

炼焦中煤再选技术试验研究

张磊¹, 刘文礼¹, 马克富¹, 张津铭¹, 彭峰¹, 刘国强², 李东红²

(1. 中国矿业大学(北京) 化学与环境工程学院, 北京 100083; 2. 冀中能源峰峰集团有限公司 马头选煤厂, 河北 邯郸 050300)

摘要: 为解决我国炼焦用煤短缺问题, 扩大炼焦煤资源, 以马头选煤厂重介选中煤(粒级 50~0 mm, 灰分 36.63%)为研究对象, 对其进行了破碎, 大锥角旋流器分选以及分步释放试验。采用 Leica DM4500P 反射显微镜, 对中煤与不同密度级产品进行显微组分分析。结果表明: 对于嵌布粒度细的马头中煤, 采用大锥角旋流器难以得到有效分选; 采用分步释放试验可以得到灰分为 13.40%, 产率为 12.85% 的精煤。

关键词: 炼焦中煤; 解离; 分选; 大锥角旋流器; 显微组分分析

中图分类号: TD94

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2011)03-0125-04

Experiment Study on Repreparation Technology of Coking Middlings

ZHANG Lei¹, LIU Wen-li¹, MA Ke-fu¹, ZHANG Jin-ming¹, PENG Feng¹, LIU Guo-qiang², LI Dong-hong²

(1. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China;

2. Matou Coal Preparation Plant, Jizhong Energy Fengfeng Group Corporation Ltd., Handan 050300, China)

Abstract: In order to solve the shortage problem of coking coal in China and to expand the coking coal resources, taking the heavy medium prepared middlings (with a particle size of 50~0 mm and ash content of 36.63%) from Matou Coal Preparation Plant as the study object, the experiments on the crushing, high cone angle cyclone separation and step by step releasing were conducted. The Leica DM4500P reflection microscope was applied to the micro component analysis on the middlings and the different density products. The results showed that the fine particle middlings from Matou Coal Preparation Plant could be effectively separated with the high cone angle cyclone. With the step by step releasing experiment, the ash content would be 13.4% and the production rate of the cleaned coal would be 12.85%.

Key words: coking middlings; dissociation; separation; high cone angle cyclone; micro component analysis

煤炭是我国的主要能源, 尽管我国有着丰富的煤炭资源, 但是其数量和地域分布却极不均匀。从煤种分布上看, 其比例也相差很大, 在已发现的资源中, 动力煤约占 72.54%, 用于炼焦的中等变质程度的烟煤, 即传统上称之为“炼焦用煤”, 其数量较少, 约占 27.46%, 而且大多数为气煤, 占烟煤的 46.9%, 肥煤、焦煤、瘦煤则较少, 分别占烟煤的 13.6%、24.3% 和 15.1%^[1]。为大力发展煤炭的洁净利用产业, 最大效益地合理利用煤炭资源, 结合我国煤炭资源的自身情况, 从炼焦中煤中选出质量合格的精煤, 是一条解决我国炼焦用煤资源短缺的有效途径。荆树春等^[2]以鸡西城山煤矿选煤厂主选中煤为例, 对其进一步破碎到 3 mm 以下, 采用螺旋分选机进行回收, 可得产率为 50.89%, 灰分 10.67% 的精煤, 经济效益显著。吕玉庭等^[3]对峻德选煤厂的工艺流程进行改造, 增设中煤再选系统, 实践表明精煤产率增加了

6.76%, 效益显著增加。何茂林^[4]对新桥选煤厂灵活调整处理工艺, 增设中煤再选环节, 有效控制中煤损失, 增加了选煤厂的经济效益。目前大多数选煤厂主要将炼焦中煤作动力煤使用, 这样不仅降低企业的经济效益, 而且造成炼焦煤资源的浪费。通过破碎、解离、再选后, 可以增加炼焦精煤产率, 提高炼焦煤资源利用率。笔者以马头选煤厂的重介选中煤为研究对象, 通过破碎、筛分、浮沉、分选等试验, 探讨中煤再选的有效途径。同时, 对该煤样进行煤岩显微组分分析, 以其为炼焦中煤再选指明方向。

1 中煤再选可行性分析

1.1 煤质分析

试验所用煤样取自马头选煤厂重介选中煤。通过对煤样进行筛分、浮沉试验, 得到中煤煤质资料, 结果见表 1 和表 2。

由表 1 和表 2 可知: ①煤样各粒级分布较均匀。随着煤样粒度由大到小 (50 ~ 3 mm), 其灰分变化不明显, 各粒级煤样浮沉试验结果类似; ②煤样密度在 1.40 ~ 1.80 g/cm³ 时, 其含量很大, 高达 80% 以上, 灰分 32% 左右, 灰分偏低, 该部分煤样对提高精煤产率有重要影响, 是后续工作的重点处理对象。

