

①B

115-119 未燃烧煤粉对焦炭粉化性能的影响^{*}

Effects on Unburnt Pulverized Coal on Coke Pulverization Properties

朱子宗 张丙怀[✓] 邹德余 刘清才
Zhu Zizong Zhang Binghuai Zou Deyu Liu Qingcai

TF 538.63

(重庆大学冶金及材料工程系, 重庆, 630044)

A

摘要 为了弄清楚高炉内未燃烧煤粉(简称UPC)对焦炭性能的影响,我们在实验炉内做了纯焦炭恒温处理、气化反应以及焦炭层喷吹UPC后气化反应一小时后焦炭样的粉化情况,得出的主要结论:(a)同一温度条件下,纯焦炭气化反应一小时粉化最严重,而焦炭层喷吹UPC后粉化程度降低;(b)同一温度条件下,随着焦炭层喷吹UPC量的增加,气化反应后焦炭的强度提高,粉末量减少。

关键词 未燃烧煤粉; 气化反应; 焦炭; 粉化性能

高炉

中国图书资料分类法分类号 TF525.1

ABSTRACTS In order to clarify the effect of unburnt pulverized coal (UPC) on coke pulverization properties. A series of fundamental experiments were carried out at laboratory furnace. The main results obtained are as follows: (a) Under the same temperature, coke fines increases remarkably with the progress of gasification for an hour, but after UPC was injected into coke layer, coke fines decreases; (b) Under the same temperature, Strength of coke increases after the reaction and coke fines decreases as the amount of UPC being injected into coke layer increases.

KEYWORDS unburnt pulverized coal; gasification reaction; coke; pulverization properties

0 前 言

评价高炉内焦炭的性能,正确分析高炉内焦粉的行为是必不可少的。定量地分析粉末的产生、消失过程以及对高炉操作的影响乃是今后重要的研究课题。目前,有关焦炭粉的积蓄,田村键二等^[1]通过冷热实验,高谷幸司^[2]等通过冷实验和数学模型进行了研究;焦炭粉积蓄在炉芯的中心部及表层部或软熔带根部附近。岩永佑治^[3]做了焦炭气化反应伴随机械冲击下的焦炭粉化行为。傅永宁等^[4]从解剖高炉中发现,焦炭深部蚀损越严重,焦炭的粉化越严重。

本文研究的重点是:在实验炉内模拟高炉的情况下,向焦炭层喷吹UPC,气化反应后焦炭的粉化程度的变化。从而为正确认识UPC在高炉内的行为提供理论依据。

* 收文日期 1992-11-27

1 实验方法及装置

1.1 焦丁的制备

根据反应坩埚($\Phi 48\text{ mm} \times 44\text{ mm} \times 220\text{ mm}$)大小,将重钢焦炭破碎,筛分成粒度为8~12 mm的焦丁,并在烘箱内 120°C 的条件下烘干两小时,去除水分,其成分见表1。

表1 重钢焦炭成份

工业分析 (%)				灰份分析 (%)				
固定碳	灰份	挥发份	硫	Fe_2O_3	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3
83.32	13.85	1.94	0.89	7.73	5.60	54.72	2.07	30.17

1.2 未燃烧煤粉制备

将珙县煤粉装入不锈钢罐,放入炉内,在 1150°C , N_2 气氛下干馏10小时,去除挥发份;然后将干馏过的粗煤粉在球磨机内细磨一小时,经过干馏、细磨、筛分后的煤粉可认为是未燃烧煤粉。其性能见表2。

表2 珙县煤粉成份

	固定碳	灰份	挥发份	SiO_2	CaO
未处理煤粉 (%)	67.03	22.56	10.41	55.23	6.34
处理后煤粉 (%)	71.96	26.42	1.62		

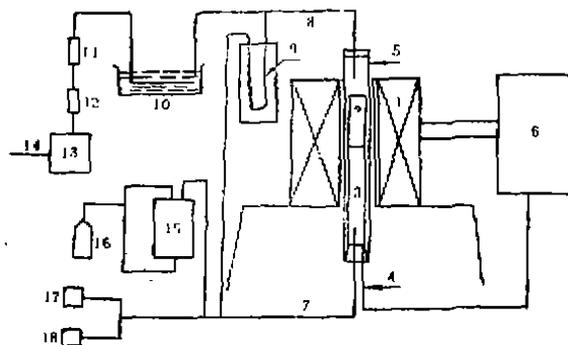


图1 焦炭气化反应实验装置图

- 1 硅碳管电阻加热炉; 2 刚玉坩埚;
3 支承管; 4 热电偶; 5 刚玉管; 6
DWT-702精密温度自动控制柜; 7
进气管道; 8 出气管道; 9 压差计
10 水冷槽; 11 除尘缓冲瓶; 12
旋子流量计; 13 红外线气体分析仪;
14 废气排出口; 15 喷粉罐; 16、
18 N_2 气瓶; 17 CO_2 气瓶

