

不同煤对比对胶质层指数的影响研究

生 动

(中国石化青岛液化天然气有限责任公司, 山东 青岛 266400)

摘 要: 为提高焦炭质量, 降低生产成本, 采用陕北地区常见的气煤、肥煤、东风煤进行单独炼焦, 分析 3 种煤单独炼焦时生成的焦炭质量。在此基础上将 3 种煤按不同比例配煤炼焦, 分析不同配比下焦炭质量的变化, 研究最佳配煤方案。结果表明: 气煤单独炼焦所得焦炭质量差, 但配入气煤可增加产气率和焦饼收缩度; 肥煤是优质炼焦煤, 但单独炼焦所得焦炭气孔率高, 需配煤以改善焦炭质量; 东风煤无法单独炼焦, 但少量配入可增加焦炭强度, 减少优质炼焦煤用量。气煤、肥煤、东风煤质量比为 1: 6: 3 时, 焦炭质量最好, 孔隙小, 无缝隙和绽边, 色泽为银灰色, 无海绵体, 部分熔合; 配煤胶质层最大厚度 $Y = 20.4$ mm, 最终收缩度 $X = 7.2$ mm。

关键词: 炼焦煤; 胶质层指数; 配煤; 焦炭; 肥煤; 气煤

中图分类号: TQ520; TD849

文献标志码: A

文章编号: 1006-6772(2014)05-0053-06

Influence of coal blending on plastometer indices

SHENG Dong

(Qingdao Liquefied Natural Gas Limited Liability Company, SINOPEC, Qingdao 266400, China)

Abstract: To improve coke quality and decrease manufacturing cost, the gas coal, fat coal and Dongfeng coal were adopted to coke individually, which are frequent in the north of Shaanxi Province. The coke quality were analysed. Based on the results, these three kinds of coals were coked in different proportions. Determined the optimum coal blending scheme by analyzing the coke quality. The results show that, the coke quality is poor while only adopts gas coal. But the blending of gas coal increases gas production rate and coke shrinking rate. The fat coal is superior, while coking alone, the porosity of coke is high. Dongfeng coal can't coke alone, while its addition improves coke intensity and decreases superior coal consumption. When the mass ratio of gas coal, fat coal and Dongfeng coal is 1: 6: 3, the coke quality is the best, the pore is smaller. The coke shows silver, there is no cavernous body. The maximum thickness of plastic layer is 20.4 mm, the final shrinkage degree is 7.2 mm.

Key words: coking coal; plastometer indices; coal blending; coke; fat coal; gas coal

0 引 言

随着钢铁工业的发展, 特别是高炉容积的大型化, 对焦炭数量和质量的要求不断提高, 进一步加大了优质炼焦煤的需求量^[1]。中国煤炭资源中, 可炼焦的烟煤只占 37%, 而其中 50% 以上为高挥发分、黏结性差的煤种^[2]。能单独炼成优质焦炭的煤只有焦煤, 但由于焦煤储量有限, 且焦煤结焦过程中, 焦饼收缩小, 推焦困难; 结焦过程中产生的较大膨胀压力对焦炉炉体有损害; 焦煤挥发分较低, 煤气和化学产品产率也较低^[3]。为克服以上缺点, 采用了多

种煤的配煤炼焦。配煤炼焦就是将 2 种或 2 种以上单种煤按一定比例均匀配合炼焦^[4-5]。配煤炼焦扩大了炼焦煤资源, 将无法单独炼成合格冶金焦的煤, 经过与其他几种煤配合可炼出优质焦炭, 并降低煤料的膨胀压力, 增加收缩度, 利于推焦, 提高化学产品产率^[6-7]。同时由于配煤中加入了低成本的气煤、瘦煤等煤种, 使配煤平均成本低于单种焦煤的成本, 有利于降低生产成本^[8]。因此在炼焦生产中, 采用科学合理的配煤手段, 提高焦炭质量, 降低生产成本势在必行。陕北地区煤炭资源丰富, 但缺乏对配煤炼焦的研究, 笔者采用陕北地区常见的气煤、肥

收稿日期: 2014-04-01; 责任编辑: 白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.05.013

作者简介: 生 动(1991—), 男, 山东东营人, 助理工程师, 本科, 从事液化天然气项目管理工作。E-mail: 710180896@qq.com

引用格式: 生 动. 不同煤对比对胶质层指数的影响研究[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(5): 53-58, 62.

SHENG Dong. Influence of coal blending on plastometer indices [J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(5): 53-58, 62.

