

炼焦工艺条件对焦炭反应性和反应后强度的影响

赵 奇

(煤炭科学研究总院 北京煤化工研究分院 北京 100013)

摘要:通过 40 kg 焦炉炼焦实验,研究了加热速率、焦饼终温、焖炉时间、入炉煤堆密度及入炉煤细度等对焦炭的 CRI(焦炭反应性)、CSR(反应后强度)的影响。结果表明:为保证焦炭成熟和获得较低的 CRI 值、较高的 CSR 值,焦饼终温应控制在 1000 ~ 1050 °C 范围内。炼焦时焖炉时间应控制在 3 h 以上。提高入炉煤堆密度,可显著改善焦炭的热性质。入炉煤细度控制在 90% 左右时,CRI、CSR 值较佳。提高加热速率,特别是粘结阶段的升温速率,有利于改善焦炭的热性质。

关键词:反应性;反应后强度;炼焦;40 kg 焦炉;焖炉时间;堆密度

中图分类号:TQ522.1

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2012)02-0095-04

Effect of coking process on coke reactivity and post-reaction strength

ZHAO Qi

(Beijing Research Institute of Coal Chemistry, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China)

Abstract: Study the effect of heating rate, final temperature of coke cake, banking time of coke oven, bulk density and fineness of coal as fired on coke reactivity (CRI) and post-reaction strength (CSR) through 40 kg sample coke oven test. The results show that in order to get lower CRI and higher CSR, the final temperature of coke cake should be controlled between 1000 °C and 1050 °C. Banking time of coke oven should be controlled within 3 hours. The thermal properties of coke can be pronouncedly refined by improving coal as fired bulk density and heating rate, especially that of first stage of coal pyrolysis. When fineness of coal as fired is around 90 percent, it is found to get the best CRI and CSR.

Key words: coke reactivity (CRI); post-reaction strength (CSR); coking; 40 kg coke oven; banking time of coke oven; bulk density

中国是煤炭和钢铁生产大国,同时也是世界上第一大焦炭生产国和出口国。随着冶金行业技术水平的不断提高,高炉大型化、富氧喷吹、高炉强化冶炼等技术不断被引入炼焦工业中^[1]。各钢铁企业对高炉焦炭的质量要求也日益提高,尤其对焦炭

的 CRI(反应性)、CSR(反应后强度)指标越来越重视^[2]。主要是因为这两者是决定焦炭出口贸易定价的重要指标,也直接影响着炼焦企业的经济效益。本文从炼焦工艺条件,如加热速率、焦饼终温、焖炉时间、堆密度及入炉煤细度等方面入手,研究

收稿日期:2012-02-14 责任编辑:宫在芹

作者简介:赵奇(1977—),男,河北安国人,现从事煤化工工作。

引用格式:赵奇.炼焦工艺条件对焦炭反应性和反应后强度的影响[J].洁净煤技术,2012,18(2):95-98.

其对 CRI、CSR 的影响,以期最大程度地提高这 2 个指标。

1 试验装置及试验设计

试验装置采用 40 kg 焦炉及配套装置,通过工艺条件影响试验和以往炼焦试验工艺条件的对比优化,确定最佳的炼焦试验工艺条件。

选取 5 个工艺条件:加热速率、焦饼终温、焖炉时间、装炉煤堆密度和入炉煤细度,进行 CRI、CSR 的研究,每个工艺条件有 4 个水平,分别进行炼焦试验,共计 20 炉,其中原料煤入炉温度均为 600 °C。