表 1 中煤筛分试验结果

粒级/mm	产率/%	灰分/%
50 ~ 25	22.46	37.92
25 ~ 13	19.89	37.51
13 ~ 6	24.46	35.60
6 ~ 3	15.45	34.93
3 ~ 0.5	16.80	36.89
- 0.5	0.94	37.06
总计	100	36.63

表 2 中煤浮沉试验结果

密度级/ (g · cm ⁻³)	25 ~ 13 mm		13 ~ 6 mm		6 ~ 3 mm		3 ~ 0.5 mm	
	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
- 1.3	0	0	0	0	0	0	0.77	7.72
1.3 ~ 1.4	0.34	14.14	2.07	13.66	2.93	13.59	3.42	11.34
1.4 ~ 1.5	17.65	21.63	22.54	21.16	22.49	20.55	14.17	21.45
1.5 ~ 1.6	25.47	29.16	36.43	28.97	22.72	29.39	27.31	30.97
1.6 ~ 1.8	37.80	41.81	27.15	43.04	37.11	41.79	35.09	44.05
+ 1.8	18.73	54.11	11.81	55.07	14.76	54.78	19.24	57.93
总计	100	37.23	100	33.80	100	35.29	100	38.55

1.2 解离试验

煤中矿物质和有机质的充分解离是实现煤炭分选的前提, 解离是否充分直接影响着分选效果。为确定煤样的解离程度, 找出合适的破碎粒度, 笔者将煤样按 25、13、6、3 mm 进行分级, 将各煤样

分别通过破碎机进行破碎, 在可能情况下, 破碎粒度依次为 13、6、3 mm, 并对破碎产品进行浮沉试验, 确定解离程度。通过对破碎后产品浮沉试验结果的分析, 发现各粒级解离情况相似。现以 25 ~ 13 mm 破碎解离情况为例进行说明, 结果见表 3。

表 3 25 ~ 13 mm 中煤破碎产品浮沉试验结果

密度级/ (g · cm ⁻³)	13 ~ 0.5 mm		6 ~ 0.5 mm		3 ~ 0.5 mm	
	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
- 1.3	0.75	9.40	0.87	8.64	0.90	8.57
1.3 ~ 1.4	3.19	12.73	5.24	14.49	6.12	15.33
1.4 ~ 1.5	16.49	20.25	15.87	21.00	14.92	23.32
1.5 ~ 1.6	21.91	28.87	16.85	29.67	17.87	32.19
1.6 ~ 1.8	37.10	42.17	38.66	43.65	38.07	47.64
+ 1.8	20.56	56.88	22.51	57.69	22.12	58.66
总计	100	37.48	100	39.03	100	41.36

从表 3 可以看出: ①随着破碎粒度的减小, 产生的低密度物料含量有所增加, 中间密度物料含量有所减少, 而 + 1.8 g/cm³ 密度级含量有所增加, 这说明经过破碎, 煤样实现了部分解离。②中煤破碎至 3 mm 以下时, 煤样小于 1.5 g/cm³ 的产率占浮物累计产率的 21.94%, 累积灰分为 20.48%; + 1.8 g/cm³ 的产率为 22.12%, 灰分为 58.66%,

可以得出, 将该中煤煤样破碎至 3 mm 以下, 可以回收部分合格的精煤和排出部分高灰矸石。

从解离试验的结果可看出, 对于该煤样, 破碎解离程度较小, 难以达到理想的解离; 同时由于各个粒级解离情况相似, 再根据表 1 中各个粒级灰分接近, 故可认为该煤样中有机质与矸石嵌布粒度很细, 破碎到常规粒度 3 mm 以下, 难以实现较好的

解离。

2 分选试验

2.1 大锥角旋流器分选试验

当将煤样破碎至 3 mm 以下时, 可采用重力分选方法处理, 目前常用的分选方法主要有煤泥重介质旋流器、螺旋分选机、TBS 干扰床以及 RC 逆流分选机等^[5-6]。董连平等^[7]利用 $\phi 350$ mm 旋流器用于跳汰中煤再选, 分选系统运行稳定, 分选效果良好, 经济效益显著。本试验采用大锥角自生介质旋流器^[8], 该旋流器具有分选筒体长, 锥体角度大的特点, 属于有压入料旋流器。

试验所用的旋流器, 其结构参数是可以调节的。笔者在旋流器锥角为 100° , 入料粒度为 3 ~ 0 mm, 入料浓度、压力一定时, 改变溢流、底流管直径和插入深度进行试验, 入料、溢流和底流分别筛除小于 0.5 mm 的物料, 试验结果见表 4。