煤、东风煤矿煤(简称东风煤)为试验煤样,对3种煤进行单独炼焦,验证了3种煤的炼焦性能,并在此基础上将3种煤按不同比例配煤炼焦,分析了焦炭质量,得到了3种煤的最佳配比,对当地配煤炼焦有一定的指导意义。

1 试验条件

1.1 试验煤样

气煤是一种煤化程度最低的炼焦煤,加热时能产生较多焦油。气煤能单独炼焦,但焦炭的抗碎强度和耐磨强度较差,焦炭多呈细长条且易碎,有较多纵裂纹。配煤炼焦配入气煤可增加焦饼收缩度,便于推焦,同时增加产气率和化学产品回收率^[7]。但气煤配入量过多会降低焦炭的块度^[9]。

肥煤挥发分一般较高,胶质层较厚,黏结性强,加热产生大量胶质体,单独炼焦时生成的焦炭熔融性好,耐磨性大。肥煤炼出的焦炭横裂纹多,气孔率高,焦根部蜂焦多,易碎,炼焦时必须配入气煤、瘦煤等以提高焦炭质量^[10]。肥煤的黏结力强,可与黏结力较弱的煤配煤炼出优质焦炭。配煤炼焦时,配入肥煤可使焦炭熔融良好,提高焦炭耐磨强度^[11]。

东风煤为贫瘦煤,变质程度高、挥发分低、黏结性极弱。单独炼焦时生成的焦粉较多。配煤炼焦时,配入一定比例的贫瘦煤也可提高焦炭块度。

1.2 试验设备

密封式化验制样粉碎机,标准振筛机,GZY-2006H型全自动胶质层测定仪,煤杯,探针,推焦器等^[12]。

1.3 试验原理

按照GB/T 479—2000《烟煤胶质层指数测定方法》测定煤样胶质层指数。将煤样装在煤杯上,加恒压,由底面单侧加热,使其形成一系列等温层面^[13]。由上至下温度逐层增高,使煤杯中煤样形成半焦层、胶质层和未软化层3部分^[14]。利用探针测量软化点和固化点2层面间气、液、固三相混存的黏稠状胶质层厚度,用最大厚度 Y 表示煤的结焦性。试验结束时,测得焦炭体积曲线的最终位置与起始位置之间距离,即最终收缩度 X ,同时记录煤样受热过程中的体积变化曲线,判断体积曲线的类型^[15]。

2 单煤胶质层指数

2.1 气煤

气煤单独炼焦所得焦炭形态如图1所示,气煤

焦炭体积随时间的变化如图2所示。

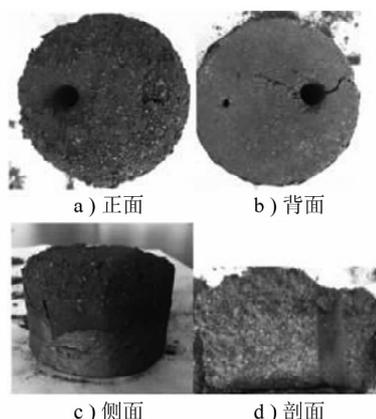


图1 气煤单独炼焦所得焦炭形态

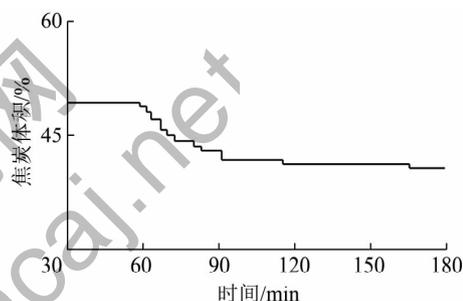


图2 气煤焦炭体积随时间的变化

由图1可知,焦炭缝隙少,无孔隙,为中等绽边,色泽为深灰色,无海绵体,熔合状况为凝结。由图2可知,气煤炼焦无法测出胶质层最大厚度 Y 值,因此没有生成胶质体或只生成少量胶质体。气煤挥发分较高,结焦过程中收缩度大,最终收缩度 $X=8.9$ mm,焦炭裂纹多,焦炭细而长、易碎。因此在配煤中常用气煤减少炼焦过程中的膨胀压力,增加焦饼收缩度,以利于推焦。气煤挥发分较高,可得到较多化学产品和煤气,但配入气煤过多将使焦炭块度变小、强度下降。

