

炼焦中煤磨矿浮选试验研究

朱张磊¹, 李志红¹, 高建川¹, 张成安¹, 樊民强^{1,2}

(1. 太原理工大学矿业工程学院, 山西 太原, 030024;

2. 太原理工大学煤科学与技术省部共建国家重点实验室培育基地, 山西 太原, 030024)

摘要:以屯兰矿选煤厂-3 mm 粒级重介质分选中煤为试验煤样, 采用 MiniFlex600 X 射线粉末衍射仪和 OLYMPUS BX51 显微镜研究了煤样的矿物组成与嵌布特征, 并对磨矿后的产品进行了浮选试验。结果表明: -0.074 mm 粒级含量为 67.32% 时, 在捕收剂用量 200 g/t 和起泡剂用量 50 g/t 的条件下, 通过一粗一精浮选可回收产率为 34.75%, 灰分为 11.64% 的合格精煤。

关键词:炼焦中煤; 矿物嵌布特征; 磨矿; 浮选

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.04.016

中图分类号: TD94 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2016)04-0070-04

我国炼焦煤资源相对短缺, 优质肥煤和焦煤占已查明煤炭资源总储量的比例不足 6% 和 3%^[1]。由于灰分较高, 炼焦煤分选后产生的中煤被直接用作燃料, 造成资源的极大浪费。因而, 通过中煤再选提高炼焦煤资源的利用效率势在必行。

中煤所含矿物质以细粒分散状与有机组分紧密共生^[2], 分选较难。目前, 炼焦中煤回收主要有两种: 一是在尽可能提高分选设备精度的前提下, 中煤直接分选; 二是将中煤破磨, 使其解离后再进行分选。后者已成为处理炼焦中煤的主要趋势^[3]。磨矿粒度越细, 精煤产率越高, 解离的煤岩组分越多^[4-5]。宁石茂等^[6]将屯兰选煤厂重介质分选中煤分别破碎至五个粒级, 根据破碎能耗和实际分选工艺, 确定中煤的最佳破碎粒度为 -3 mm, 并采用 $\Phi 350$ mm 重介旋流器分选可以获得产率为 27.78%、灰分为 10.50% 的精煤。程鹏等^[7]先将中煤选择性破碎至 -3 mm, 用密度 1.8 g/cm^3 重液分离出矸石, 将 - 1.8 g/cm^3 煤样磨碎至 -0.010 mm 粒级含量约 90% 时, 采用选择性絮凝浮选, 获得了灰分 11.96%, 产率 48.43% 的精煤。深度磨矿不仅会消耗巨大电能, 而且还会给后续脱水工艺带来很大不便。陈建

中等^[8]提出了炼焦精煤应选择合适的解离粒度和分选工艺以提高精煤的回收率和获取最大经济效益的建议。胡秀明等^[9]通过比较中煤再选的不同方法, 认为“粗碎-磨矿-浮选”工艺处理炼焦中煤较为适宜。本文拟在煤样性质研究的基础上, 通过磨矿-浮选试验探索磨矿细度与浮选之间的最佳平衡点, 以期实现炼焦中煤有效合理的回收利用。

1 煤样性质

1.1 粒度组成

试验煤样取自屯兰选煤厂重介质分选中煤脱介筛上, 粒级 -3 mm, 试验煤样的粒度分布见图 1。

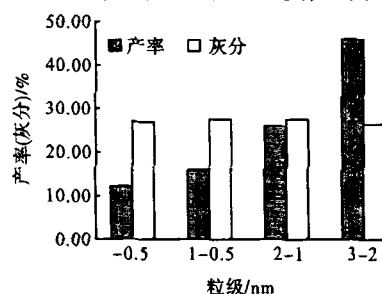


图1 煤样筛分试验结果

Fig. 1 The screening test results of coal sample

收稿日期: 2016-04-05; 改回日期: 2016-05-15

基金项目: 煤科学与技术省部共建国家重点实验室培养基地开放基金资助项目 (MKX201402)

作者简介: 朱张磊 (1991-), 男, 在读硕士研究生。

通信作者: 李志红, 女, 副教授, E-mail: lizhihong9123@163.com。

由图1可以看出,随物料粒度的减小,各粒级产率逐渐降低。其中, $-3+2$ mm 粒级为主导粒级,占煤样总量的 45.95%; -0.5 mm 粒级产率约为 12.14%。各粒级灰分随粒度变化不明显,说明煤质比较均匀,试样平均灰分为 26.94%,具有回收的必要性。

1.2 可选性分析

试验煤样的可选性分析结果见表1。

表1 煤样浮沉试验结果

Table.1 The float-sink test results of coal sample

密度级/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	产率/%	灰分/%	累积产率/%	累积灰分/%
-1.40	11.19	8.15	11.19	8.15
+1.40-1.50	25.82	16.99	37.01	14.32
+1.50-1.80	55.97	32.06	92.98	25.00
+1.80	7.02	57.23	100.00	27.26
小计	100.00	27.26		

