

探讨加热制度对干燥煤炼焦焦炭质量的影响

孙 章 (华北理工大学化学工程学院, 河北 唐山 063210)

雷 磊 (唐山首钢京唐西山焦化有限责任公司, 河北 唐山 063210)

摘 要: 为了让焦炭的质量在现有基础上得以提升, 降低炼焦过程的能耗, 最重要的便是减少入炉煤的水分含量。目前对于干燥煤炼焦的研究资料比较少, 加热制度对焦炭质量的影响也鲜有参考资料, 基于此, 本文便围绕着加热制度对干燥煤炼焦焦炭质量的影响, 这一主题进行了分析和研究, 主要包含的是炼焦终温、保温时间和升温速率对焦炭质量的实际影响, 在得出各项数据以后, 确定了实验室中实施干燥煤炼焦的加热制度。

关键词: 加热制度; 干燥煤炼焦; 焦炭质量; 影响

1 实验部分

1.1 材料与仪器

炼焦煤; 实验焦炉; XperPro 型 X 射线衍射仪。

1.2 配煤方案

具体方案: 气煤 3.93%、肥煤 15.79%、气肥煤 4.94%、1/3 焦煤—4.94%、1/3 焦煤二 5.92%、1/3 焦煤三 6.89%、焦煤—24.69%、焦煤二 13.82%、焦煤三 7.23%、瘦煤 11.85%。

1.3 实验方法

本次炼焦实验应用的焦炉为自制, 容量为 5kg, 应用的干燥质量同样为 5kg, 干燥的水分占比为 2%。炼焦加热制度包含着炼焦终温、保温时间和升温速率三个方面内容, 分别研究这三项内容对焦炭质量的实际影响。

2 结果

2.1 炼焦煤煤质分析

低中灰煤包含 1/3 焦煤一和焦煤三, 低灰分煤则是其余所有; 低中硫煤包含气肥煤和焦煤二, 低硫煤则是其余所有; 黏结性比较差的只有瘦煤, 其余种类的黏结性都表现良好, 但是不同种类, 黏结性存在一定的差别。本次实验应用到的单种煤, 在性质上均符合炼焦用煤的标准和要求。

2.2 炼焦终温的影响

2.2.1 对焦炭质量的影响

原料为干燥的配合煤, 炼焦终温的数值分别设定为 1050℃、1100℃、1150℃、1200℃、1250℃, 在不同终温的状态下, 将保温时间和升温速率保持一致, 分别为 1.5h、2.0℃/min。经实验得到了以下结果: 当炼焦终温在不断上升的时候, 干燥煤的焦炭抗碎强度和反应后强度的状态, 均是先增加而后减小, 耐磨强度和反应性的状态, 则是先减小而后增加。另外, 在实验中, 抗碎强度和反应后强度所达到的最大值为 85.4% 和 50.2%, 而耐磨强度和反应性所达到的最小值为 10.6% 和 35.5%, 这四项最值都是在炼焦终温为 1150℃ 的程度下产生的。以 1150℃ 为为区分点, 当炼焦终温没有达到这一温度时, 随着炼焦温度的上升, 焦炭的质量越来越高; 当炼焦终温高于这一温度时, 由于温度超过了焦炭所能承受的最大温度, 使得微裂纹扩展, 造成焦炭质量的下降。

2.2.2 对焦炭微晶结构的影响

根据图 1 数据, 在 2θ 约为 25° 处和 43° 处, 出现了

(002) 峰和 (100) 峰。(002) 峰的含义为焦炭微晶结构中芳香碳层片的定向程度, (100) 峰的含义为芳香碳层片的定向大小。(002) 峰的陡峭程度代表的是芳香碳层片在空间排列的有序度, 越陡峭, 有序度便越高; (100) 峰的陡峭程度代表的是芳香碳层片的直径与芳香核的缩合度, 越陡峭, 直径越大, 缩合度越高。当炼焦温度不断上升的状态下, (002) 峰的变化趋势为先大而后保持基本不变, 由此便能表现出炼焦终温的提升能够促进焦炭良好的定向程度; (100) 峰的变化趋势与 (002) 峰一致, 由此便能表现出炼焦终温的提升能够提升焦炭的缩合度。