2.2 肥煤

肥煤单独炼焦所得焦炭形态如图3所示,肥煤焦炭体积随时间的变化如图4所示。

由图3可知,焦炭块数为4,缝隙少,孔隙为小孔隙带大孔隙,为无绽边,色泽为银灰色,敞开海绵体,熔合状态为完全熔合。由图4可知,肥煤的胶质层最大厚度 $Y=25.3$ mm,最终收缩度 $X=15.0$ mm。因此肥煤胶质层较厚,黏结性强,加热时产生大量胶质体。肥煤单独炼焦时生成的焦炭熔融性和耐磨性均较好,为优质炼焦煤。但肥煤所得焦炭横裂纹多,气孔率高,焦根部蜂焦多,易碎,炼焦时必须配入气

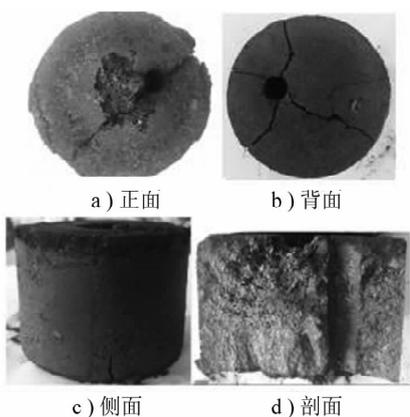


图 3 肥煤单独炼焦所得焦炭形态

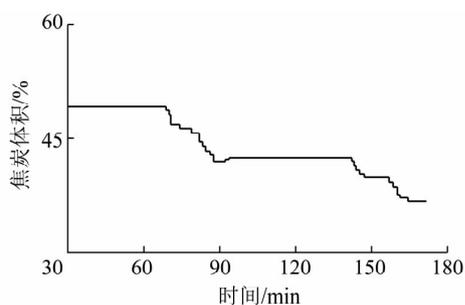


图 4 肥煤焦炭体积随时间的变化

煤、瘦煤等提高焦炭质量。

2.3 东风煤

东风煤单独炼焦所得焦炭形态如图 5 所示。东风煤焦炭体积随时间的变化如图 6 所示。

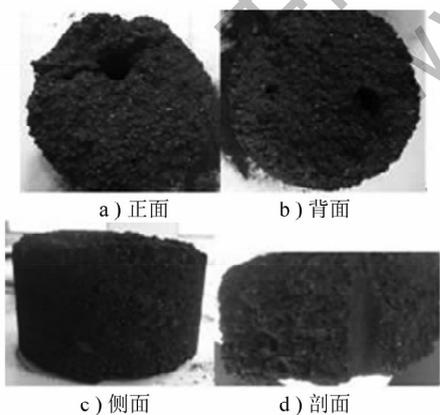


图 5 东风煤单独炼焦所得焦炭形态

由图 5 可知,焦炭无缝隙和孔隙,低绽边,色泽为黑色,无海绵体,熔融状态为粉状。由图 6 可知,东风煤炼焦没有得到 Y 值,故没有产生胶质层,最终收缩度 $X = 29.4 \text{ mm}$ 。东风煤煤种为贫瘦煤,变质程度高、挥发分低、黏结性弱。单独炼焦时,生成的焦粉较多。但在配煤炼焦时,配入一定比例贫瘦煤

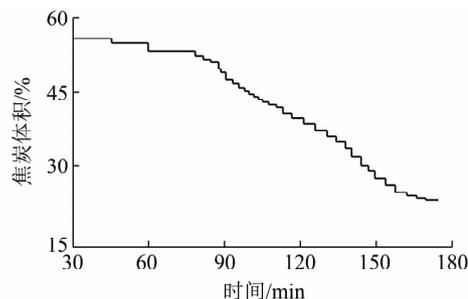


图 6 东风煤焦炭体积随时间的变化
可提高焦炭块度。

3 配煤胶质层指数

为提高焦炭质量,采用气煤、肥煤、东风煤进行配煤炼焦。3 种煤的黏结性大小依次为:肥煤 > 气煤 > 东风煤。炼焦过程中大量使用肥煤会增加炼焦成本,大量消耗优质炼焦煤,且所得焦炭气孔率较大。气煤虽然有一定黏结性,但挥发分较高,焦炭抗碎能力差,不适合单独炼焦,将其适量配入肥煤中可改善焦炭的高气孔率,增加焦炭强度。东风煤黏结性很弱,不适合炼焦,但将其少量配入可增加焦炭强度,减少优质炼焦煤用量。因此,配煤原则为:逐渐降低肥煤比例,增加黏结性最差的东风煤比例,适量配入气煤,因此确定气煤、肥煤、东风煤质量比分别为 1:

8: 1、1: 7: 2、2: 6: 2、1: 6: 3、3: 5: 2、3: 4: 3、4: 3: 3、4: 2: 4。

3.1 质量比 1: 8: 1

气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 8: 1 时炼焦所得焦炭形态如图 7 所示。气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 8: 1 时焦炭体积随时间的变化如图 8 所示。