由表1可知, -1.40 g/cm^3 为产率为 11.19%, 灰分 8.15%, 是分选过程中中煤夹带的精煤, 反映选煤厂重介旋流器的分选精度。 $+1.40-1.80 \text{ g/cm}^3$ 密度级累积产率高达 81.79%, 平均灰分仅 27.30%, 说明煤样中矿物质与有机组分连生存在。当精煤灰分为 12.00% 时, 理论分选密度为 1.456 g/cm^3 , 精煤理论产率仅为 26.68%, 为极难选煤。

1.3 黏结指数(G)

黏结性指标是影响焦炭强度的重要因素, 常被作为评判炼焦煤质量的一个重要指标, 合格炼焦煤的 G 值在 65~85 之间^[10]。试验煤样黏结指数仅为 18.00, 远低于炼焦煤黏结性指标的要求。

1.4 煤岩特征

采用 MiniFlex600 X-ray 粉末衍射仪分析煤样的物相组成。扫描范围 $5^\circ \sim 85^\circ$; 扫描速度 $8^\circ/\text{min}$; 最小步长 0.02° 。试验煤样的 XRD 测试结果表明, 中煤试样的矿物组分包括高岭石、黄铁矿、石英、伊利石和方解石等^[11]。其中, 高岭土类黏土矿物亲水性较强, 浮选中易泥化, 污染精煤^[12]。充分考虑到节能及后续过滤脱水等工艺, 应选择适宜的解离程度, 尽量减少过粉碎^[13]。

为进一步了解煤样中的矿物质嵌布特征, 采用 OLYMPUS BX51 显微镜对矿物的赋存状态进行分析: 光源为 12 V100 W, 放大倍数为 10×20 。试验煤

样的煤岩显微结构分析表明, 样品中黏土类矿物主要分布在细胞腔和基质中, 大部分呈浸染状^[14], 粒度约为 $4 \mu\text{m}$ 左右, 小部分呈连续分布, 粒度超过 $20 \mu\text{m}$ 。矿物破磨过程中, 在实现磨矿细度的前提下, 有用矿物获得较高的单体解离度即可。

2 试验结果与讨论

2.1 磨矿试验

对 -3 mm 粒级煤样进行不同时间的磨矿试验, 磨矿浓度为 50%, 试验结果见图2。

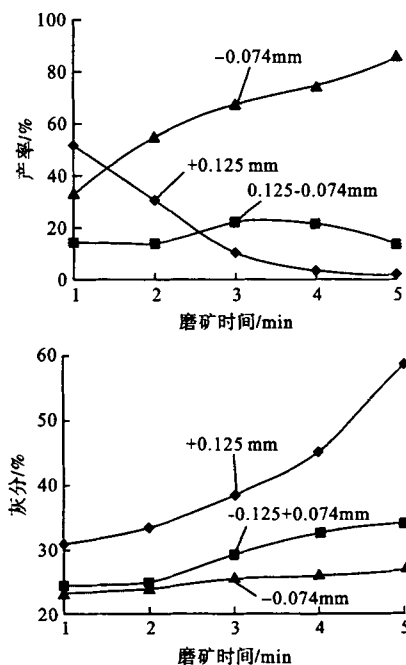


图2 不同磨矿时间下各粒级产率和灰分的变化曲线

Fig.2 The curves of production rate and ash content of each fraction under different grinding time

由图2可以看出, 随磨矿时间的延长, $+0.125$ mm 粒级含量快速降低, 磨矿 5 min 时, 其产率降至 1.53%; $-0.125+0.074$ mm 粒级含量呈先增加后降低趋势, 磨矿 3~4 min 时, 该粒级含量达到最高; -0.074 mm 粒级含量迅速增加, 磨矿 5 min 时, 该粒级含量达到 80% 以上。

随磨矿时间的延长, $+0.125$ mm 粒级平均灰分呈快速增长趋势, 其灰分增加与选择性破碎有关, 难碎的高灰组分留在该粒级中, 易碎组分优先解离进入细粒级^[15]。 $-0.125+0.074$ mm 和 -0.074 mm 粒

级的平均灰分亦随磨矿时间增加而逐渐提高,表明进入该粒级的矿物质含量增加。

通常, $-0.125+0.074$ mm 粒级具有较好的可浮性和较快的浮选速度。磨矿细度为 67.32% ~ 74.09% -0.074 mm 时, $-0.125+0.074$ mm 粒级含量最高。