(1) 加热速率。炉墙终温 1050 °C。通过改变程序升温时间(8、10、12、14 h)控制加热速率的变化,焦饼终温达到 1000 °C 时出焦。

(2) 焦饼终温。程序升温 8 h,炉墙温度升到

1050 °C。分别在焦饼终温为 850、900、950、1000 °C 时出焦。

(3) 焖炉时间。程序升温 7 h,炉墙温度升到 1050 °C。当焦饼终温达到 950 °C 时,分别延长 1.5、3.0、4.5、6.0 h 后出焦。

(4) 堆密度。程序升温 10 h,炉墙温度升到 1000 °C,然后延长 4 h 出焦,装炉煤堆密度分别为 0.75、0.82、0.90、1.02 t/m³。

(5) 入炉煤细度。程序升温 10 h,炉墙温度升到 1000 °C,然后延长 4 h 出焦,入炉煤细度分别为 70%、80%、90%、100%。

2 试验结果及分析

2.1 加热速率的影响

表 1 为加热速率对焦炭性质的影响。

表 1 加热速率试验所得焦炭性质

程序升温 时间/h	焦炭粒度组成/%						抗碎强度/%		CRI/ %	CSR/ %
	>80 mm	60~80 mm	40~60 mm	20~40 mm	10~20 mm	<10 mm	M ₄₀	M ₁₀		
8	18.1	38.8	34.1	6.9	0.7	1.4	80.8	6.4	22.4	66.3
10	27.1	44.0	18.7	6.3	0.7	3.2	85.6	6.4	22.5	65.2
12	23.3	50.0	20.4	4.4	0.4	1.5	88.8	5.6	23.7	64.0
14	32.6	36.3	22.6	6.3	0.7	1.5	80.8	8.8	23.0	61.8

由表 1 可以看出,加热速率与焦炭热性质之间的关系较显著。在一定范围内,提高加热速率会增加煤料胶质体的流动性,从而改善煤的粘结性,使焦块致密。这种变化改变了煤的热解动态过程,快速加热使煤分子结构中的侧链断裂,形成液相的速度和液相蒸出速度的差值增加,相对改善了胶质体流动性,有利于碳网增长^[3]。同时单位时间内产生的气体增多,增大了膨胀压力,改善了煤的粘结性,提高了 CSR。图 1 为加热速率对焦炭 CRI 和 CSR 的影响。由图 1 可以看出,升温时间为 8~12 h 时,CRI 随升温时间的延长越来越高,12 h 时达到最高,随后下降。CSR 随升温时间的延长呈直线下降趋

势。提高升温速率,特别是粘结阶段的升温速率,有利于降低 CRI,提高 CSR。

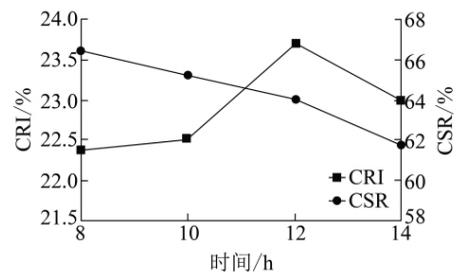


图 1 加热速率对焦炭 CRI 和 CSR 的影响

2.2 焦饼终温的影响

表 2 为焦饼终温试验所得焦炭质量分析结果。

表 2 炼焦终温试验所得焦炭性质

焦饼中心 温度/°C	焦炭粒度组成/%						抗碎强度/%		CRI/ %	CSR/ %
	>80 mm	60~80 mm	40~60 mm	20~40 mm	10~20 mm	<10 mm	M ₄₀	M ₁₀		
850	26.7	33.3	29.3	7.8	1.1	1.8	82.4	6.4	21.8	63.4
900	26.1	38.2	25.7	7.5	0.4	2.1	79.2	7.2	21.9	61.1
950	26.1	39.9	25.6	5.9	0.4	2.1	80.8	7.2	25.0	54.9
1000	21.9	42.5	25.1	4.5	0.4	5.6	79.2	5.6	23.8	56.5

由表 2 可以看出,随焦饼终温的提高,焦炭的耐磨强度提高。提高焦饼终温,使结焦后期的热分解与热缩聚程度增高,可使焦炭挥发分降低,气孔壁材质更加致密,碳结构中氢含量减少,因此显微硬度、耐磨强度有所提高^[4]。

图 2 为焦饼终温对焦炭 CRI 和 CSR 的影响。由图 2 可以看出,焦饼终温低于 900 °C 时,焦炭的 CRI、CSR 变化不大。随焦饼终温的提高,焦炭的热性质变差,至 950 °C 时,CRI 达最大值,CSR 达最低值,之后焦饼终温继续提高,CRI 趋于低值,CSR 逐渐升高。为同时保证焦炭成熟和获得较低的 CRI 值、较高的 CSR 值,焦饼终温应控制在 1000 ~ 1050 °C 范围内。