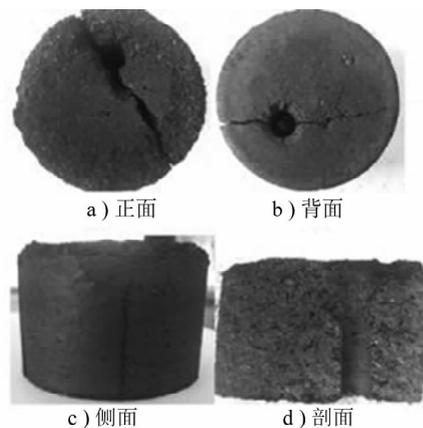


图 7 气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 8: 1 时
炼焦所得焦炭形态

由图 7 可知,气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 8: 1 时,焦炭缝隙少,孔隙为小孔隙带大孔隙,低绽边,

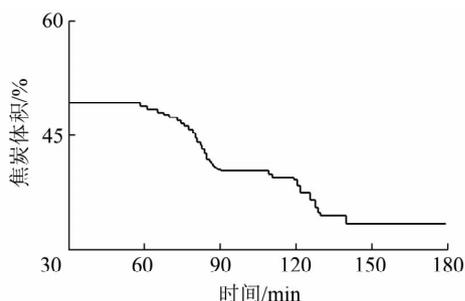


图 8 气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 8: 1 时焦炭体积随时间的变化

色泽为银灰色,小泡状海绵体,熔合状况为部分熔合。由图 8 可知,配煤胶质层最大厚度 $Y = 12.5$ mm,最终收缩度 $X = 15.8$ mm,体积曲线为平降型。3 种煤配煤炼焦后,焦炭质量较肥煤单独炼焦时明显改善,孔隙变小,海绵体由敞开式变为小泡状,焦炭裂纹减少。

3.2 质量比 1: 7: 2

气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 7: 2 时炼焦所得焦炭形态如图 9 所示。气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 7: 2 时焦炭体积随时间的变化如图 10 所示。

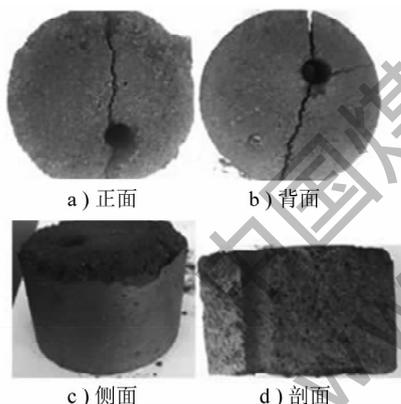


图 9 气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 7: 2 时炼焦所得焦炭形态

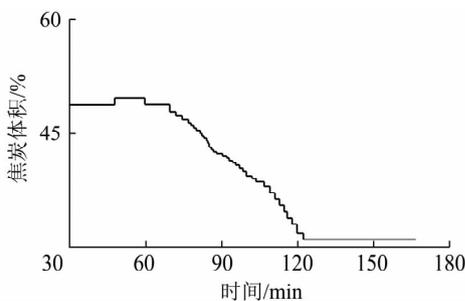


图 10 气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 7: 2 时焦炭体积随时间的变化

由图 9 可知,气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 7: 2 时,焦炭缝隙少,孔隙为小孔隙带大孔隙,低

色泽为银灰色,小泡状海绵体,熔合状况为部分熔合。由图 10 可知,配煤胶质层最大厚度 $Y = 10.5$ mm,最终收缩度 $X = 16.8$ mm,体积曲线为平降型。与气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 8: 1 相比,该比例配煤炼焦所得焦炭质量部分改善,孔隙变小,小泡状海绵体体积变小,绽边也有改善迹象。