2.2 浮选试验

浮选机采用 XFD-1.5L 型充气单槽浮选机,槽体容积 1.5 L, 主轴转速 1750 r/min, 刮板转速为 30 r/min, 充气量 $0.16\text{ m}^3/\text{h}$ 。浮选矿浆浓度 50 g/L, 试验所用煤捕收剂煤油、起泡剂仲辛醇, 均为分析纯。浮选工艺流程见图 3。

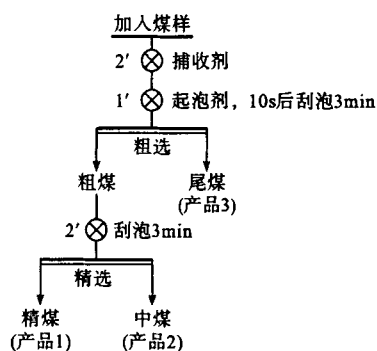


图3 浮选工艺流程

Fig.3 The flotation process

2.2.1 粗选试验

对不同磨矿时间下的磨矿产品进行一次浮选(粗选)试验, 煤油用量为 100 g/t, 仲辛醇用量为 50 g/t, 试验结果见表 2。

由表 2 可知, 随着磨矿时间的延长, 精煤产率呈先升高后降低趋势, 而精煤灰分则一直降低, 最低灰分为 16.28%。通过一次粗选很难得到灰分合格的精煤, 有必要对粗选精矿进行精选试验。

表2 粗选试验结果

Table 2 The results of roughing flotation test

磨矿时间/min	精煤产率/%	精煤灰分/%
1	46.44	17.24
2	50.26	17.06
3	43.17	16.69
4	34.25	16.43
5	32.77	16.28

2.2.2 “一粗一精”浮选试验

粗选过程药剂用量为煤油 100 g/t, 200 g/t 和

300 g/t, 仲辛醇 50 g/t; 精选过程不加药。不同磨矿时间下的“一粗一精”浮选试验结果见图 4, 由图 4 可知, 当磨矿时间超过 3 min 时, 虽然精煤灰分有所降低, 但其精煤产率快速降低。结合磨矿试验和浮选试验结果, 磨矿时间 3 min 最佳。

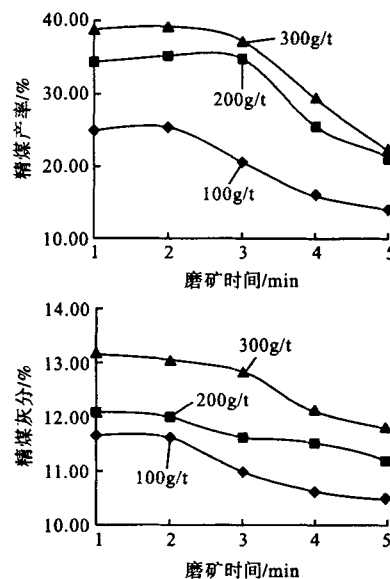


图4 “一粗一精”浮选试验结果

Fig.4 The results of one roughing and one cleaning flotation test

为获得更高产率的合格精煤, 保持起泡剂用量为 50 g/t, 对磨矿 3 min 时的磨矿产品进行捕收剂用量优化试验, 浮选试验结果见表 3。

由表 3 可以看出: 捕收剂用量为 150 g/t 和 200 g/t 时, 均可得到灰分小于 12.00% 的合格质量精煤, 但捕收剂用量为 250 g/t 时, 精煤灰分超标。在仲辛醇用量为 50 g/t, 煤油用量为 200 g/t 条件下, 通过“一粗一精”浮选, 可以得到产率为 34.75%, 灰分 11.64% 的合格质量精煤。

表3 捕收剂用量优化试验结果

Table3 The optimization test results of dosage of collector

产品	150/(g·t ⁻¹)		200/(g·t ⁻¹)		250/(g·t ⁻¹)	
	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%	产率/%	灰分/%
1	22.48	11.09	34.75	11.64	36.00	12.80
2	18.56	18.66	17.07	22.43	19.49	22.77
3	58.96	36.23	48.18	40.75	44.51	41.56
总计	100.00	27.32	100.00	27.51	100.00	27.54

2.3 磨矿 3min 后磨矿产品的浮沉试验

磨矿 3 min 时浮沉试验结果见表 4。

表4 磨矿3 min时磨矿产品的浮沉试验结果

Table 4 The float-and-sink test results of grinding product under grinding 3 min

密度级/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	产率/%	灰分/%	累积产率 /%	累积灰分 /%
-1.30	5.21	3.92	5.21	3.92
+1.30-1.40	14.75	8.21	19.96	7.09
+1.40-1.50	26.30	15.73	46.26	12.00
+1.50-1.60	15.37	24.14	61.63	15.03
+1.60-1.70	23.54	33.08	85.17	20.02
+1.70-1.80	1.66	51.11	86.83	20.61
+1.80	13.17	68.97	100.00	26.98
总计	100.00	26.98		

