

配煤成型在黏结性煤破黏过程中的研究

林 红^{1,2} 张旭辉^{1,2} 张云鹏^{1,2} 吴 鹏^{1,2} 张培林^{1,2} 屈万领^{1,2}

(1.南瑞集团公司(国网电力科学研究院)江苏南京 210000; 2.北京国电富通科技发展有限公司北京 100070)

摘 要:为解决黏结性煤在干馏过程中的黏结问题,采取配煤成型方法,在实验室条件下,以某黏结性原煤为基本原料,通过配入一定比例的不黏结煤和加入适当比例的黏结剂,进行配煤成型破黏研究,重点考察了成型过程中 2 种原料煤的粒度和配比、黏结剂用量和成型水分等因素对配煤成型破黏效果的影响,最终确定试验煤样配煤成型破黏的最优工况。结果表明:在黏结性煤(粒径 ≤ 0.5 mm)、不黏煤(粒径 ≤ 1 mm)配比为 50 : 50,黏结剂用量为 1.0%,成型水分为 15%的条件下进行配煤成型,得到的型煤干燥后冷压强度可达 363 N/个,型焦冷压强度达 597 N/个,且低温干馏试验中没有黏结现象,满足了国富(GF)干馏炉的入炉要求。

关键词:黏结性煤;破黏;配煤成型;热解;型煤

中图分类号:TQ520.62 文献标志码:A 文章编号:1006-6772(2016)06-0010-04

Application of blending and molding method in eliminating viscosity of caking coal

LIN Hong^{1,2} ZHANG Xuhui^{1,2} ZHANG Yunpeng^{1,2} WU Peng^{1,2} ZHANG Peilin^{1,2} QU Wanling^{1,2}

(1.NARI Group Corporation State Grid Electric Power Research Institute Nanjing 210000, China;

2.Beijing Guodian Futong Science and Technology Development Co., Ltd. Beijing 100070, China)

Abstract: In order to eliminate the viscosity of caking coal during pyrolysis process, a coal blending molding mode was adopted. Under laboratory condition, one caking coal was taken as raw material, then proper proportion of non-caking coal and binder were added to the raw material. The application of blending and molding method in eliminating viscosity of caking coal was studied. The influence of particle size and ratio of two raw coals, amount of binder and water on the molding process were investigated. The results showed that, when the ratio of caking coal to the non-caking coal was 50 : 50, meanwhile the diameter of the caking coal and non-caking coal should be ≤ 0.5 mm and ≤ 1 mm respectively, the binder addition was 1.0%, molding moisture was 15%, the cold compressive strength of dry briquette and formed cake could be up to 363 N and 597 N, and there was no bonding phenomenon in the low-temperature carbonization experiment, the product met the material property requirements of Guo Fu (GF) furnace.

Key words: caking coal; eliminate viscosity; coal blending and molding; pyrolysis; briquette

0 引 言

配煤成型是将不同性质的成型煤料,按适当比例配比,再添加合适的黏结剂,利用适当的工艺和设备,得到具有一定形状、尺寸、强度和理化特性的人工“块煤”的过程^[1]。配煤成型利用各种煤在性质上相辅相成,使配煤质量优于单种煤的质量。黏结

指数是烟煤受热后,煤粒之间或煤与惰性细颗粒之间结合牢固程度的度量。在标准操作条件下,通过测定焦块的耐磨强度来评定烟煤的黏结性^[2-5]。黏结指数和挥发分是烟煤分类的主要依据,在生产应用中,利用煤的挥发分和黏结指数图(V-G图)可以了解各种煤在炼焦配煤中的作用,对确定经济合理的配煤比具有指导意义^[6-9]。中强黏结性煤的黏结

收稿日期:2016-07-05;责任编辑:白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2016.06.002

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2012AA063506)

作者简介:林 红(1986—),女,河南商丘人,工程师,硕士,从事低阶煤综合利用的相关技术研究。E-mail: linhong@sgepri.sgcc.com.cn

引用格式:林 红,张旭辉,张云鹏,等.配煤成型在黏结性煤破黏过程中的研究[J].洁净煤技术,2016,22(6):10-13,19.

