

试验研究

# 一种特征煤代替肥煤的配煤炼焦试验

薄 涛,陈昌华,马永胜,常 宇,纪同森

(济钢集团有限公司,山东 济南 250101)

**摘 要:**在对特征煤基础特性分析的基础上,用特征煤替代部分肥煤和气煤进行了40 kg小焦炉及4.3 m顶装焦炉炼焦试验,结果表明,特征煤代替肥煤配量控制在20%以内,焦炭质量变化不大,热态强度略有改善,在常规顶装焦炉上用10%~15%的特征煤代替肥煤炼焦是可行的。增配10%特征煤、相应减少肥煤配量8%、气煤2%,可生产出高强度一级冶金焦( $M_{40}=84.3\%$ 、 $M_{10}=7.2\%$ 、 $CRI=23.5\%$ 、 $CSR=69.7\%$ ),降低配煤成本19.1元/t。

**关键词:**配煤;炼焦;特征煤;肥煤;焦炭质量;成本

中图分类号:TQ522.16

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2013)05-0021-03

## 1 前 言

济钢目前有7座焦炉,其中4.3 m捣固焦炉3座,6 m顶装焦炉4座,年产焦炭约300万t,年耗炼焦煤约400万t。为了稳定提升焦炭质量,满足高炉的指标要求,均是大量配用优质肥煤和焦煤,而济钢地处山东省中部,山东省的煤炭资源主要是以低变质程度、高挥发分煤为主,优质的肥煤和焦煤甚少,需要从外省大量采购肥煤和焦煤,甚至采购进口煤,导致配煤成本大幅上升。

在炼焦煤资源紧缺和价格居高不下的情况下,如何在稳定焦炭质量、满足大高炉需求的前提下,实现本省大量低价炼焦煤资源的合理配用,降低配煤生产成本,是一个非常重要的研究课题。为了更合理地利用本省煤炭资源,获取较大的经济收益,济钢进行了用省内特征煤代替部分肥煤炼焦的课题研究。

## 2 特征煤的基础特性分析

### 2.1 特征煤与肥煤工分指标对比

通过工业分析将4个矿点的特征煤与常用的3个矿点的肥煤进行指标对比,分析结果见表1。

表1 特征煤与肥煤工业分析指标对比

指标	特征煤				肥煤		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
$A_d/\%$	8.60	7.80	7.68	7.96	8.55	9.93	10.51
$V_{ad}/\%$	42.14	40.55	42.9	40.28	34.61	32.12	31.23
$S/\%$	1.45	1.03	1.59	1.21	0.92	1.12	0.51
G值	98	93	99	95	92	90	89
Y值/mm	25.5	22.7	28.1	25.6	26.6	25.7	27.8

由表1可见,特征煤与肥煤相比,突出特点是挥

发分、G值和硫分整体高于肥煤,灰分低于肥煤。

### 2.2 特征煤单煤种炼焦焦炭性质

特征煤所产焦炭主要形成细粒镶嵌型结构,属于各向异性结构,但各项异性程度较低。根据研究,焦炭的各向异性程度越高,反应性越小。但不同的各向异性成分其反应性及对应的反应后强度有所差别。如流动型或片状结构,虽然各向异性程度很强,反应性低,但其极易形成大的裂纹,与CO<sub>2</sub>反应时容易在表面形成深沟或空洞,反应后强度不高。而细粒镶嵌型虽然各向异性程度较低,但具有一定的连续性,又具有相互压入作用,使分子层彼此楔合形成界面,因此裂纹走向弯曲、交叉,使裂纹扩张受阻,与CO<sub>2</sub>反应时,仅在镶嵌颗粒表面形成一些疵点,因而反应后强度较大。

### 2.3 特征煤的最大流动度及塑性区间

特征煤与肥煤的最大流动度、塑性区间指标对比见表2。

表2 特征煤与肥煤的基氏流动度指标

指标	特征煤				肥煤		
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>
$t_f/^\circ\text{C}$	370	372	375	376	387	375	377
$t_d/^\circ\text{C}$	472	472	469	468	499	477	494
$\Delta t/^\circ\text{C}$	102	100	94	92	112	102	117
$\log MF$	4.50	4.42	4.29	4.21	4.02	4.48	4.33

根据胶质层重叠原理,配煤炼焦时除了按照加和的方法根据单种煤的灰分、硫分和挥发分来控制配合煤的灰分、硫分和挥发分以外,也要求配合煤之间胶质体的软化区间和温度间隔能较好地搭接,这样可以使配合煤在热解过程中在较大的温度区间内处于塑性状态,以有益于改善结焦过程和焦炭的质量。