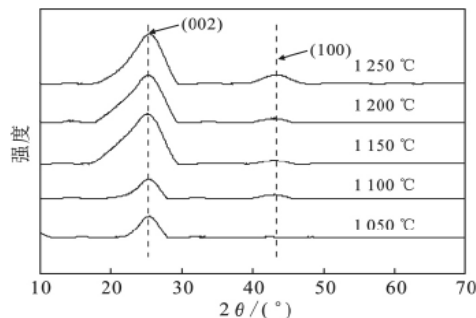


图 1 不同炼焦终温下焦炭的 XRD 谱

2.3 保温时间的影响

2.3.1 对焦炭质量的影响

原料为干燥的配合煤, 炼焦终温设定为 1150℃, 升温速率设置为 2.0℃/min, 同时设定不同的保温时间, 在这一实验条件下进行炼焦试验。经实验得到了以下结果: 在保温时间不断增加的过程中, 焦炭的抗碎强度和反应后强度的状态均是先增加后减小, 同时耐磨强度和反应性的状态则是先减小后增加。焦炭的抗碎强度和反应后强度在实验中的最大值分别为 89.7% 和 57.3%, 耐磨强度和反应性的最小值为 8.9% 和 30.2%, 这四项最值都是在保温时间为 2.5h 的情况下产生的。当保温时间处于适当增加的情况下, 结焦过程的热聚合程度是不断提升的状态, 在这一状态下, 焦炭的石墨化程度大大增加, 由此焦炭的质量得以改善; 当保温时间超出了适当的范围, 便会造成焦炭过火, 焦炭裂纹增多、增大、加深, 使得焦炭的质量随之降低。

2.3.2 对焦炭微晶结构的影响

由实验数据显示, (002) 峰整体状态为先增加而后保持基本不变, 这表明了保温时间的增加, 让焦炭的定向程度更好; (100) 峰的整体状态与 (002) 峰基本一致, 这表明了保温时间的增加, 提高了焦炭的缩 (下转第 250 页)

管道内直径测量引入的不确定度 $u(L)$:

管道外直径用游标卡尺测得管外直径为 30.58mm, 其测量不确定度 $U=0.01\text{mm}$, $k=2$, 则:

$$u_1(L) = \frac{0.01/1000}{2} = 0.000005 (\text{m})$$

管道外周长测量时, 管道油漆层厚度、锈蚀和管道均匀度等因素引入的不确定度约 0.00008m, 区间内呈均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$, 则:

$$u_2(L) = \frac{0.00008}{\sqrt{3}} = 0.00004619 (\text{m})$$

$u_1(L)$ 与 $u_2(L)$ 互相独立切灵敏度系数为 1, 故:

$$u(L) = \sqrt{u_1^2(L) + u_2^2(L)} = 0.00004646 (\text{m})$$

管道壁厚测量引入的不确定度 $u(\delta)$:

超声波测厚仪测得厚度 $\delta=2.77\text{mm}$, 其测量引入的不确定度可从测厚仪证书中获得, 测厚仪分辨率为 0.01mm, 最大误差为 $\pm 0.05\text{mm}$, 区间内呈均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$, 则:

$$u_1(\delta) = \frac{0.05/1000}{\sqrt{3}} = 0.00002887 (\text{m})$$

由于管道油漆层厚度、管道表面不规则、管道积垢等因素引入的不确定度结果约为 0.05mm, 则:

$$u_2(\delta) = \frac{0.05/1000}{\sqrt{3}} = 0.00002887 (\text{m})$$

$u_1(\delta)$ 与 $u_2(\delta)$ 互相独立切灵敏度系数为 1, 故:

$$u(\delta) = \sqrt{u_1^2(\delta) + u_2^2(\delta)} = 0.00004028 (\text{m})$$

管道内截面积测量引入的相对不确定度 $u_r(S)$:

根据计算公式可得出:

$$u_r(S) = 2u_r(D) = \frac{2u(D)}{D}, \quad u(D) = \sqrt{u^2(L) + 4u^2(\delta)}$$

则:

$$u(D) = \sqrt{u^2(L) + 4u^2(\delta)} = 0.00009300 (\text{m})$$

$$u_r(S) = 2u_r(D) = \frac{2u(D)}{D} = 0.608\%$$

3.5 合成相对标准不确定度的评定

表 2 标准不确定度汇总表

符号	不确定度来源	输入相对不确定度	灵敏系数 c_i	合成不确定度的贡献 $ c_i u_i $
$u_r(Q)$	被检流量计	0.472%	1	0.472%
$u_r(v)$	标准装置	0.289%	-1	0.289%
$u_r(S)$	管道内截面测量	0.608%	-1	0.608%