LIN Hong, ZHANG Xuhui, ZHANG Yunpeng, et al. Application of blending and molding method in eliminating viscosity of caking coal [J]. Clean Coal Technology, 2016, 22(6): 10-13, 19.

指数一般在 50 以上,在隔绝空气加热的条件下极易黏结自身或其他物质出现结焦,导致热解炉出现蓬料、堵塞、半焦产品无法下料等问题,所以对黏结性煤进行干馏前需采取合理的措施,对其破黏。梁杰等^[10]采用空气预热氧化方法对黏结性烟煤进行破黏研究,并获得了温度、流量、时间 3 个因素对烟煤黏结指数的影响规律,以及低温氧化破黏前后烟煤燃烧贯通特性。赵飞翔等^[11]针对黏结性煤射流预氧化流化床气化技术,考察了射流气过量空气系数和氧浓度、加热炉设定温度对预氧化破黏及煤颗粒流化的影响效果。周仕学等^[12]研究了强黏结性煤与有机废弃物共热解的特性,结果表明,热解过程中有机废弃物能阻止煤粒之间发生黏结,得到粒状焦炭。笔者在黏结性煤中配入合适比例的不黏结煤进行破黏,探究 2 种煤的最佳粒度和配比,最终将破黏后的合格型煤利用国富(GF)干馏炉干馏,得到性能

优异的产品。

1 试 验

1.1 试验煤样

试验煤样来自 2 个矿区选煤厂,分别为黏结性煤 A 和不黏煤 B,粒度均为 25 mm 以下。黏结性煤 A 为主煤,不黏煤 B 为配煤,通过调整 2 种煤的粒度、配比,黏结剂添加比例,以及成型水分,得到不同条件下的型煤,分别考察各条件下型煤的低温干馏特性,得到满足 GF 干馏炉入炉要求的配煤方案。

GF 干馏炉入炉型煤需要满足以下要求:①入炉的烘干型煤冷压强度 ≥ 300 N/个;②入炉型煤利用实验室立式炉进行低温干馏试验,得到的型焦不黏连;③利用立式干馏炉得到的型焦冷压强度 ≥ 440 N/个。对 2 种原料煤进行煤质分析,测试工业分析、元素分析、黏结指数和粒度分布,结果见表 1、表 2。

表 1 2 种煤的工业分析、元素分析和黏结指数

Table 1 Proximate analysis, element analysis and caking index analysis of two coals

样品	工业分析/%					元素分析/%					黏结指数
	M_{ar}	V_{ar}	A_{ar}	FC_{ar}	V_{daf}	$w(S_{tar})$	$w(C_{ar})$	$w(H_{ar})$	$w(N_{ar})$	$w(O_{ar})$	
黏结性煤 A	3.46	34.53	9.31	52.70	39.59	0.50	72.65	5.07	1.75	7.26	87
不黏煤 B	13.97	26.90	13.92	45.21	37.30	0.29	67.15	1.39	0.91	1.37	1

表 2 2 种煤的粒度分布

Table 2 The size distribution of two coals

粒级/mm	黏结性煤 A		不黏煤 B	
	产率/%	累积产率/%	产率/%	累积产率/%
>25	0.26	0.26	0.51	0.51
25~13	32.79	33.05	37.21	37.72
13~6	26.40	59.45	18.92	56.64
6~3	10.25	69.70	16.64	73.28
3~1	18.34	88.04	12.30	85.58
<1	11.96	100.00	14.42	100.00

由表 1 可知,黏结性煤 A 属于气肥煤,不黏煤 B 属于长焰煤;A 的黏结指数高达 87,属于特强黏结性煤。若将黏结性煤 A 直接送入 GF 干馏炉进行热解,将出现严重的结焦现象,因此必须将其与不黏煤 B 进行配煤破黏处理。

由表 2 可知,黏结性煤 A 和不黏煤 B 的粒度分布差别不大,且粒度都在末煤级别^[13]。根据成型行业经验^[1,13-14],成型原料粒度一般在 2 mm 以下,故需要对 2 种原煤进行破碎处理,以满足成型原料的