由表2可见,特征煤的流动度指标和肥煤相近,甚至超出部分肥煤,塑性区间相对较宽,粘结性较好,可与其他煤种在结焦过程中较好地结合,从而

收稿日期:2013-07-09

作者简介:薄涛,男,1964年生,2007年大连理工大学EMBA。现为济钢集团有限公司副总经理,高级工程师,从事管理及铁前工艺技术开发等工作。

保证焦炭结构的均匀。

## 2.4 特征煤与肥煤的热解产物对比

济钢对所用特征煤和肥煤的热解产物光学组织进行了对比分析,得出如下结论:炼焦煤受热达到固化温度时,煤中镜质组全部呈现出焦炭具有的光学特征。随着温度升高,不同变质程度炼焦煤所成半焦的光学组织变化规律不同。当煤加热至固化温度之上时,随着温度升高,肥煤热解产物的光学组织组成变化较大,其他炼焦煤热解产物光学组织组成变化较小。特征煤变质程度比较接近肥煤,热解过程的光学组织组成分布及变化规律基本相同,热解产物其光学组织分布以细粒镶嵌组织为主,加热至固化温度时,温度提高,其光学组织组成变化不明显。基于在热解过程中具有较为类似变化的特点,作为特征煤可以部分替代肥煤炼焦,从而可以降低配煤成本。

## 3 特征煤配煤炼焦小焦炉试验

### 3.1 试验方案

根据特征煤的特性,结合与肥煤的性质对比分析,制定特征煤代替肥煤炼焦40 kg小焦炉试验方案(见表3)。试验方案中特征煤配入量由0逐渐增加

表4 特征煤配用前后焦炭光学纤维组织的变化

试验方案	统计分析	各向同性	细粒镶嵌	中粒镶嵌	粗粒镶嵌	不完全纤维状	完全纤维状	片状	丝炭与破片	热解炭	总计
方案1	统计点数	19	47	79	84	19	11	12	111	0	382
	比例/%	5.0	12.3	20.7	22.0	5.0	2.9	3.1	29.1	0	100
方案5	统计点数	13	105	64	56	22	11	14	99	1	385
	比例/%	3.4	27.3	16.6	14.5	5.7	2.9	3.6	25.7	0.3	100

由表4可见,特征煤代替肥煤后,焦炭中细粒镶嵌组织明显增多,说明特征煤所产焦炭主要形成细粒镶嵌型结构。

## 4 特征煤代替肥煤工业试验

### 4.1 试验方案及结果

根据前期小焦炉试验的试验结果,选择方案1、3、5(配比见表3)在4.3 m顶装焦炉上进行工业炉孔试验。焦炉结焦时间和标准温度不变,按焦炉实际生产运行参数实施,采用湿法熄焦,取样进行强度测定,试验结果见表5。

表5 炉孔试验结果 %

试验方案	$M_{40}$	$M_{10}$	CRI	CSR	CRI(加碱)	CSR(加碱)
1	78.6	7.8	27.0	62.3	57.8	44.4
3	78.2	7.0	26.5	61.0	56.4	44.7
5	78.1	7.7	27.5	60.7	53.0	43.8

### 4.2 试验结果分析

根据表5数据,从加碱与不加碱的焦炭热态性能变化情况看:在所选用试验方案内,随着特征煤

至20%,替代部分肥煤和气煤。

表3 特征煤代替肥煤小焦炉试验方案 %

试验方案	气煤类	肥煤	特征煤	焦煤	瘦煤
1	27	23	0	37	13
2	27	18	5	37	13
3	25	15	10	37	13
4	25	10	15	37	13
5	25	5	20	37	13

### 3.2 特征煤对焦炭强度的影响

特征煤代替肥煤对焦炭强度的影响见图1。

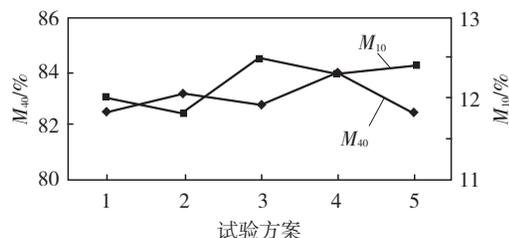


图1 特征煤代替肥煤对焦炭 $M_{40}$ 、 $M_{10}$ 的影响

由图1可见,特征煤代替肥煤炼焦时,随着特征煤配入量增加,焦炭质量变化不大;且当配用15%特征煤时(方案4),焦炭 $M_{40}$ 和 $M_{10}$ 出现明显改善趋势。

### 3.3 焦炭光学纤维组织的变化分析

特征煤代替肥煤后焦炭光学纤维组织的变化见表4。

等高挥发煤的配量增加,焦炭热态性能指标(不加碱条件下)呈下降趋势;而加碱以后,随着特征煤等高挥发煤的配量增加,焦炭热态性能指标呈略微改善趋势,特别是焦炭的热反应性CRI改善明显。

从冷态数据看,各方案的焦炭强度基本在一个水平上,说明特征煤配量在10%的基础上增加到20%具有可行性。

## 5 工业试生产情况

根据前期试验情况,对试验方案进一步优化后在5#焦炉上进行特征煤替代肥煤的工业试生产试验。试验期间焦炉结焦时间和标准温度不变,熄焦方式为干熄焦,按照正常生产流程取样测定焦炭冷、热态强度,结焦时间20 h。5#焦炉试验前后配煤结构及性能见表6。按照试验期间的单种煤价格测算,配煤成本下降了19.1元/t。