表 4 大锥角旋流器试验结果

试验 次数	入料		溢流		底流	
	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
第 1 次	100	42.88	4.22	23.55	95.78	43.73
第 2 次	100	41.17	74.75	37.99	25.25	50.60
第 3 次	100	42.24	49.00	35.70	51.00	48.53

由表 4 可知, 用大锥角自生介质旋流器处理马头选煤厂重介选中煤, 由于破碎粒度较粗, 解离不够, 故难以得到所要求的质量合格的精煤; 同时, 大锥角旋流器分选结果与浮沉结果相差很大, 可能是由于煤样易碎, 在旋流器分选过程中, 受剪切破碎作用, 入选中煤的性质发生较大改变。或者是由于小于 1.4 g/cm^3 的物料很少, 而试验是在半工业性条件下进行, 当操作条件变化很小时, 结果也可能产生很大的波动。

2.2 分步释放浮选试验

由于采用大锥角旋流器不能得到质量合格的精煤, 故将中煤进一步磨碎解离, 采用基于表面性质差异的浮选方法来处理。取中煤磨碎至 0.5 mm 以下, 进行分步释放浮选试验, 其中入料质量浓度 100 g/L , 单位面积充气量 $0.2\text{ m}^3/\text{min}$, 捕收剂为柴油, 起泡剂为仲辛醇。试验结果见表 5。

表 5 中煤分步释放浮选试验结果

产品	产率/%	灰分/%	浮物累计	
			产率/%	灰分/%
1 号	12.85	13.40	12.85	13.40
2 号	1.19	23.15	14.04	14.23
3 号	1.79	25.13	15.83	15.46
4 号	3.26	28.21	19.09	17.64
5 号	8.52	34.36	27.60	22.80
6 号	72.40	43.21	100	37.57
总计	100	37.57	—	—

从表 5 可以看出: 通过分步释放试验, 可得到灰分为 22.80%, 产率达 27.60% 的精煤, 与大锥角旋流器分选试验相比, 在相同灰分下, 产率提高 23%; 同时还可以得到灰分 13.40%, 产率 12.85% 的精煤, 说明将煤样破碎至 0.5 mm 以下可以实现更大程度的解离, 可以得到质量合格的精煤。尾煤灰分为 43.21%, 相对常规尾煤灰分较低, 说明仍有部分有机质和矿物质没有解离, 可以通过将该煤样磨至微米级, 再通过絮团-浮选处理做进一步处理^[9]。

3 显微组分分析

中煤是煤炭分选加工过程中的副产品, 其煤岩组成及特征不同于原煤, 曾凡桂等^[10]对中煤进行煤岩分析, 表明中煤的显微组成中, 镜质组及壳质组含量比原煤少, 惰质组比原煤多, 矿物质则大幅度上升, 矿物质主要为黄铁矿及黏土矿物, 其他矿物含量极少, 矿物质以细粒分散分布为主, 不同密度级产品的煤岩特征有极大的差别。

以马头选煤厂有代表性的中煤煤样和各密度级煤样 ($1.3\sim 1.4$ 、 $1.4\sim 1.5$ 、 $1.5\sim 1.6$ 、 $1.6\sim 1.8$ 和 $+1.8\text{ g/cm}^3$) 为研究对象, 采用 Leica DM4500P 反射显微镜进行分析, 放大倍数为 200 倍, 结果如图 1 所示。

由图 1 可以看出: ①中煤中矿物质有黏土、石英、方解石和黄铁矿等, 其中黏土分布在胞腔、基质镜质组中, 大部分呈浸染状, 有的连续分布, 实现完全解离所需解离粒度不同; 石英分布在胞腔和基质镜质组中, 以一定粒度存在, 实现解离较容易; 黄铁矿、方解石分布情况和与石英类似, 较易解离。②随着密度的增加, 解离的有机质含量逐渐减少, 黏土含量逐渐增加; 密度小于 1.5 g/cm^3 的

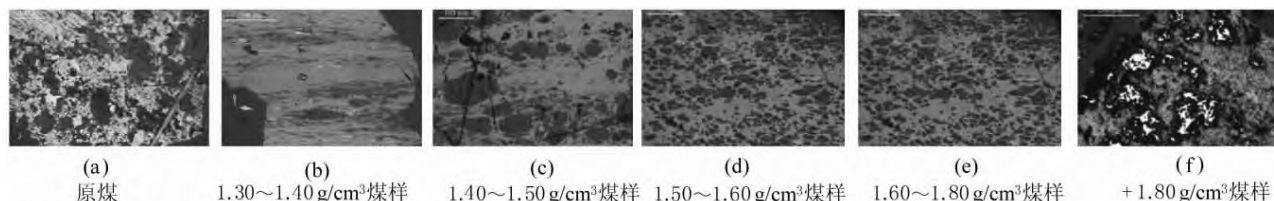


图 1 煤样的反射显微镜照片

煤样中, 石英和黄铁矿含量较少; 在密度大于 1.5 g/cm^3 煤样中, 石英和黄铁矿量随着密度的增加而增加。

为了解中煤和各密度级煤样中矿物质分布规律和确定解离粒度, 对利用反射显微镜 Leica DM4500P 得到的照片, 通过图像处理软件 Photoshop 处理, 并进行定量统计, 结果如下所述。

