

粉煤冷压成型结焦工艺强度的影响分析

陈升,胡翠,陈雯,马涛,黄文豪

(昆明理工大学 冶金与能源工程学院,云南昆明 650093)

摘要:为解决我国粉煤利用率低造成的污染问题,在实验室条件下采用冷压成型结焦工艺对粉煤进行成型处理,并通过米库姆转鼓机以及扫描电镜(SEM)对成型后型焦和焦炭进行机械强度与微观形貌表征,重点研究了配煤比例、温度、粒度、堆密度等对粉煤冷压成型结焦工艺中焦炭强度的影响。结果表明,最佳试验条件为:贫瘦煤与焦煤质量比6:4,结焦温度800℃,主焦煤粒度0.212~0.18 mm,贫瘦煤粒度<0.25 mm,堆密度1.1 t/m³,此时焦炭抗碎强度 M_{25} 及耐磨强度 M_{10} 分别在85%以上与10%以下。

关键词:冷压成型结焦;机械强度;温度;配煤;堆密度

中图分类号:TQ531.1

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2015)06-0011-04

Influencing factors of coke strength by cold briquetting coke technology of pulverized coal

CHEN Shen, HU Cui, CHEN Wen, MA Tao, HUANG Wenhao

(Faculty of Metallurgical and Energy Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: In order to solve the pollution problem caused by low utilization rate of pulverized coal in China, the cold briquetting coke technology under laboratory conditions was used to handle the coal powder. The mechanical strength and microstructure of the coke were tested and characterized using the drum machine and scanning electron microscopy (SEM). The effects of temperature, coal blending ratio, particle size, density on the technological process were studied. The results showed that under the best experimental conditions, the coal blending ratio between meager-lean coal and coking coal was 6:4, coking temperature was 800℃. In order to control the main coking coal granularity at 0.212 mm to 0.18 mm, the best meager-lean coal particle size was <0.25 mm, the bulk density was 1.1 t/m³, under this condition, the coke strength M_{25} and M_{10} after coking were more than 85% and less than 10% respectively.

Key words: cold briquetting coke technology; mechanical strength; temperature; blending; bulk density

0 引 言

我国是煤炭消费与生产大国,煤的高效利用已成为能源利用的重要课题。2014年我国煤炭产量38.7亿t,消费量35.1亿t。煤炭在我国能源结构中占比最大,煤炭资源生产与消费过程中会产生大量粉煤,污染环境,制约着我国经济与社会发展,如何高效清洁利用煤炭资源已成为目前我国煤炭行业面临的主要问题。

粉煤冷压成型结焦工艺为充分利用燃烧效率低、污染严重的粉煤资源提出了有效途径。粉煤冷压成型结焦工艺能够有效降低燃煤产生的大气污染,同时不需加入额外的黏结剂即可满足型煤强度要求^[1]。一般型煤制备过程是在冷态情况下加入有机或无机黏结剂通过加压成型使其冷态强度达到预期效果。国内关于粉煤成型黏结剂的研究很多。房兆营^[2]利用煤焦油沥青作为黏结剂进行型焦的制备;郑琼香^[3]以焦粉为主要原料、煤沥青为主要

收稿日期:2014-10-22;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.06.003

作者简介:陈升(1990—),男,江西赣州人,硕士,主要从事煤基还原剂的开发与利用工作。E-mail:myemailcash@163.com。通讯作者:胡翠,女,工程师,从事有色冶金与煤化工方面的实验室及工程化研究。E-mail:hucui-km@163.com

引用格式:陈升,胡翠,陈雯,等.粉煤冷压成型结焦工艺强度的影响分析[J].洁净煤技术,2015,21(6):11-14.

CHEN Shen, HU Cui, CHEN Wen, et al. Influencing factors of coke strength by cold briquetting coke technology of pulverized coal[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(6): 11-14.