3.3 质量比 2: 6: 2

气煤、肥煤、东风煤质量比 2: 6: 2 时炼焦所得焦炭形态如图 11 所示。气煤、肥煤、东风煤质量比 2: 6: 2 时焦炭体积随时间的变化如图 12 所示。

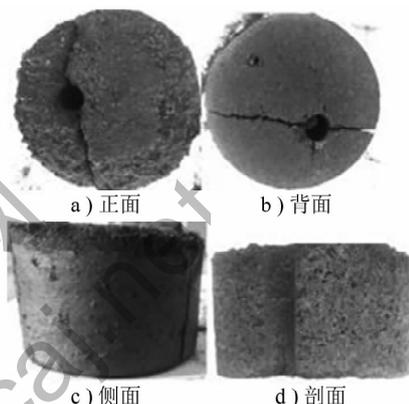


图 11 气煤、肥煤、东风煤质量比 2: 6: 2 时炼焦所得焦炭形态

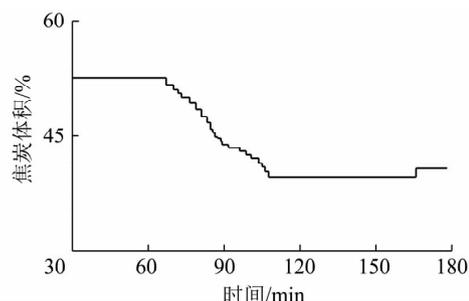


图 12 气煤、肥煤、东风煤质量比 2: 6: 2 时焦炭体积随时间的变化

由图 11 可知,气煤、肥煤、东风煤质量比 2: 6: 2 时,焦炭无缝隙,孔隙为小孔隙带大孔隙,低绽边,色泽为银灰色,小泡状海绵体,熔合状况为部分熔合。由图 12 可知,配煤胶质层最大厚度 $Y = 11.5$ mm,最终收缩度 $X = 14.4$ mm,体积曲线为平降型。该配比所得焦炭较之前焦炭质量提高,孔隙继续减小,小泡状海绵体体积继续变小,接近消失,绽边情况进一步改善,缝隙减少。

3.4 质量比 1: 6: 3

气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 6: 3 时炼焦所得焦炭形态如图 13 所示。气煤、肥煤、东风煤质量比

1: 6: 3 时焦炭体积随时间的变化如图 14 所示。

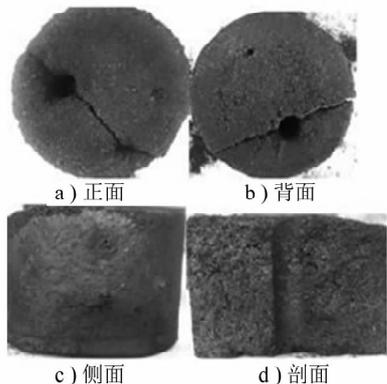


图 13 气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 6: 3 时炼焦所得焦炭形态

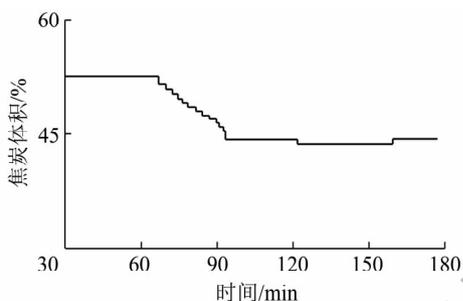


图 14 气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 6: 3 时焦炭体积随时间的变化

由图 13 可知,气煤、肥煤、东风煤质量比 1: 6: 3 时,焦炭无缝隙,孔隙小,无绽边,色泽为银灰色,无海绵体,熔合状况为部分熔合。由图 14 可知,配煤胶质层最大厚度 $Y = 20.4 \text{ mm}$,最终收缩度 $X = 7.2 \text{ mm}$,体积曲线为平降型。该配比所得焦炭质量进一步提升,无缝隙,几乎无绽边,孔隙变为小孔隙,已经看不到海绵体存在,但色泽仍为银灰色, Y 值最大。

3.5 质量比 3: 5: 2

气煤、肥煤、东风煤质量比 3: 5: 2 时炼焦所得焦炭形态如图 15 所示。气煤、肥煤、东风煤质量比 3: 5: 2 时焦炭体积随时间的变化如图 16 所示。

由图 15 可知,气煤、肥煤、东风煤质量比 3: 5: 2 时,焦炭缝隙少,孔隙小,低绽边,色泽为深灰色,无海绵体,熔合状况为部分熔合。由图 16 可知,配煤胶质层最大厚度 $Y = 15.7 \text{ mm}$,最终收缩度 $X = 13.5 \text{ mm}$,体积曲线为平降型。焦炭 Y 值开始下降,缝隙出现,焦炭虽无海绵体出现,但色泽开始变化,由银灰色变为深灰色,重新出现低绽边,说明焦炭质量下降。

