶段每消耗10 kg/t石灰石影响燃料消耗升高0.72 kg/t。

由以上分析可知添加石灰石粉代替生石灰作熔剂,烧结合成率增加,但燃料熔剂总体成本降低,具体变化趋势如图1所示。

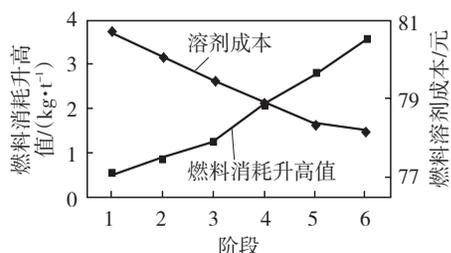


图1 各阶段燃料消耗升高值及成本情况

1、2阶段添加石灰石粉对燃料消耗影响的幅度较4、5、6阶段小。6阶段添加石灰石粉比例为3.3%,对应消耗49.75 kg/t,燃料消耗升高的幅度较之前的1~5阶段要大;燃料熔剂成本总体下降幅度较小,仅较5阶段降低0.16元/t。此时烧结合成率已明显下降,较基期降低0.46%,烧结合成率小于5 mm部分超过10%,烧结合成率粒度组成细化。也就是说石灰石粉消耗达到该阶段水平后,燃料熔剂总成本降低已有限,烧结合成率质量开始变差。所以5阶段为石灰石最佳配比点,该阶段燃料熔剂总成本较基期降低3.16元/t。

### 3.2 对烧结合成率的影响

由以上分析可知,通过添加石灰石粉代替部分生石灰可有效降低烧结合成率。但生石灰作为烧结合成剂的同时,具有强化混合料制粒、改善料层透气性的作用;在生石灰消耗不断降低的情况下,试验期烧结合成率主要技术指标见表4。

表4 试验期烧结合成率主要技术指标

阶段	利用系数/(t·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	转鼓/%	RDI+3.15/%	成矿率/%	烧结合成率<5 mm/%	混合料<3 mm/%	混合料水分/%	混合料温度/℃
0	1.510	77.00	62.78	79.12	8.33	45.08	7.68	64.28
1	1.492	76.67	61.92	79.18	6.86	47.20	7.70	63.89
2	1.494	76.93	63.82	79.22	7.14	46.73	7.82	62.42
3	1.570	76.80	65.10	79.13	7.25	46.91	7.88	61.50
4	1.570	76.67	63.27	79.08	9.13	48.71	7.75	60.88
5	1.566	76.54	63.54	79.02	9.74	49.16	7.85	59.70
6	1.594	76.00	63.51	78.66	10.49	49.42	7.91	59.77

由表4可知:

1)试验后期烧结合成机利用系数较初期提高了0.08 t/(m<sup>2</sup>·h),随石灰石粉配比增加,烧结合成机利用系数提高明显。

2)试验期烧结合成机的转鼓强度、粉化指数较基准

期基本持平,冷热强度无明显下滑。

3)随石灰石粉配比增加,生石灰用量减少。试验后期6阶段烧结合成率较基准期79.12%有所下降。成品矿粒度中小于5 mm部分比例较基准期8.33%升高2.16%,这与生石灰用量减少有一定关

系。生石灰主要成分是CaO,其遇水即消化成消石灰Ca(OH)<sub>2</sub>后,在烧结料中起粘结剂的作用,增加了混合料的成球性,并提高了混合料成球后的强度,提高了料层的透气性。生石灰用量减少导致成球条件变坏,制粒效果变差。6阶段烧结混合料小于3 mm部分较基准期45.08%升高4.0%,该阶段烧结原始料层透气性较基准期差。同时随着石灰石粉用量增加,矿物结晶不完全,成品矿强度下降,返矿增加成矿率下降。所以在提高石灰石粉比例的同时,为确保混合料制粒效果及料温,生石灰用量应有一个下限值,该用量应不低于52.92 kg/t。

4)随石灰石粉配比的增加,不同试验阶段烧结混合料的温度较基准期均存在不同程度的下降。当配加石灰石至3.3%(6阶段)时,混合料温度下降4.5℃。主要原因是生石灰消化放热,在二次混合机蒸汽压力及混合时间不变的情况下,生石灰用量减少势必造成出二次混合机后烧结料温下降。在