黏结剂进行高强度型焦的制备;魏涛^[4]在型焦成型方面选择了煤焦油沥青作为黏结剂。这些研究表明在煤焦油或沥青作为黏结剂的条件下可提高型焦的机械强度,由于煤焦油和沥青是煤或石油高温裂解后的产物,因此笔者考虑直接将黏结性主焦煤作为试验原料,在不添加任何黏结剂的条件下进行成型试验,以期提高粉煤利用效率和型煤强度。

1 试验条件

1.1 试验原料

试验原料为贵州省焦煤以及云南省昭通贫瘦煤,原料工业分析见表1。

表1 原料工业分析

原料	$M_{ad}/\%$	$A_d/\%$	$V_{daf}/\%$	$FC_d/\%$	黏结指数
焦煤	0.73	7.07	24.98	69.72	69
贫瘦煤	0.36	5.14	9.20	86.13	—

1.2 试验仪器

5E-MAC IV 红外快速煤质分析仪, MKM-2000 焦炭机械强度测定转鼓机, SYD-40CL 型 40 kg 焦炉, LQ-10002 型电子天平, Y30C-6.3 型单柱万能液压机, 1MZ-100 制样机。

1.3 试验方法

1) 型焦的制备。原料破碎、筛分后分为 0.85 ~ 0.6、0.6 ~ 0.425、0.425 ~ 0.3、0.3 ~ 0.25、0.25 ~ 0.212、0.212 ~ 0.18 mm 和 <0.18 mm 七个粒度;将处理好的煤粉按不同配煤比例及不同粒度进行冷压成型,成型压力为 15 MPa;选用 SYD-40CL 型 40 kg 焦炉,将冷压成型处理好的原料通过高温结焦试验制备型焦。

2) 型焦的机械强度测试。按照 GB/T 2006—2008《焦炭机械强度的测定方法》对型焦进行机械强度(包括抗碎强度 M_{25} 及耐磨强度 M_{10})测试。

2 试验结果与分析

2.1 配煤比例对焦炭机械强度的影响

主焦煤、贫瘦煤按质量比 9 : 1、8 : 2、7 : 3、6 : 4、5 : 5、4 : 6、3 : 7、2 : 8、1 : 9 进行冷压成型结焦,结焦按 5 °C/min 升温速度升至 800 °C, 800 °C 保温 1 h 取出冷却,测定 M_{25} 和 M_{10} ,得出 M_{25}/M_{10} 的值,配煤比例对焦炭强度及 M_{25}/M_{10} 的影响如图 1 所示。

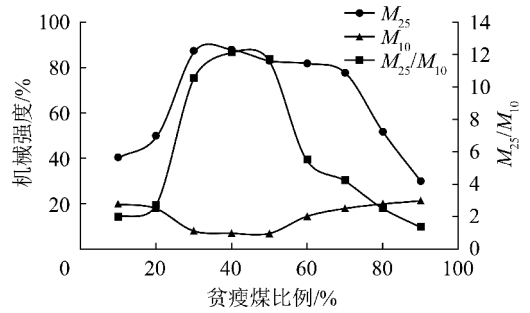


图1 配煤比例对焦炭强度及 M_{25}/M_{10} 的影响

由图1可知,随着贫瘦煤比例的增大,抗碎强度 M_{25} 呈先增大后降低的趋势,耐磨强度 M_{10} 先降低后升高。对于机械强度而言,抗碎强度 M_{25} 越大越好,说明焦炭的破损程度越小, M_{10} 越小越好,说明焦炭的磨损程度越小。贫瘦煤质量分数由 10% 增至 30% 时,焦炭的 M_{25} 与 M_{10} 呈加强趋势。焦煤与贫瘦煤质量比为 7 : 3 时, M_{25} 与 M_{10} 达到最好效果,继续增加贫瘦煤后,抗碎强度与耐磨强度随之降低;贫瘦煤质量分数为 35% ~ 55% 时, M_{25} 与 M_{10} 较大。贫瘦煤比例较低和较高时,焦煤机械强度均较低,主要是由于焦煤在焦化过程中产生大量挥发分气体和黏稠状具有一定流动性的煤焦油液体。挥发分气体从颗粒间缝中逸出,煤焦油等焦化过程中产生的胶质体填满煤粒间隙,将无黏结性的贫瘦煤颗粒黏在一起。焦煤比例过高时,过多的焦煤产生大量黏结性物质使胶质体在挥发分气体作用下产生大量胶质气泡及气孔,导致焦煤密度过低,冷却后机械强度不高。而焦煤比例过低时,产生的胶质体很少,不足以填满煤粒间隙,仍有煤粒未黏在一起,导致成焦后块煤抗碎强度急剧下降,耐磨强度降低^[5]。