粒度要求。

1.2 试验设备

试验所用的成型设备是对辊成型机,相关设备参数为:成型压力 2~10 t/cm,球模尺寸 40 mm \times 35 mm \times 20 mm,处理量为 4 t/h。

试验所用干馏设备是立式干馏炉,干馏温度为 600 ℃。

1.3 试验方法

采用的破黏方式是掺混不黏煤进行配煤成型,具体步骤是:先将不同比例的黏结性煤和不黏煤破碎到一定粒度,再加入合适比例的黏结剂,混合均匀;然后利用对辊成型机将其压制成型煤;将型煤干燥后测试冷压强度和干馏特性,以此判定配煤成型后的型煤是否满足 GF 干馏炉的标准。

型煤抗压强度按照 MT/T 748—2007《工业型煤冷压强度测定方法》进行测定。

型煤的干馏特性测试按照实验室立式干馏炉的操作方法进行:首先将一定量的样品装入干馏炉,再设定合适的升温程序直至达到目标终温,保温一段

时间后停止加热,冷却至室温即可得到型焦产品。

2 配煤成型试验

配煤成型试验主要考察2种煤的配比和粒度、黏结剂添加比例、成型水分等因素,并利用实验室立式炉对各条件下得到的型煤进行低温干馏,根据干馏得到型焦的黏结情况判断配煤条件是否达到破黏效果,最终得到2种煤配煤成型破黏的最优工况。

2.1 配煤比例对破黏效果的影响

将2种原煤分别破碎至2 mm以下,黏结剂添加比例为2%,成型水分为20%,依次调整黏结性煤A和不黏煤B的配比为70:30、60:40、50:50和40:60,利用对辊成型机开展配煤成型试验,得到的型煤烘干后测试冷压强度,再利用立式炉进行低温干馏,考察得到的型焦黏结性及冷压强度值,结果见表3。

表3 配煤比例对破黏效果的影响

Table 3 The influence of coal blending ratio on eliminating viscosity effect

煤A与 煤B配比	型煤冷压强度/ (N·个 ⁻¹)	型焦冷压强度/ (N·个 ⁻¹)	黏结性
70:30	463	840	有
60:40	451	721	有
50:50	456	575	有
40:60	460	366	无

由表3可知,煤A与B的配比由70:30降至40:60的过程中:①型煤冷压强度始终在400 N/个以上,满足GF干馏炉入炉型煤要求;②干馏得到型焦的冷压强度和黏结性不能同时满足干馏炉要求;③型煤冷压强度差别不大,说明型煤强度与2种配煤的比例无关,而与黏结剂添加量有关;④型焦强度随黏结性煤A比例的降低而明显减小,说明型焦的强度主要由黏结性煤A决定,要使型焦强度满足要求,必须保证黏结性煤A的配比在40%以上。由于煤A与煤B的配比为50:50时,得到的型焦仍表现出一定的黏结性(图1),所以还需要对2种煤的粒度进行调整。

2.2 配煤粒度对破黏效果的影响

2种配煤粒度均≤2 mm时,不能满足破黏效果或达不到型焦强度要求,说明该粒度的黏结性煤A的黏结性还没有被完全“破坏”,需进行深度破碎才



图1 煤A与煤B配比为50:50的型焦黏结现象

Fig. 1 The bonding phenomenon of formed cokes with the ratio of 50:50 of coal A and coal B

能达到破黏目的。试验在黏结性煤A和不黏煤B的配比50:50,黏结剂添加比例2.0%,成型水分20%的条件下,依次将2种配煤粒度调整为≤1 mm、≤0.5 mm和≤2 mm、≤1 mm,利用对辊成型机开展配煤成型试验,得到的型煤烘干后测试其冷压强度,再利用立式炉进行低温干馏,考察得到的型焦黏结性及冷压强度值,结果见表4。2种煤磨碎至≤0.5 mm和≤1 mm时的粒度分布见表5。煤A粒度≤0.5 mm、煤B粒度≤1 mm时,型焦不再黏结的现象如图2所示。