1.3 实验方法及装置

准确称量110g焦炭试样,放入反应坩埚,装入硅碳管电阻炉内,密封;开起可控硅电源加热,升温速度控制在 $150^\circ\text{C}/\text{h}$,同时通入 N_2 保护;待升温到实验温度时,电源由手动改为自动控制,由 $1\text{ L}/\text{min}$ 的 N_2 改通 $5\text{ L}/\text{min}$ 的混合反应气体($2\text{ L}/\text{min}$ 的 CO_2 和 $3\text{ L}/\text{min}$ 的 N_2),将生成气体经水冷槽后导入红外线气体分析仪,连续分析记录 $\% \text{CO}-\tau$ (时间)的变化关系。待反应一小时后关闭电源和反应气体,在 N_2 气氛下冷却反应后的焦样,并分析室温时焦样的粉化率。

2 实验内容

由于在做焦炭的气化反应实验时,采用的焦炭为粒度8~12mm的焦丁,因此,焦炭的粉化率应该为反应后的试样中小于8mm的焦炭所占的重量比例。将实验后的试样用8mm的筛子均匀筛分30次,用天平称量小于8mm的焦炭样重,计算焦炭的粉化率 η 。

$$\eta = (\text{小于8 mm 试样重} / \text{反应后试样总重}) \times 100\%$$

2.1 处理后焦样的粉化率

在各实验温度下,焦炭恒温处理一小时后焦样的粉化率随温度的变化关系见图2。

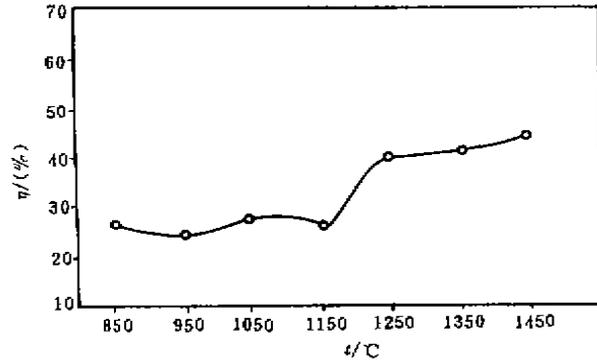


图2 恒温处理后的粉化率与温度的关系

从图2可以看出,对于焦炭在 N_2 气氛下,加热到各实验温度恒温处理一小时,焦炭的粉化率在850°C~1150°C范围内比较稳定,温度高于1150°C焦炭的粉化率随温度的升高迅速增加;1250°C以后,随着温度的升高,焦炭的粉化率有增大的趋势,但比较缓慢。

2.2 焦炭气化反应的粉化率

在各实验温度下,焦炭气化反应一小时后焦样的粉化率见表4。

表4 焦炭气化反应一小时后的粉化率

t(°C)	850	950	1050	1150	1250	1350	1450
η (%)	30.20	37.70	50.60	60.83	51.53	45.71	44.39

从表4可看出,对于焦炭在各实验温度下气化反应一小时后,焦炭的粉化率在850°C~1150°C范围内,随着温度的升高而迅速增加,1150°C焦炭的粉化最为严重;温度高于1150°C,则焦炭的粉化率随温度的升高而降低,1350°C~1450°C变化不太明显。

2.3 焦炭料层喷吹有20gUPC 气化反应一小时的粉化率

在各实验温度下,焦炭料层喷吹有20gUPC 气化反应一小时后焦炭样的粉化率见表5。

表5 焦炭料层喷吹UPC 气化反应后试样的粉化率

t(°C)	850	950	1050	1150	1250	1350	1450
η (%)	28.80	33.25	35.71	41.40	47.73	45.20	43.42

从表5可以看出,焦炭的粉化率在850°C~1250°C范围内随着温度的升高而升高;当温度

高于1250℃,焦炭的粉化率则是随着温度的升高而下降。

比较图2、表4和表5可以得出这样的结论:在相同的温度条件下,焦炭气化反应一小时后焦样的粉化率高于焦炭层喷吹有20gUPC气化反应一小时后焦样的粉化率,高于焦炭在N₂气氛下恒温加热一小时后焦样粉化率。

3 问题的分析与讨论

3.1 焦炭在N₂气氛下热裂粉化行为

焦炭在N₂气氛下加热处理时的粉化主要是由于体积膨胀引起的破裂,当温度加热到850℃~1150℃时,焦炭由于受热应力作用而产生开裂,粉化不太严重;一般来说,当加热到碳化温度(指煤炼焦过程中,煤的挥发份经高温挥发完毕,结成的焦块基本为固定碳时的温度。重钢焦的碳化温度为1150℃左右),焦炭由于受热而产生体积膨胀。如果温度继续升高,就可能产生收缩现象。此时,焦炭内部应力分布是受膨胀力和压缩力控制的,在这两种力的作用下,焦炭产生裂纹,裂纹通常是沿着最易发展的路线成直线和稍成曲线发展,并且裂纹从表面向中心延伸,达到一定的程度就可能一块焦分成两块或多块,随着温度的升高,焦炭的裂解就越来越严重,大块焦变成小块焦,小块焦继续裂解就成了粉焦。因此,当温度高于1150℃,粉化率随着温度的升高也就越加显著。1450℃焦炭的热裂粉化最为严重。