焦煤与贫瘦煤质量比为 6 : 4 时, M_{25}/M_{10} 达到最大,说明成焦后焦炭的抗碎强度与耐磨强度都较好,焦煤产生的黏结性物质能够填补煤粒间隙将贫瘦煤黏结在一起,提高焦炭强度。但具体配比还需根据焦煤的黏结指数、煤化程度、胶质层厚度等指标最终确定。

2.2 温度对焦炭机械强度的影响

按焦煤与贫瘦煤质量比 6 : 4 进行配煤,其他条件与 1.1 相同,结焦按 5 °C/min 升温速度分别升至不同温度,保温 1 h,取出冷却。考察温度对焦炭强度的影响,结果如图 2 所示。

煤受热过程中会发生 3 个热解过程,分别为干燥脱气阶段(室温 ~ 300 °C)、活泼热分解阶段

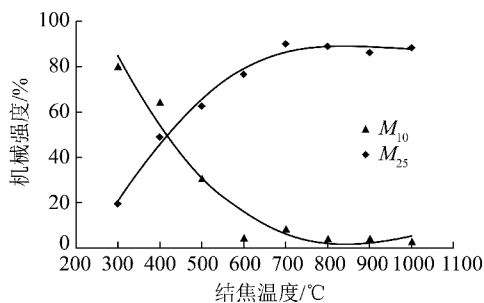


图2 温度对焦炭机械强度的影响

(300 ~ 600 °C)、热缩聚阶段(600 ~ 1000 °C)^[6]。由图2可知,300 ~ 600 °C 活泼热分解阶段,抗碎强度和耐磨强度均迅速增大;750 ~ 1000 °C 热缩聚阶段,强度趋于平稳。这是由于300 °C前主要为煤炭的干燥过程,是物理变化;300 ~ 600 °C属于煤的活泼热分解阶段,300 °C时焦煤开始软化,并析出气体和煤焦油;450 ~ 600 °C煤焦油的析出量达到最大,此时形成的胶质体将充满煤粒间隙,此过程中形成的是半焦。与原煤相比,半焦的芳香层片平均尺寸和密度变化不大;750 ~ 1000 °C时热缩聚反应较为强烈,胶质体中的芳香核等大分子排列规则化,结构致密,焦炭密度增加,体积收缩^[6],为贫瘦煤黏结提供了良好条件;800 °C时强度增加不明显,热缩聚反应基本完成,焦炭强度趋于稳定,但在某些诱发裂纹的物质作用下焦炭会产生裂纹。因此结焦温度确定控制在800 °C。

2.3 粒度对焦炭机械强度的影响

控制主焦煤粒度为0.212 ~ 0.18 mm,改变贫瘦煤粒度,按焦煤与贫瘦煤质量比6 : 4进行配煤试验,试验条件与1.1相同,结焦温度控制在800 °C,炉温按5 °C/min升温速度升至800 °C进行结焦试验,得到粒度对焦炭机械强度的影响如图3所示。用VEGA3 TSCAN型扫描电镜(SEM)对配煤结焦后焦炭的微观结构进行分析,结果如图4所示。