故合成标准相对不确定度:

$$u_{rc} = \sqrt{u_r^2(Q) + u_r^2(Q_A)} = \sqrt{c_1^2 u_1^2(Q) + c_2^2 u_2^2(v) + c_3^2 u_3^2(S)} = 0.822\%$$

3.6 扩展相对不确定度的评定

取包含因子 $k=2$, 在线校准结果的扩展不确定度为:

$$U_{rel} = 2u_{rc} = 1.6\% (k=2)$$

综上所述, 结合现场实际校准情况进行测量的分析结果, 在线校准结果的扩展不确定度 U_{rel} 略大于 1/3MPE, 在确保现场具备合适宜稳定的环境条件下, 使用高精度超声波流量计在线对浮子流量计进行校准具有较高的实际应用价值。现场环境条件、标准器安装状态、管路分布及介质流动状态等对实际测量结果都具有较明显的影响, 实际测量应尽可能进行调整比较, 以获取较为合适的测量数据。使用在线校准的方法, 不但节约时间、人力及损耗, 在线校准一定程度上更贴近浮子流量计实际使用的状态, 能够更客观测量出实际使用过程中流量计的数据。

参考文献:

- [1] 姜继生. 水流量仪表在线校准方法研讨 [J]. 计量与测试技术, 2012, 39(1): 24-26.

(上接第 248 页) 合程度。实验数据表明: 在保温时间不断增加的前提下, 焦炭的微晶层间距是先减小而后增加。当保温时间处于 2.5h 时, 焦炭层间距最小, 石墨化度最高。

2.4 升温速率的影响

2.4.1 对焦炭质量的影响

原料为干燥的配合煤, 炼焦终温设定为 1150℃, 保温时间设置为 2.5h, 同时设定不同的升温速率, 在这一实验条件下进行炼焦试验。经实验得到了以下结果: 当升温速率持续增加, 焦炭的抗碎强度和反应后强度的状态是先增加而后减小, 耐磨强度和反应性的状态是先减小而后增加。抗碎强度和反应后强度的最大值为 87.7% 和 54.1%, 耐磨强度和反应性的最小值为 9.6% 和 32.4%, 这四项最值都是在升温速率为 2.5℃/min 的情况下产生的。以 2.5℃/min 为区分点, 当升温速率没有达到这一状态时, 煤料的黏结性增加, 焦炭的冷/热强度都会产生优化; 当升温速率高于这一状态时, 焦炭裂纹增加, 冷热强度都会下降。

2.4.2 对焦炭微晶结构的影响

由实验数据显示, (002) 峰整体状态为先增加而后保持基本不变, 这表明了升温速率的增加, 让焦炭的定向程度更好; (100) 峰的整体没有明显的变化, 这表明了升温速率的增加, 不会影响焦炭的缩合程度。实验数据表明: 在升温速率不断增加的前提下, 焦炭的微晶层间距是先减

小而后增加。当升温速率处 2.5℃/min 时, 焦炭层间距最小, 石墨化度最高。

3 结论

经过本次实验, 得出了以下结论: ①焦炭质量的改进, 可以通过优化炼焦加热制度的方式来进行。焦炭的抗碎强度、反应后强度与炼焦的加热制度有着直接的影响, 当加热制度处于增加状态时, 前者的状态时先增加后减小; 与此同时焦炭的耐磨强度和反应性在加热制度增加的状态下, 会呈现出先减小后增加的情况; ②加热制度影响着焦炭的微晶结构, 这一影响也是比较直接的。焦炭的微晶层间距在加热制度增加的状态下, 呈现出降低的态势, 同时石墨化程度和焦炭结构强度是增加的状态; ③ 5kg 焦炉的标准下, 要想达到焦炭质量的最优化, 炼焦终温需为 1150℃、保温时间需为 2.5h、升温速率需为 2.5℃/min。

参考文献:

- [1] 杜庆海, 王超, 王旭, 赵锋, 肖泽坚. 加热速度对焦炭质量影响研究 [J]. 鞍钢技术, 2020(03): 11-15.
- [2] 张雪红, 石隆基, 薛改凤, 魏编. 干燥煤炼焦对循环氨水用量和剩余氨水产生量的影响计算 [J]. 煤化工, 2020, 48(02): 57-59+63.
- [3] 王伟. 炼焦煤干燥预热的研究 [J]. 化工管理, 2020(07): 156-157.