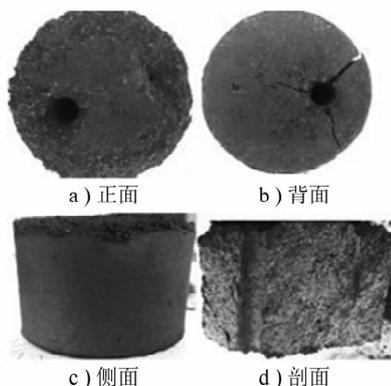


图 15 气煤、肥煤、东风煤质量比 3: 5: 2 时炼焦所得焦炭形态

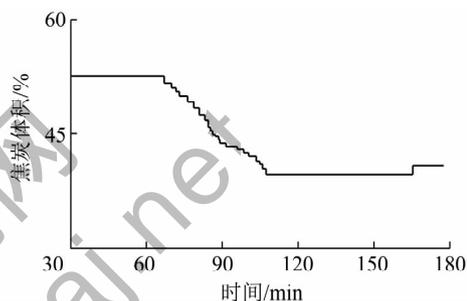


图 16 气煤、肥煤、东风煤质量比 3: 5: 2 时焦炭体积随时间的变化

3.6 质量比 3: 4: 3

气煤、肥煤、东风煤质量比 3: 4: 3 时炼焦所得焦炭形态如图 17 所示。气煤、肥煤、东风煤质量比 3: 4: 3 时焦炭体积随时间的变化如图 18 所示。

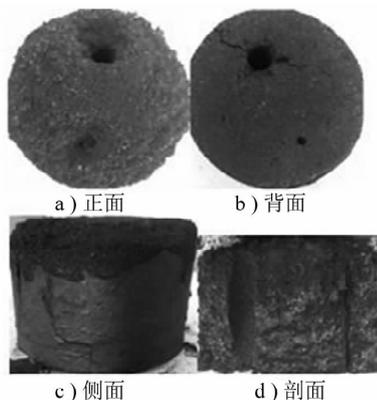


图 17 气煤、肥煤、东风煤质量比 3: 4: 3 时炼焦所得焦炭形态

由图 17 可知,气煤、肥煤、东风煤质量比 3: 4: 3 时,焦炭缝隙少,孔隙小,低绽边,色泽为深灰色,无海绵体,熔合状况为部分熔合。由图 18 可知,配煤胶质层最大厚度 $Y = 12.8 \text{ mm}$,最终收缩度 $X = 7.2 \text{ mm}$,体积曲线为平降型。 Y 值继续下降,绽边有明显扩大趋势,色泽变暗,焦炭硬度明显下降。

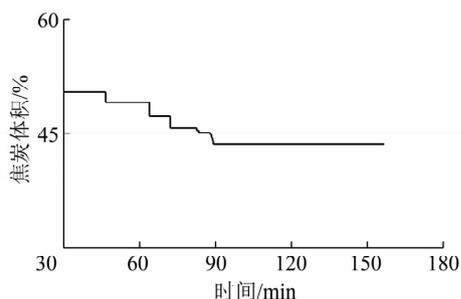


图18 气煤、肥煤、东风煤质量比3:4:3时焦炭体积随时间的变化

3.7 质量比4:3:3

气煤、肥煤、东风煤质量比4:3:3时炼焦所得焦炭形态如图19所示。气煤、肥煤、东风煤质量比4:3:3时焦炭体积随时间的变化如图20所示。

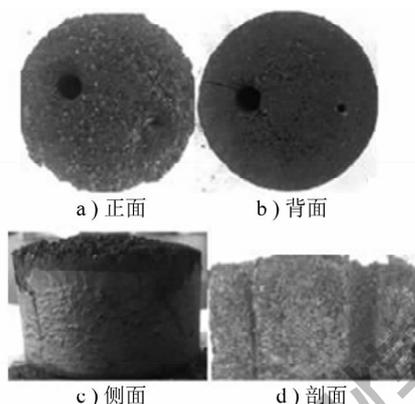


图19 气煤、肥煤、东风煤质量比4:3:3时炼焦所得焦炭形态

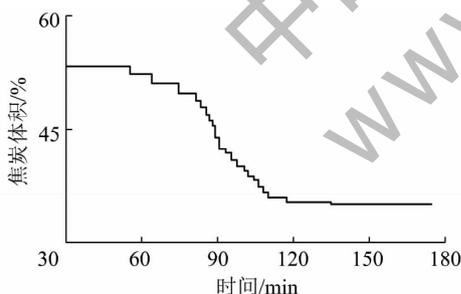


图20 气煤、肥煤、东风煤质量比4:3:3时焦炭体积随时间的变化

由图19可知,气煤、肥煤、东风煤质量比4:3:3时焦炭缝隙少,孔隙小,低绽边,色泽为深灰色,无海绵体,熔合状况为部分熔合。由图20可知,配煤胶质层最大厚度 $Y=11.5$ mm,最终收缩度 $X=14.4$ mm,体积曲线为平降型。 Y 值进一步下降,焦炭变得松散,色泽更加暗淡,质量下降。