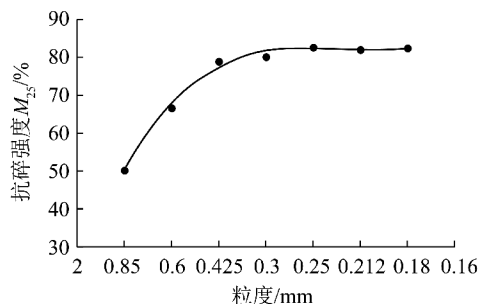


图3 粒度对焦炭机械强度的影响

由图3可知,贫瘦煤粒度为0.85 ~ 0.25 mm

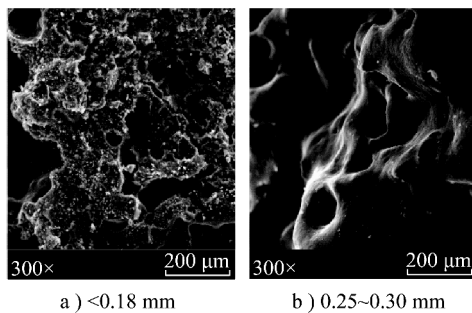


图4 不同粒度配煤微观结构 SEM 分析

时,焦炭强度明显增强,<math>< 0.25\text{ mm}</math>后焦炭强度趋于平稳。贫瘦煤粒度较粗时,煤颗粒间隙不能被焦煤有效填充,并且在冷压成型过程中,由于受压力作用粗颗粒煤可能压碎形成新的表面,而这种区域将不受黏结性焦煤的作用,形成裂纹诱发区,焦炭强度降低^[7]。在一定堆密度条件下,降低贫瘦煤的粒度可使煤粒间充分混合,主焦煤与贫瘦煤之间的接触面积增大,充分发挥主焦煤的黏结作用,同时诱发裂纹物质在细粒度煤粒下分布更加均匀,不会造成应力集中使得某个区域应力过大产生裂纹,导致焦炭强度降低,因此适当降低粒度能有效提高焦炭强度。

由图4a可知,贫瘦煤粒度较小(<math>< 0.18\text{ mm}</math>)时,间隙中填充的主焦煤少,高温下产生的胶质体相对较少,胶质体受黏度影响大流动性差,结焦后成焦的孔隙相对较小,结构更加致密。由图4b可知,贫瘦煤粒度较大(0.25 ~ 0.30 mm)时,煤粒间隙填充大量主焦煤,高温产生的胶质体相对较多,胶质体受黏度影响较小,流动性好,高温下间隙中产生的胶质体在挥发分气体的作用下流动黏结,形成一个较大的光滑胶质体面,并将部分煤颗粒包裹在其中。由于间隙空间大,高温热解过程中,挥发分气体与胶质体作用下产生的孔洞也较大,孔隙比细粒贫瘦煤配煤成焦后焦炭的孔隙更加疏松,所以焦炭的机械强度降低,这与图3相对应。

2.4 堆密度对焦炭机械强度的影响

堆密度是捣固炼焦工艺中最常见的指标。炼焦过程中,煤受热发生热分解反应与热缩聚反应,捣固炼焦能够提高堆密度,缩小煤粒间隙,较少的胶质体数量就能填满煤粒间隙。随着堆密度的提高,煤粒间能够形成较强的结合面^[8],有利于黏结反应与界面反应的发生,而此种效果在低黏结性煤中最为明显。堆密度对焦炭机械强度的影响如图5所示。

由图5可知,随着堆密度的增加, M_{25} 先增大后降低, M_{10} 则是先降低后升高,说明焦炭的抗碎强度

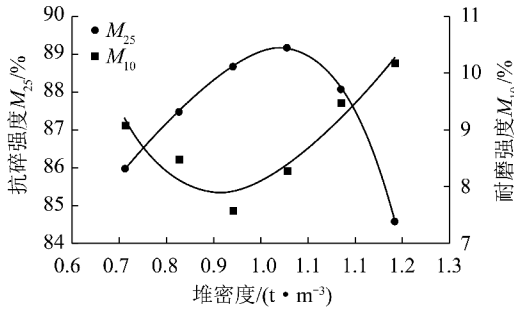


图5 堆密度对焦炭机械强度的影响

与耐磨强度均呈现先增高后降低的趋势。堆密度为0.9~1.1 t/m³时,机械强度达到最大。这是由于随着堆密度的提高煤粒间隙变小,高温产生的胶质体充分填充煤粒间隙,使结焦过程中焦炭内部压力变大,煤粒受压力结合更加紧密,焦炭结构致密,机械强度随之加强。随着堆密度的继续升高(大于1.1 t/m³),机械强度下降,这是由于较高的堆密度减小了焦炭收缩应力的松弛作用^[8],焦炭透气性变差,气体析出困难,使得结焦过程中焦炭内部膨胀压力过大,从而产生裂纹。而高温下产生的气体在压力作用下会沿着裂纹等薄弱区域进行释放,使得裂纹进一步扩展,导致强度降低。但由于不同煤种的黏结性和胶质体性质不同,产生的内应力也不同,导致不同煤种的最佳堆密度不相同,具体还应根据煤的性质及配煤确定。