一定程度上影响烧结原始料层的透气性。

## 4 结 语

1)随石灰石粉用量的增加,烧结固体燃料消耗升高;烧结机利用系数提高。配比超过3.0%时混合料温度降低,制粒效果变差,烧结成矿率降低明显;固体燃料消耗升高幅度加剧。

2)试验表明在精粉消耗比例低于10%的原料结构条件下,配加45.0 kg/t左右的石灰石粉代替生石灰,可保证烧结矿质量指标与全用生石灰条件下基本持平;烧结燃料熔剂总成本降低3.16元/t。

3)通过配加石灰石粉,每年可节约外购生石灰用量11万t;高活性度自产生石灰使用比例提高,也为石灰石粉配比的进一步提升创造了条件。

### 参考文献:

- [1] 邢建民.安钢烧结配加石灰石粉的试验研究及应用[J].烧结球团,2010,35(3):17-19.

## 《山东冶金》征稿简则

《山东冶金》杂志1979年创刊,以促进山东冶金工业技术创新和科技发展为宗旨,主要刊登地质水文、采选工艺、焦化、耐火、冶炼、轧钢、材料、理化检测、自动控制、冶金设备、经济与管理以及相关学科的科研成果,同时也报道有关学术动态和科技信息等。注重报道实施低成本战略、树立科学发展观、发展循环经济、清洁生产、绿色制造、安全环保、节能减排的先进成果和经验;注重报道构建和谐企业,资源节约型、环境友好型企业,资本运营、国企改革、增强企业可持续发展能力的先进经验和做法;注重报道对冶金工业技术改造、产品结构优化、装备结构调整、新产品开发、提高劳动生产率、信息化建设、走新型工业化道路等有实际指导意义的文章。热诚欢迎省内外相关大专院校、科研院所专家、学者及冶金工程技术和管理人员向本刊投稿。

### 投稿时请注意本刊如下要求:

1 文字简练,语句通顺,层次清楚,数据可靠,结论恰当,全文一般不超过6 000字;通过电子邮件投稿;请勿一稿多投,论文中请勿涉及保密内容;文稿的著作权属于作者,文责由作者自负,编辑部不承担连带责任;本刊已入编《中国学术期刊(光盘版)》,作者稿件一经录用,将同时被《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”收录,如作者不同意收录,请在来稿时声明,否则将视为同意收录。

2 论文排列格式:题名→作者→单位→摘要→关键词→英文题名→作者汉语拼音名→单位英文名称→英文摘要→英文关键词→正文→参考文献→作者简介。

3 题名要求确切、简洁、鲜明、便于检索。一般不超过20个字。若文章内容是某项资金资助项目也请标出,如:\*国家自然科学基金资助项目(59975054)等。

4 作者署名,同一单位不超过5人;2个以上单位的,每单位不超过3人,并在每个作者的右上角,按单位顺序标注“1”、“2”、“3”,每位作者之间加“,”。

5 作者单位,包含单位名称(全称)、地址和邮编。若作者出自多个单位,应分别列出,并按作者标注的顺序,分别在各自单位名称前加“1”、“2”、“3”,各作者单位之间加“;”。文末注明论文第一作者简介,包括:姓名,性别,出生年,毕业时间、院校、专业。现职务、职称,从事工作或研究方向等。注明通信地址、电话、Email等。

6 正文前应有200字左右的中文摘要,内容包括研究的目的、方法、结果和结论等,应尽量反映文章的主要信息,写成报道性短文;列出3~8个关键词。

7 英文题名以短语为主要形式,应少于10个实词;英文摘要与中文摘要对应,一般不超过150个实词;英文关键词应与中文关键词一一对应。

8 层次标题一般分3层,用阿拉伯数字连续编号,如“1”、“2.1”、“3.1.1”……,后空2格排标题;应简短明确,不易过长(一般不超过15个字)。也可不用3级标题,只写顺序号,如1)、2)、3)等。

9 文中的图表采用阿拉伯数字顺序编号,先见文,后见图表。图表题名应简明确切。表的结构要简洁,空白项为未测或无此项,“-”为未发现,“0”表示实测结果为0。图要精选,内容不得与文字或表格内容重复。尽量采用Auto CAD绘制或Excel图,可打开编辑。照片要求清晰、层次分明、反差适中;金相及TEM、SEM等照片应有放大倍数或比例尺。

10 使用国家法定计量单位及符号;名词术语应统一;一篇文章中一种符号只能代表一种含义,变量符号用斜体;正确标注所用符号的大小写、上下标。