表4 配煤粒度对破黏效果的影响

Table 4 The influence of coal blending size on eliminating viscosity effect

煤A粒 度/mm	煤B粒 度/mm	型煤冷压强 度/(N·个 ⁻¹)	型焦冷压强 度/(N·个 ⁻¹)	黏结性
≤1	≤2	466	580	有
≤1	≤1	458	591	有
≤0.5	≤2	461	595	有
≤0.5	≤1	463	596	无

表5 2种煤磨碎至≤0.5 mm和≤1 mm时的粒度分布

Table 5 The size distribution of two coals for coal A≤0.5 mm and coal B≤1 mm

粒级/ mm	煤A粒度≤0.5 mm		煤B粒度≤1 mm	
	产率/%	累积产率/%	产率/%	累积产率/%
>1	—	—	0.30	0.30
1~0.5	0.32	0.32	43.80	44.10
0.5~0.35	2.29	2.61	8.44	52.54
0.35~0.2	9.75	12.36	11.53	64.07
0.2~0.1	27.34	39.70	19.37	83.44
0.1~0.074	47.32	87.02	10.06	93.50
<0.074	12.98	100.00	6.50	100.00

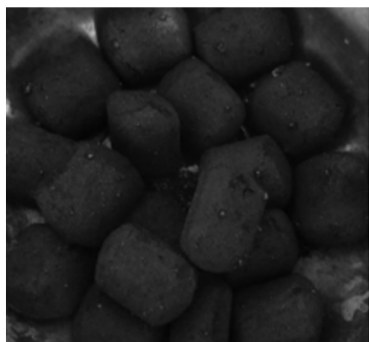


图2 煤A粒度 ≤ 0.5 mm、煤B粒度 ≤ 1 mm的型焦不再黏结

Fig. 2 The formed cokes are non-caking when the size of coal A is ≤ 0.5 mm and coal B is ≤ 1 mm

由表4可知,当煤A粒度 ≤ 0.5 mm、煤B粒度 ≤ 1 mm时,得到的型煤强度为463 N/个,型焦冷压强度为596 N/个,且型焦不再黏结,完全满足GF热解炉的入炉要求。黏结性煤A充分破碎到一定程度,并与另一种合适粒度的不黏结煤B相互混合均匀后,其热解为液态胶质体并继续固化为焦块,性质被彻底破坏,不再出现型焦相互黏结的现象。

2.3 成型水分和黏结剂用量的优化

对辊成型机压制型煤过程中,对辊间出现了“冒水”现象,说明20%的成型水分偏高;得到的型煤冷压强度比要求值(300 N/个)偏高,说明2.0%的黏结剂添加量较大,因此需要对两者进行优化。试验时,黏结性煤A和不黏煤B的配比为50:50,粒度分别为 ≤ 0.5 mm和 ≤ 1 mm,降低黏结剂添加比例分别为1.5%、1.0%和0.5%,降低成型水分分别为18%、16%、15%和14%,利用对辊成型机开展配煤成型试验,型煤烘干后测试其冷压强度,再利用立式炉进行低温干馏,考察得到的型焦黏结性及冷压强度,结果见表6。

表6 成型水分和黏结剂用量对破黏效果的影响

Table 6 The influence of molding moisture and adhesives dosage on eliminating viscosity effect

成型水分/%	黏结剂用量/%	型煤冷压强度/(N·个 ⁻¹)	型焦冷压强度/(N·个 ⁻¹)	黏结性
18	2.0	461	615	无
16	2.0	467	602	无
15	2.0	481	595	无
14	2.0	293	586	无
15	1.5	459	601	无
15	1.0	363	597	无
15	0.5	278	589	无