3 结 论

1) 主焦煤与贫瘦煤质量比为6:4时, M_{25} 与 M_{10} 均达到理想效果,且 M_{25}/M_{10} 达到最大值。主焦煤量不足会引起黏结效果不佳,过多的主焦煤则会导致高温下主焦煤产生的胶质体过多,弱化了贫瘦煤的骨架作用,机械强度反而得不到提高。

2) 最佳结焦温度为800℃,此时主焦煤与贫瘦煤之间的黏结过程基本结束,之后进行的是焦炭的热缩聚过程,焦炭体积缩小,致密度增大,机械强度提高^[9]。

3) 控制焦煤粒度0.212~0.18 mm不变,适当降低贫瘦煤粒度,成焦后焦炭致密度更高,贫瘦煤粒度为0.85~0.25 mm时焦炭强度呈明显上升趋势,随着粒度的减小,贫瘦煤粒度<0.25 mm后,焦炭强度趋于平稳。

4) 适当提高堆密度可有效提高焦炭强度,堆密度为0.9~1.1 t/m³时,焦炭机械强度最大。

参考文献:

- [1] 曾凡,胡永平. 矿物加工颗粒学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2001.
- [2] 房兆营. 神府煤半焦制备型焦的研究[D]. 青岛:山东科技大学,2011.
- [3] 郑琼香. 焦炭粉制备高强度型焦的工艺及机理研究[D]. 长沙:中南大学,2010.
- [4] 魏涛. 电石生产用无烟煤型焦制备工艺研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2010.
- [5] 许晓海. 炼焦化工实用手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.
- [6] 高晋生. 煤的热解、炼焦和煤焦油加工[M]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [7] 谌伦建,阳虹,赵跃民,等. 原料煤级配对型煤强度的影响[J]. 矿业安全与环保,2001,28(1):6-7.
- [8] 史世庄,雷耀辉,曹素梅,等. 堆积密度对捣固炼焦焦炭性能的影响[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版),2011,34(4):285-288.
- [9] 刘建平,赵钦强. 煤的热分解及其影响因素[J]. 大众标准化,2005(8):34-37.

(上接第10页)

- [42] 周俊虎,平传娟,刘建忠,等. 基于遗传算法的动力配煤模型[J]. 煤炭学报,2003,28(5):547-551.
- [43] 欧阳永明,匡亚丽,石常省. 动力配煤数学模型的研究[J]. 江苏煤炭,2004(1):56-57.
- [44] 陈亚飞,陈怀珍,崔凤海. 煤炭行业标准《动力配煤导则》[J]. 煤质技术,2006(5):17-19.
- [45] 张晓莹,黄国和,席北斗,等. 电厂优化的不确定性机会约束非线性规划方法[J]. 中国机电工程学报,2009,29(5):11-15.
- [46] 夏季,华志刚,彭鹏,等. 基于非支配排序遗传算法的无约束多目标优化配煤模型[J]. 中国机电工程学报,2011,31(2):85-90.
- [47] 董虎胜,陆萍,钟宝江. 基于协同量子粒子群的自动配煤系统研究[J]. 制造业自动化,2014,36(1):74-77.
- [48] 高莉,于洪珍,王艳芬. 基于多传感器信息融合的选煤厂配煤调度[J]. 中国矿业大学学报,2004,33(1):99-102.
- [49] 李学武. 石壕洗煤厂配煤技术研究[J]. 煤炭工程,2014,46(3):100-102.
- [50] 刘定平,叶向荣,邓华裕. 基于LSSVM-MODE的水煤浆生产优化控制[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),2009,37(2):158-162.
- [51] 刘定平,叶向荣,邓华裕. 基于LSSVM-MODE水煤浆优化配煤研究[J]. 选煤技术,2008(3):16-20.
- [52] 孙漾,张凌波,顾幸生. Texaco水煤浆气化装置配煤模型及其优化[J]. 化工学报,2010,61(8):1965-1969.
- [53] 张东峰,阎媛. 浅析生产动力煤矿井的配煤意义与前景[J]. 山西煤炭,1999,19(1):11-13.