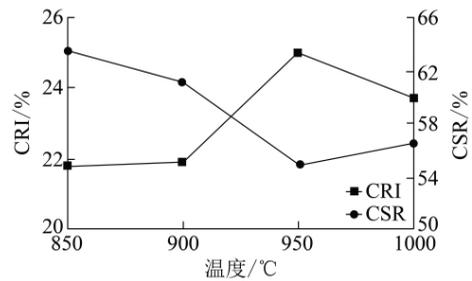


图 2 焦饼终温对焦炭 CRI 和 CSR 的影响

2.3 焖炉时间的影响

表 3 为焖炉时间试验所得焦炭性质分析结果。由表 3 可以看出,延长焖炉时间与提高焦饼终温有相似的作用,均可使焦炭结构致密,收缩好,气孔壁材质更加致密,显微强度更高。

表 3 焖炉时间试验所得焦炭性质

焖炉时间/h	焦炭粒度组成/%						抗碎强度/%		CRI/%	CSR/%
	>80 mm	60~80 mm	40~60 mm	20~40 mm	10~20 mm	<10 mm	M ₄₀	M ₁₀		
1.5	24.0	37.0	26.4	6.9	0.4	5.3	68.8	10.4	30.8	44.9
3.0	16.3	33.5	35.1	9.9	0.8	4.4	68.8	11.2	31.8	45.1
4.5	17.0	33.6	36.8	8.9	0.8	2.9	68.0	11.2	29.8	48.5
6.0	13.3	40.3	32.2	10.3	0.9	3.0	69.6	10.4	28.7	53.6

图 3 为焖炉时间对焦炭 CRI 和 CSR 的影响。

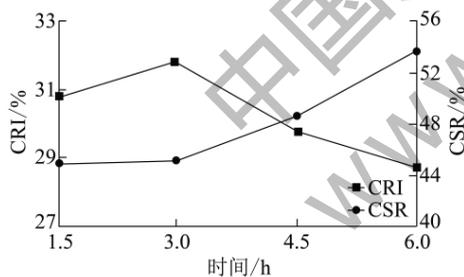


图 3 焖炉时间对焦炭 CRI 和 CSR 的影响

由图 3 可以看出,炼焦时焖炉时间在 1.5 ~ 3.0 h 范围内对焦炭的 CRI、CSR 无明显影响,当焖炉时间延长至 3 ~ 6 h 范围内,随着时间的延长,焦炭的 CRI 明显降低,而 CSR 显著提高。

2.4 煤料堆密度的影响

表 4 为煤料堆密度试验所得焦炭性质分析。由表 4 可以看出,增加入炉煤的堆密度,使煤粒间隙减小,膨胀压力增大,填充间隙所需胶质体减少,在胶质体充填量和性质一定时,可改善煤的粘结性,从而改善焦炭质量。

表 4 煤料堆密度试验所得焦炭性质分析

堆密度/(g·cm ⁻³)	焦炭粒度组成/%						抗碎强度/%		CRI/%	CSR/%
	>80 mm	60~80 mm	40~60 mm	20~40 mm	10~20 mm	<10 mm	M ₄₀	M ₁₀		
0.75	28.0	44.7	19.8	4.9	0.3	2.3	85.6	8.0	33.5	47.9
1.02	14.0	46.8	29.2	6.8	0.6	2.6	89.6	4.0	30.4	60.1
0.82	27.7	41.0	22.8	5.9	0.3	2.3	83.2	5.6	32.4	51.2
0.90	19.9	42.9	29.4	5.7	0.7	1.4	84.0	5.6	31.5	54.7