由表6可知,添加剂用量为2.0%,成型水分从15%降至14%时,型煤冷压强度从481 N/个急剧降至293 N/个,分析原因是成型水分降低导致成型物料与黏结剂无法充分混合,黏结剂的黏结性没有发挥完全,导致型煤强度明显降低,说明成型水分对成型效果的影响较大。成型水分为15%时,干型煤和型焦的冷压强度都满足GF干馏炉的要求,且型焦无黏结性,故将水分15%定为配煤的最佳成型水分。成型水分为15%时,黏结剂用量可降至1.0%,此时型煤冷压强度为363 N/个,型焦冷压强度为597 N/个。继续降低黏结剂用量,型煤冷压强度偏小,不能满足GF干馏炉要求,因此配煤成型的最佳黏结剂用量应为1.0%。

3 结 论

1) 黏结性煤A与不黏煤B的配比至少为50:50,黏结性煤A的粒度 ≤ 0.5 mm,不黏煤B的粒度 ≤ 1 mm,可得到满足GF干馏炉入炉要求的型煤。

2) 优化后的配煤成型水分为15%,黏结剂用量为1.0%,此时型煤冷压强度为363 N/个,型焦冷压强度为597 N/个。通过优化,既节省了成型成本,又降低了型煤烘干的功耗。

参考文献(References):

- [1] 徐振刚,刘随芹.型煤技术[M].北京:煤炭工业出版社,2001:19-20.
- [2] 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.
- [3] 陈 鹏.中国煤炭性质、分类和利用[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [4] 加藤健次.NMR法评价煤粘性与焦炭性质的关系[J].燃料与化工,2009,40(1):60-63.
- [5] 孟庆波.国内外煤资源情况与优化配煤技术[C]//中国金属学会焦化技术培训教材会议论文集.北京:中国金属学会,2007:234-253.
- [6] 毕学工,杨 福,梁尚国,等.高炉喷吹黄陵弱粘煤的原煤特性的研究[J].钢铁,2009,44(6):14-19.
Bi Xuegong, Yang Fu, Liang Shangguo, et al. Study of raw coal characteristics of Huangling slightly-caking coal for blast furnace injection[J]. Iron & Steel, 2009, 44(6): 14-19.
- [7] 陈 鹏.煤质分析及转化有关术语[J].煤炭转化,1995,18(3):55-69.
- [8] 郑东明.炼焦新工艺与技术[M].北京:化学工业出版社,2006.

(下转第19页)

<3 mm 原煤煤粉混入精煤产品降低了精煤产品灰分和分选效率, 这种负面影响在低密度分选, 精煤产率较低时更加明显。

5 结 论

1) 根据 FGX-1 干选机实际分选效果, 经过数据拟合建立了经验数学模型, 可根据全粒级总体分选密度和各粒级几何平均粒度确定各子粒级实际分选密度和分选性能指标 E_p 值, 进而计算出各子粒级中各密度级分配率, 在此基础上计算综合产品数质量指标。

2) 模拟结果表明, 全粒级排矸密度为 1.80~2.30 g/cm^3 时, 80~50 mm 粒级的分选 E_p 为 0.116 9~0.150 7 g/cm^3 , 6~3 mm 粒级的 E_p 达到 0.235 9~0.298 0 g/cm^3 , 细粒度煤分选效果显著变差。6~3 mm 细粒级的实际分选密度高于 80~50 mm 块煤分选密度。

3) 对山西兴县金地煤业南窑煤矿进行分选试验, 实际分选结果和数学模型预测重复度较好。分选密度高于 1.80 g/cm^3 , 精煤灰分大于 24% 时, 分选效率比较稳定, 理论精煤产率和实际分选的精煤产率基本相近。但 FGX 分选机在低密度下分选, 分选效率变差; 精煤灰分小于 24% 时, 理论精煤产率和实际分选的精煤产率相差较大。

参考文献 (References):

[1] 黄军辉. 重选产品预测过程中分配率的计算机算法[J]. 选煤技

术, 1990(5): 14-18.

[2] 黄军辉. 重选产品数量、质量预测的计算机算法[J]. 煤炭工程, 1990, 22(8): 29-33.

[3] 吴喜之, 赵博娟, 常风达. 跳汰机的性能及统计模型[J]. 数量统计与管理, 2000, 19(1): 34-38.