3.2 焦炭气化反应时的粉化行为

焦炭与CO₂发生气化反应产生的粉末,主要是由气化反应过程中的表层剥落和内部蚀损以及体积膨胀引起的。

从表4可以看出,当温度低于950℃时,焦炭气化反应生成的粉率几乎成直线增加,当温度超过950℃,升高到1150℃之前,生成的粉末量急剧增加。随着温度的升高粉末量增加的理由是:由于气化反应的进行,焦炭表面的脆化层变薄,气孔壁容易发生裂纹,加上连续的气流冲击作用,最初生成的裂纹附近又出现了新的裂纹,并连在一起向内、外延伸。因此,临界强度降低,粉末就会从表面脱离出来,旧的脆化层消失,新的脆化层生成,这样重复发生,也就有更多的粉末生成。

焦炭与CO₂的反应,不只局限于在表层发生,CO₂同时也向深层扩散,扩散的通道包括本来相互连通的气孔,以及CO₂反应中微孔的扩大,穿透、合并而形成更大的孔隙,这一扩散过程造成了内部蚀损,并在焦炭内部引起裂纹。其热裂方式从表面热裂到大块热裂也是变化的,从而导致焦炭的抗拉强度降低,粉末生成量增加。此外,反应温度较低,化学反应速度也低,内扩散阻力小,为深层反应提供了条件,所以,随着温度的升高,焦炭的粉化率显著增加。当温度超过1150℃,随着温度的升高和气化反应的进行,焦炭中的非结晶碳向结晶碳的转变速度急剧加快,焦炭的石墨化程度升高,碳的晶格结构愈趋完整。因此在1150℃~1450℃范围内,焦炭气化反应一小时后的粉化率随着温度的升高反而降低。

3.3 焦炭层喷吹UPC后,焦炭气化反应时的粉化行为

从表5看出,当焦炭层喷吹UPC后,焦炭气化反应一小时的粉化率均较不喷吹UPC的低。

当焦炭层喷吹UPC后,由于UPC的优先气化,焦炭的反应性降低,反应后的强度较不喷吹UPC的高。因此,同一温度条件下,在相同的反应时间内,焦炭由于气化反应产生的粉末

量较不喷吹 UPC 焦炭产生的粉末量少。焦炭层内 UPC 量越多, 焦炭反应性降低的越多, 反应后的强度相对来说越高, 粉末生成量也就越少。

在焦炭层喷吹 UPC 量相同的情况下, 随着反应温度的升高, 与没有喷吹 UPC 的焦炭相比较, 粉末生成量减少趋势越加明显。1150℃ 由于喷吹 UPC 后, 焦炭的反应性下降的最多, 焦炭气化反应后粉末生成量减少的最多。

当温度升高到 1250℃ 以后, 由于焦炭喷吹 UPC 后的反应性随温度升高而下降, 所以粉末生成量也比焦炭在 1250℃ 下气化反应后生成的粉末量少。

4 结 论

1) 对于焦炭在 N_2 气氛下, 加热到各实验温度恒温处理一小时, 焦炭的粉化率在 850℃~1150℃ 范围内比较稳定; 温度高于 1150℃, 焦炭的粉化率随温度的升高迅速增加; 1250℃ 以后, 随着温度的升高, 焦炭的粉化率有增大的趋势, 但比较缓慢。

2) 对于焦炭在各实验温度下气化反应后, 焦炭的粉化率在 850℃~1150℃ 范围内, 随着温度的升高而迅速增加, 1150℃ 焦炭的粉化最为严重; 1350℃~1450℃ 变化不太明显。

3) 对于焦炭料层喷吹有 20g UPC, 焦炭气化反应后的粉化率在 850℃~1250℃ 范围内随着温度的升高而升高; 当温度于 1250℃, 焦炭的粉化率则是随着温度的升高而下降。

4) 在相同的温度条件下, 焦炭气化反应一小时后焦样的粉化率高于焦炭层喷吹 20g UPC 气化反应一小时后焦样的粉化率, 高于焦炭在 N_2 气氛下恒温加热一小时后焦样的粉化率。

参 考 文 献

- 1 [日]田村健二, 一田守政等. 高炉レ-スウユイ近傍の粉コーケスの堆积举动からみた适正羽口风速, 铁と钢, 1987, 73(15):1980~1987
- 2 [日]高谷 幸司, 山冈 秀行, 岩水 裕治. 高炉内になづける粉粒体の粉粒体の举动, 铁と钢, 1987, 73(4): A1
- 3 [日]岩水 裕治, 高谷 幸司. ガス化反应下での冲击によるコーケスの粉化举动. 铁と钢, 1988, 74(4): 624~631
- 4 傅永宁, 黄永福等. 焦炭的深部蚀损和在高炉内的行为. 钢铁, 1990, 25(1):1~6