3.8 质量比4:2:4

气煤、肥煤、东风煤质量比4:2:4时炼焦所得

焦炭形态如图21所示。气煤、肥煤、东风煤质量比4:2:4时焦炭体积随时间的变化如图22所示。

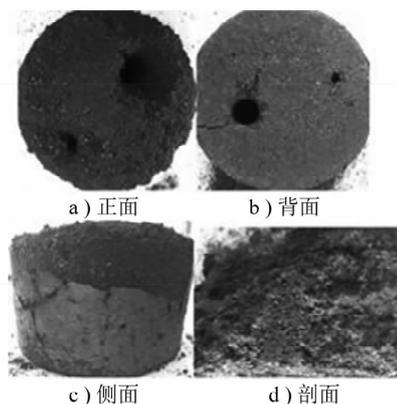


图21 气煤、肥煤、东风煤质量比4:2:4时炼焦所得焦炭形态

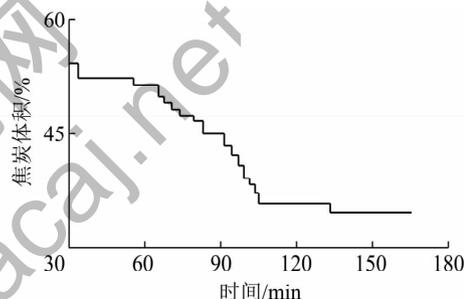


图22 气煤、肥煤、东风煤质量比4:2:4时焦炭体积随时间的变化

由图21可知,气煤、肥煤、东风煤质量比4:2:4时,焦炭缝隙少,孔隙小,中等绽边,色泽为黑色,无海绵体,熔合状况为粉状。由图22可知,该配比炼焦不生成胶质层或生成很少量胶质层,没有 Y 值,最终收缩度 $X=13.2$ mm,体积曲线为平降型。该配比下几乎不结焦,焦炭色泽为黑色,强度非常低,稍用力即成碎块,甚至煤粉,无法用来生产。

4 结论

气煤、肥煤、东风煤质量比为1:6:3时,焦炭质量最好,孔隙小,无缝隙和绽边,色泽为银灰色,无海绵体,部分熔合;配煤胶质层最大厚度 $Y=20.4$ mm,最终收缩度 $X=7.2$ mm。气煤、肥煤、东风煤质量比为1:8:1、1:7:2时,肥煤比例较高,而肥煤炼焦所得焦炭气孔率大、易产生裂纹,导致配煤所得焦炭质量较差。气煤、肥煤、东风煤质量比为2:6:2、3:5:2、3:4:3、4:3:3、4:2:4时,肥煤比例逐渐减小,导致配煤黏结性下降,东风煤与气煤

(下转第62页)

见表5。由表5可知,由于增加了浮选系统,浮选药耗和电耗均小幅增加,介耗降低了 0.2 kg/t ,水分、灰分分别降低了 0.70% 和 0.32% ,精煤产率提高了 3.50% ,尾煤水分降低了 9.70% ,有利于尾煤压滤和尾煤泥及时地销。株洲洁净煤公司最终确定了高挥发分不黏煤作高炉喷吹煤的生产工艺,产品结构改善,产品质量提高,增加了企业经济效益。按照年入选高炉喷吹煤 100万 t 计算,株洲洁净煤公司每年可增加利润 $500\text{万}\sim 1000\text{万元}$ 。

表5 株洲洁净煤公司生产成本和技术指标

项目	指标	改造前	改造后
生产成本	水耗/ $(\text{t}\cdot\text{t}^{-1})$	0.038	0.038
	电耗/ $(\text{kWh}\cdot\text{t}^{-1})$	6.24	6.80
	浮选药耗/ $(\text{kg}\cdot\text{t}^{-1})$	0	2.0
	介耗/ $(\text{kg}\cdot\text{t}^{-1})$	2.2	2.0
技术指标	$M_t/\%$	8.30	7.60
	$A_{\text{ad}}/\%$	7.82	7.50
	$V_{\text{daf}}/\%$	32.40	32.40
	$w(S_1)/\%$	0.45	0.45
	精煤产率/ $\%$	85.20	88.70
	尾煤水分/ $\%$	30.40	20.70

4 结 语

株洲洁净煤公司采用重介—浮选—压滤联合流程,技术可靠。根据高炉喷吹煤入选原煤特性,株洲洁净煤公司通过改造中煤系统、煤泥水系统、浮选系统和压滤系统,选煤数量效率高达 95% 以上,且煤