1) 黏土矿物。煤样中不存在大于 1 mm 的黏土, 说明破碎至 1 mm 不能实现有效解离; 当破碎至 0.3 mm , 有较大块的黏土解离, 破碎至 0.1 mm , 一些较小块的黏土也解离, 此时解离程度达到 80% 左右, 要使解离继续增加, 则要将煤样深度磨碎至更细, 0.05 mm 或者 0.01 mm 。

2) 石英。解离粒度为 $0.014 \sim 0.025 \text{ mm}$, 将煤样磨碎至 0.01 mm 时, 几乎可使石英完全解离, 当破碎至 0.02 mm 时, 解离度接近 90% 。

3) 黄铁矿。存在极个别的大颗粒, 粒径达到 0.2 mm ; 当破碎至 0.03 mm , 解离度达到 30% , 破碎到 0.02 mm , 解离度可以达到 65% , 破碎至 0.01 mm 可以实现完全解离。

以上分析统计结果表明, 将煤样破碎至 3 mm , 很难实现有机质和矿物质的解离, 也就难以得到质量合格的精煤; 当磨碎至 0.5 mm 以下, 解离虽没有达到理想状态, 但结果已比较理想, 该结果不仅与大锥角旋流器分选、分步释放试验结果一致, 而且与曾凡桂等^[10] 研究结果相符。

4 结 论

1) 将马头重介选中煤破碎至 3 mm 难以实现较好的解离, 说明其嵌布粒度很细, 欲实现较大程度的解离, 需要进一步的磨碎。

2) 大锥角旋流器分选和分步释放试验结果表明, 大锥角旋流器分选仅可得到产率为 4.22% , 灰分 23.55% 的精煤; 而通过分步释放试验不仅可得到灰分为 22.80% , 产率 27.60% 的精煤, 而且

可以得到灰分为 13.40% , 产率为 12.85% 的精煤。

3) 对中煤和各密度级产品的显微组分分析表明, 将煤样磨碎更细, 可以实现更大程度的解离, 可以得到质量合格的精煤, 与分选试验结果相符。

4) 该研究结果对嵌布粒度较粗的中煤或者由分选效果不佳造成的精煤损失的中煤提供了研究方向; 对于嵌布粒度很细的中煤, 需将煤样破碎至微米级。进一步的研究工作将集中于微细粒的高效絮团-浮选分选技术。

参考文献:

- [1] 陈 鹏. 煤炭性质、分类和利用 [M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2009: 39.
- [2] 荆树春, 赵 昕. 城山煤矿选煤厂中煤再选的研究与探讨 [J]. 中国新技术新产品, 2009 (5): 115.
- [3] 吕玉庭, 王井泉, 孟令文. 峻德选煤厂增设中煤再选系统浅析 [J]. 选煤技术, 2003 (4): 29-30.
- [4] 何茂林. 新桥选煤厂中煤处理工艺改造 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2009 (1): 22-23.
- [5] 谢国龙, 愈和胜, 杨 颀. 粗煤泥分选设备及其应用分析 [J]. 煤矿机械, 2008, 29 (3): 117-119.
- [6] 聂倩倩, 沈丽娟, 陈建中, 等. 粗煤泥分选设备及工艺探讨 [J]. 选煤技术, 2007 (5): 56-59.
- [7] 董连平, 樊民强. 大锥角水介质旋流器的应用研究 [J]. 煤炭科学技术, 2004, 32 (11): 40-43.
- [8] 樊民强, 董连平, 韩小恒, 等. 新型水介质旋流器分选粗煤泥的试验研究与工业应用 [J]. 选煤技术, 2007 (4): 25-29.
- [9] 付晓恒, 朱书全, 杨巧文. 煤炭的深度物理加工与超净煤的制备 [J]. 选煤技术, 2006 (5): 46-54.
- [10] 曾凡桂, 王祖谏. 中煤的煤岩学特征 [J]. 燃料化学学报, 1998, 26 (2): 165-169.

作者简介: 张 磊 (1986—), 男, 安徽亳州人, 硕士研究生, 主要从事矿物加工理论、工艺和设备的研究。Tel: 15201313578, E-mail: zhlstone7375758@126.com

收稿日期: 2010-10-12; 责任编辑: 代艳玲