Wu Xizhi, Zhao Bojuan, Chang Fengda. Jig performance and statistical modeling[J]. Journal of Applied Statistics and Management, 2000, 19(1): 34-38.

[4] Gottfried B S. A generalization of distribution data for characterizing the performance of float-sink coal cleaning devices[J]. International Journal of Mineral Processing, 1978, 5(1): 1-20.

[5] Lynch A J, Napier-Munn T J. Dense-medium separation research at the Julius Kruttschnitt Mineral Research Center[J]. Transactions of Institutetution of Mining and Metallurgy (Section C: Mineral Processing and Extractive Metallurgy), 1986, 95: 221-225.

[6] Scott L A, Napier-Munn T J. Dense-medium cyclone model based on the pivot phenomenon[J]. Transactions of Institutetution of Mining and Metallurgy (Section C: Mineral Processing and Extractive Metallurgy), 1992, 101: 61-76.

[7] 王旭哲, 吕春晓, 吴万昌. 复合式干选床面颗粒运动状态分析[J]. 选煤技术, 2015(1): 17-19.

Wang Xuzhe, Lyu Chunxiao, Wu Wanchang. Morphological analysis of material movement on the bed of compound dry cleaning machine[J]. Coal Preparation Technology, 2015(1): 17-19.

[8] Orhan E C, Ergun L, Altiparmak B. FGX 分选机在恰塔拉泽煤分选中的应用及模拟研究[C]//第 16 届国际选煤大会论文集. 北京: 中国煤炭加工利用协会, 2010: 288-294.

[9] Zhang B, Akbari H, Yang F, et al. Performance optimization of the FGX dry separator for cleaning high-sulfur coal[J]. International Journal of Coal Preparation & Utilization, 2011, 31(3): 161-186.

[10] Klima M S, Luckie P T. Application of an unsteady-state pulp-partition model to dense-medium separations[J]. Coal Preparation, 1989, 6(3): 227-240.

bed by jetting pre-oxidation[J]. Journal of Chemical Industry and Engineering(China), 2014, 65(6): 1993-2002.

[12] 周仕学, 刘振学, 张桂英. 强粘结性煤与有机废弃物共热解的研究[J]. 煤炭转化, 2001, 24(3): 70-73.

Zhou Shixue, Liu Zhenxue, Zhang Guiying. Study on co-pyrolysis of strongly caking coal with solid organic waste[J]. Coal Conversion, 2001, 24(3): 70-73.

[13] Ji D G. The coal size-composition research on fine coal briquetting[C]//Prospects for Coal Science in the 21st Century, Proceeding of Tenth International Conference on Coal Science. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press, 1999.

[14] 吉登高, 王祖讷, 张丽娟, 等. 粉煤成型原料粒度组成的试验研究[J]. 煤炭学报, 2005, 30(1): 100-103.

Ji Denggao, Wang Zune, Zhang Lijuan, et al. The examination study of the size-composition of the fine-coal briquetting[J]. Journal of China Coal Society, 2005, 30(1): 100-103.

(上接第 13 页)

[9] 平建中. 开滦矿区强粘结性煤校核粘指数测定的研究[J]. 选煤技术, 2013(2): 9-11.

Ping Jianzhong. Study on determining of checked coking index for strong caking coals in Kailuan coal mining field[J]. Coal Preparation Technology, 2013(2): 9-11.

[10] 梁杰, 张晓春, 王张卿, 等. 黏结性烟煤氧化破黏及热贯通特性[J]. 煤炭学报, 2015, 40(S1): 198-202.

Liang Jie, Zhang Xiaochun, Wang Zhangqing, et al. Oxidation to break the caking property and heat linkage characteristics for caking bituminous coal[J]. Journal of China Coal Society, 2015, 40(S1): 198-202.

[11] 赵飞翔, 赵志刚, 张聚伟, 等. 黏结性碎煤射流预氧化破黏与流化[J]. 化工学报, 2014, 65(6): 1993-2002.

Zhao Feixiang, Zhao Zhigang, Zhang Juwei, et al. Caking proterty destruction and particle fluidization for caking coal in fluidized