质稳定。株洲洁净煤公司生产的低灰、低硫、高挥发分高炉喷吹煤产品具有灰分低、硫分低、挥发分高等特点,能满足钢厂对高挥发分喷吹煤的市场需求,符合“两型”(资源节约型、环境友好型)社会发展需要,增强企业发展后劲,提高抗御市场风险的能力。

参考文献:

- [1] 刘秀兰. 优化产品结构 大力发展高炉喷吹煤[J]. 煤炭加工与综合利用, 2005(6): 36-38.
- [2] 郝芳芳, 刘俊平, 王宗梅. 大型喷吹煤选煤新工艺的应用[J]. 煤, 2008, 17(10): 54-55, 70.
- [3] 戴和武, 杜铭华, 戴振宽, 等. 论加快优质喷吹煤基地建设[J]. 中国矿业, 2002, 11(6): 8-12, 16.
- [4] 刘广生, 刘学清. 大型高炉增煤节焦降本增效的实现[J]. 资源节约与环保, 2010(4): 51-52.
- [5] 冯继平, 王敏, 韦善馨, 等. 锌挥发窑操作优化生产实践[J]. 矿冶, 2014, 23(2): 62-64.
- [6] 曹学章. 高炉喷吹用煤的选择[J]. 选煤技术, 2007(6): 44-45.
- [7] 张俊燕, 金龙哲, 王丽颖, 等. 贫煤、贫瘦煤用作高炉喷吹煤的可行性研究[J]. 煤炭科学技术, 2006, 34(10): 62-65.
- [8] 张学敏. 盘江矿区煤炭资源及其利用途径[J]. 煤炭科学技术, 2005, 33(8): 66-68.
- [9] 陈亚飞. 潞安贫煤作喷吹煤的特征分析[J]. 煤炭学报, 2008, 33(7): 803-806.
- [10] 刘立麟. 中国洁净煤发展战略探究[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(2): 1-5.
- [11] 杨丽. “十二五”期间中国煤炭科技的发展方向[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(1): 112-114, 124.
- [12] GB/T 477—2008 煤炭筛分试验方法[S].
- [13] MT 58—1993 煤粉筛分试验方法[S].
- [14] GB/T 478—2008 煤炭浮沉试验方法[S].

(上接第58页)

易碎的特性导致焦炭质量严重下降,无法满足生产要求。因此陕北地区若以气煤、肥煤、东风煤为原料配煤炼焦,三者质量比 $1:6:3$ 较为合适。

参考文献:

- [1] 吴茂江, 吴文瑞. 浅析古诗《咏煤炭》中的化学知识[J]. 化学教育, 2007(6): 64.
- [2] 罗斐. 煤炭资源的现状及结构分析[J]. 中国煤炭, 2008, 34(3): 91-94, 96.
- [3] 吴培儒. 煤炭在我国能源结构中的地位和作用[J]. 能源, 1981(1): 14-16.
- [4] 商铁成. 炼焦配煤中添加剂对焦炭质量的影响[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(6): 39-43, 48.
- [5] 胡延韶, 王丽杰, 王育红, 等. 炼焦技术发展与焦炉煤气综合利用研究[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(6): 76-78.
- [6] 唐莉, 万旭东. 科学合理配煤 降低配煤成本[J]. 鞍钢技

- 术, 2002(2): 4-7.
- [7] 张鸿义, 焦玉杰, 吴家传. 胶质层指标在太钢的应用[J]. 山西冶金, 2001(2): 54-56.
- [8] 张有芝, 刘丽丽. 烟煤胶质层指数测定的探讨[J]. 山西冶金, 2008(2): 21-22.
- [9] 郭姗姗, 齐伟, 王利斌. 胶质层指数测定的影响因素分析[J]. 煤质技术, 2009(5): 31-33.
- [10] 梁敬东, 贾俊萍. 谈谈对胶质层实验几个指标的理解[J]. 煤质技术, 2003(6): 48-49.
- [11] 姚激. 论型煤配比的合理选择对配型煤炼焦效果的意义[J]. 安徽冶金科技职业学院学报, 2005, 15(1): 78-79.
- [12] 李英华. 煤质分析应用技术指南[M]. 2版. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [13] GB/T 479—2000 烟煤胶质层指数测定方法[S].
- [14] 朱之培, 高晋生. 煤化学[M]. 上海: 上海科技出版社, 1984: 186-193.
- [15] 姚昭章. 煤化学[M]. 3版. 北京: 冶金工业出版社, 2010: 66.