图 4 为堆密度对焦炭 CRI 和 CSR 的影响。从图 4 中可以看出,随堆密度的增大,焦炭的 CRI 几乎

直线下降,而 CSR 几乎直线提高,说明堆密度的增大有利于改善焦炭的热性质,这主要是由于堆密度

的增大使焦炭的孔泡结构得到改善,焦炭致密,气孔变小。

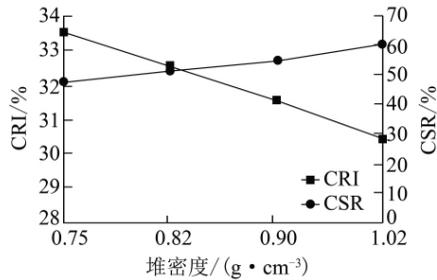


图4 堆密度对焦炭 CRI 和 CSR 的影响

表5 煤料堆密度试验所得焦炭性质

<3 mm 质量 分数 / %	焦炭粒度组成 / %						抗碎强度 / %		CRI / %	CSR / %
	>80 mm	60 ~ 80 mm	40 ~ 60 mm	20 ~ 40 mm	10 ~ 20 mm	<10 mm	M ₄₀	M ₁₀		
70	46.1	27.0	18.3	4.5	0.7	3.4	72.8	14.4	45.2	20.5
80	46.7	25.8	17.5	5.6	0.7	3.7	72.8	14.4	45.6	20.2
90	31.1	39.3	19.1	6.0	1.1	3.4	76.0	16.0	43.4	24.9
100	39.6	38.1	15.4	3.3	0.3	3.3	72.0	17.6	46.4	17.0

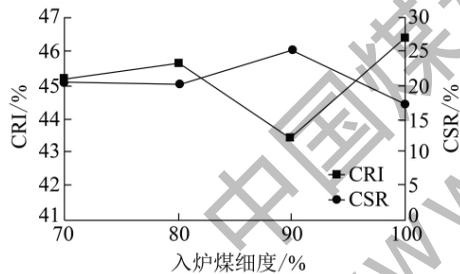


图5 入炉煤细度对焦炭 CRI 和 CSR 的影响

一定的粉碎细度可以消除不粘结大颗粒(包括矿物质)相邻层连接强度的减弱可降低收缩应力,从而减少裂纹,煤料越肥,收缩应力越低,故细粉碎有利于获得裂纹少、块度大、质量均一的焦炭^[5]。但随入炉煤细度的进一步增加,塑性体的流动性变差,一方面由于细煤粒内部一次热解生成的游离氢容易析出,新生的游离氢迅速缔合而固化,从而使塑性体内液相量减少。另一方面,由于煤粒表面积增大而吸附液相量增多^[4]。这种煤粉碎过细所产生的“自瘦化现象”导致粘结性下降。但煤料细度对焦炭质量的影响较为复杂,不同煤种其岩相特征、显微硬度不同,配合在一起时的交互作用也不同。

2.5 入炉煤细度的影响

表5为入炉煤细度试验所得焦炭性质分析。通常认为,煤料粉碎细度和焦炭强度的关系为煤料细度增加时,焦炭强度增加,达到极大值后,继续增加细度,焦炭的强度反而下降。图5是入炉煤细度对焦炭 CRI 和 CSR 的影响。从图5中可以看出,控制入炉煤细度 < 3 mm 煤料含量在 80% 以下时,焦炭的 CRI、CSR 变化不大,但继续提高入炉煤细度,焦炭的 CRI 逐渐降低,CSR 逐渐增加,至入炉煤细度 < 3 mm 煤料含量达到 90% 时,CRI 达最小值,而 CSR 达最大值,之后随细度的提高,CSR 值降低。

3 结 论

试验比较全面、系统地探讨了炼焦工艺条件对焦炭热性质的影响。通过改变焦化工艺条件可以显著改善焦炭的热性质,但是关于煤料细度对焦炭热性质的影响还有待进一步研究,本论文为进一步深入研究焦炭质量影响因素提供了一定的参考,为工业生产中提高焦炭质量,降低生产成本提供了理论依据。

参考文献:

- [1] Elliot, M A. 煤利用化学 [M]. 范辅弼,徐晓,译. 北京: 化学工业出版社, 1991.
- [2] 曲思建. 我国炼焦煤资源利用、煤质特征及其对焦炭质量的总体影响 [C]. 北京: 中国炼焦行业协会, 2002.
- [3] 郭树才. 煤化工工艺学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1991.
- [4] 张振勇,李文华,徐振刚,等. 煤的配合加工与利用 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2000.
- [5] 王利斌,陈明波,曲思建,等. 添加无烟煤捣固法配煤炼焦研究 [J]. 煤质技术, 2003(3): 36-38.