在结焦时间均为20 h的条件下,从试验期与基准期的焦炭质量对比数据来看,焦炭冷态强度保持

表6 试验前后配煤结构对比

项目	配煤结构/%					配煤成本/ (元·t <sup>-1</sup> )	焦炭冷、热态性能/%			
	气煤	肥煤	特征煤	焦煤	瘦煤		M <sub>40</sub>	M <sub>10</sub>	CRI	CSR
基准配比	22	18	10	40	10	1 076.70	84.4	7.1	24.0	69.5
试验配比	20	10	20	38	12	1 057.60	84.3	7.2	23.5	69.7
对比	-2	-8	10	-2	2	-19.1	-0.1	0.1	-0.5	0.2

稳定,热态强度略有改善。增配10%特征煤,相应减少肥煤配量8%、气煤配量2%,基本达到了稳定焦炭质量、降低配煤成本的预期效果。

## 6 结论

6.1 在常规顶装焦炉上用10%~15%的特征煤代替肥煤炼焦是可行的。

6.2 在4.3 m顶装焦炉上,利用10%的特征煤代替

肥煤,可生产出高强度指标的一级冶金焦( $M_{40}=84.3\%$ 、 $M_{10}=7.2\%$ 、 $CRI=23.5\%$ 、 $CSR=69.7\%$ )。

6.3 利用特征煤代替部分肥煤炼焦,可有效地降低配煤成本。根据特征煤配用比例情况,配煤成本可降低约15~30元/t,但由于特征煤的挥发分偏高,将导致焦炭气孔率升高、气孔壁变薄而影响焦炭强度,在常规顶装焦炉生产条件下,特征煤的总配量应控制在20%以内为佳。

## Coal Blending and Coking Test Replaced Fat Coal by a Characteristic Coal

BO Tao, CHEN Changhua, MA Yongsheng, CHANG Yu, JI Tongsen

(Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

**Abstract:** On the basis of analyzing the features of a characteristic coal, the coking test was done replaced part of fat coal and gas coal in 40 kg small coke oven and 4.3 m top charge coke oven. The results showed that the characteristic coal instead of fat coal proportioning control within 20%, the coke quality change is not big, hot strength improves somewhat. With 10%~15% of the characteristic coal instead of fat coal and coking coal in top charge coke oven is feasible. Blending 10% the characteristic coal and relevantly reducing fat coal 8% and gas coal 2% produced metallurgical coke with high strength level ( $M_{40} = 84.3\%$ ,  $M_{10} = 84.3\%$ ,  $CRI = 23.5\%$ ,  $CSR = 69.7\%$ ), and reduced the cost of coal blending 19.1 Yuan/t.

**Key words:** coal blending; coking; characteristic coal; fat coal; coke quality; cost

(上接第20页)和{111}<112>,只是织构的强度有所提高。

### 参考文献:

[1] 孔学云,王宝峰,金自力,等.冷轧板再结晶退火中组织和织构演变的研究[J].材料热处理学报,2007,28(4):97-101.

[2] 毛卫民,杨平,陈冷.材料织构分析原理与检测技术[M].北京:冶金工业出版社,2008.

[3] 李晋霞,刘相华,王国栋,等.钢板深冲性与织构研究的进展[J].钢铁研究,2001,38(3):56-60.

## Study on the Texture of Interstitial Free Steel during JSP-Double Stands Reversible Cold Rolling Process

ZHANG Peixue<sup>1</sup>, LI Chen<sup>2</sup>, ZHANG Lei<sup>3</sup>

(1 Jigang International Engineering and Technology Co., Ltd., Jinan 250101, China;

2 School of Materials Science and Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

3 Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

**Abstract:** Based on the Ti-interstitial free steel produced by Jinan Steel, texture hereditary of Ti-interstitial free steel during JSP-double stands reversible cold rolling processes were studied by means of X'Pert Pro X-ray diffraction. The main texture of the cold rolled IF steel sheet was {111}<110>, {111}<112> and {001}<110> and the density of {111}<110> was 12 in which. The main texture of the annealing IF steel sheet was {111}<110> and {111}<112> and the density of {111}<110> was risen to 15.37. The {111}//ND texture which was the best to forming was obtained in the Ti-interstitial free steel produced by Jinan Steel.

**Key words:** interstitial free steel; texture; ODF; orientation

## 出版物上数字的用法(GB/T 15835—2011)

在使用数字进行计量、编号的场合,为达到醒目、易于辨识的效果,应采用阿拉伯数字;当数字伴随有计量单位时,如:长度、容积、面积、体积、质量、温度、音量、频率等,特别是当计量单位以字母表达时,应采用阿拉伯数字。现代生活中出现的事物、现象、事件,其名称的书写

形式中包含阿拉伯数字,已经广泛使用而稳定下来,应采用阿拉伯数字。示例:-125.03,63%~68%,1:500,97/108;346.87 L,100~150 kg,34~39 °C;章节编号4.1.2,产品型号PH-3000型计算机;3G手机,G8峰会,93号汽油。

(燕明宇)