2.4 浮选精煤粘结性测定

对粗选精煤(灰分为16.70%)和一粗一精浮选精煤(灰分为11.64%)进行了粘结性指数的测定,测定结果为粗选精煤的粘结指数为46.00,一粗一精浮选精煤粘结指数为72.00,满足炼焦要求。

3 结 论

(1)煤样中有机组分和矿物质密切连生,表明中煤需要再选,但选前需要碎磨;

(2)中煤中的矿物组分主要为高岭石、黄铁矿、石英和方解石等。黏土类矿物呈分散状,粒度为3~40 μm 不等,适度解离即可;

(3)-0.074 mm 67.32%左右时,在起泡剂用量为50 g/t的前提下,捕收剂用量分别为150 g/t和200 g/t时,通过一粗一精浮选可回收产率22.48%,灰分11.09%的较低灰分精煤和产率34.75%,灰分11.64%的合格精煤。

参考文献:

[1]赵林盛,彭垠,邢春芳,等.优质稀缺炼焦中煤再选技术

的试验研究[J].中国煤炭,2013,39(9):77-81.

- [2]曾凡桂,王祖訥.中煤的煤岩学特征[J].燃料化学学报,1998,26(2):165-169.
- [3]范宏欢,曹育洵,李霞.炼焦中煤再选工艺现状及实践效果[J].内蒙古煤炭经济,2013(6):71-72.
- [3]龚豪,王永田,刘永华.西曲选煤厂中煤破碎再选试验研究[J].中国煤炭,2013,39(3):76-79.
- [4]张磊,刘文礼,马克富,等.炼焦中煤再选技术试验研究[J].煤炭科学技术,2011,39(3):125-128.
- [5]刘永华,李彦君,李启东,等.炼焦煤中煤磨矿解离再选试验研究[J].煤炭加工与综合利用,2015(5):13-16.
- [6]宁石茂.中煤再选工艺在屯兰选煤厂的应用研究[J].选煤技术,2014(3):29-31.
- [7]程鹏,段旭琴,熊建辉,等.新柳选煤厂主焦中煤再选提质技术研究[J].选煤技术,2014(02):14-22.
- [8]沈丽娟,陈少辉,陈建中.炼焦中煤再选试验研究[J].煤炭技术,2015,34(05):298-300.
- [9]Hu Xiuming, Ren Ruichen, Li Caixia. Study of feasibility and technology of recleaning middlings of coking coal[J]. Advanced Materials Research. 2012,361-363:301-304.
- [10]程启国.炼焦最佳配合煤质量指标的确定[J].煤炭加工与综合利用,2000(06):9-11.
- [11]朱向楠,何亚群,谢卫宁,等.炼焦中煤矿物学特性及再选试验研究[J].煤炭科学技术,2013,41(2):125-128.
- [12]屈进州,陶秀祥,唐龙飞,等.神东低阶煤浮选前后表面性质的表征研究[J].中国煤炭,2014,40(8):88-92.
- [13]侯彤,陶秀祥,吕泽鹏,等.煤泥浮选中矿物赋存状态分析[J].煤炭科学技术,2009,37(1):114-116.
- [14]陈萍,姜冬冬.淮南煤中矿物特征与成因分析[J].安徽理工大学学报:自然科学版,2012,32(3):1-6.
- [15]Tao Xiu-xiang, Cao Yi-jun, Liu Jing, et al. Studies on characteristics and flotation of a hard-to-float high-ash fine coal[J]. Procedia Earth and Planetary Science, 2009(1)799 - 806.

Experimental Study on the Coarse-grinding and Flotation of the Coking Middlings

Zhu Zhanglei¹, Li Zhihong¹, Gao Jianchuan¹, Zhang Chengan¹, Fan Minqiang^{1,2}

(1. College of Mining Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi, China;

2. State Key Laboratory Breeding Base of Coal Science and Technology Co-founded by Shanxi Province and the Ministry of Science and Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi, China)

Abstract: The heavy medium coking middlings of -3mm size from TunLan Coal Preparation Plant were taken as the study sample. The MiniFlex 600 X-ray powder diffractometer and the OLYMPUS BX51 microscope were applied to analyze the phase composition and the mineral dissemination features of the coal samples respectively. Besides, the flotation tests of grinding products were conducted. Results show that when the content of -0.074 mm size is 67.32%, with one roughing and one cleaning floatation process, clean coal with the ash content of 11.64% and the yield of 34.75% could be recycled at the condition of collector dosage of 200 g/t and frother dosage of 50 g/t.

Keywords: Coking middlings; Mineral dissemination features; Grinding; flotation