

焦化有机固废型煤工艺探讨

王金花 陈辉 赛因巴特尔 赵文娟
(首钢技术研究院)

摘要 首钢焦化厂每年产生大量的有机固废,主要为焦油渣、酸焦油、除尘灰、生化污泥等。这些危险固体废弃物如果不加以回收利用,会造成环境污染和对人体造成危害。本文探讨了一种将焦化有机固废配入炼焦煤进行压制型煤工艺,返回焦炉炼焦,为焦化有机固废的资源化综合利用回收提出了途径。

关键词 焦化 有机固废 型煤

1 前言

焦化厂每年产生大约占焦化厂焦炭产量 0.1%~0.2%的有机固体废弃物,包括焦油渣、酸焦油和生化污泥等。其中焦油渣产量约占焦化厂焦炭产量的 0.07%~0.1%,酸焦油产量约占焦化厂焦炭产量的 0.05%~0.08%,其组成大多为有毒有害的有机物。这些焦化有机废弃物(下文称焦化有机固废)因种种原因容易造成环境的严重污染,如何实现其资源化利用与无害化处理是一个严峻的问题。另一方面由于目前随着煤炭资源和焦炭价格的变化,在炼焦生产中充分利用价格较低的弱粘煤配煤炼焦,获取稳定的焦炭质量,已是节约炼焦成本,实现钢铁企业增收节支的重要措施。

2 焦化有机固废成分及性质

焦油渣是黏稠状废渣,主要成分有煤尘、焦粉、沥青粉、炭化室顶部热解产生的游离碳及清扫上升管和集气管时所带人的多孔物质、焦油和沥青的聚合物等含碳物质。渣内固定碳含量约 60%,挥发分含量约 33%,灰分约 4%,硫含量约 1.6%。从焦油渣工业分析数据可知,其灰分含量极低,碳及有用物质含量较高。从理论上讲,将焦油渣与煤粉充分混合后配入炼焦煤中不会影响焦炭质量,而且能够使焦炭和煤气产量增加。

3 有机固废型煤工艺路线

首钢焦化厂生产的固体废弃物,其组成大多为可再生利用的有机物。焦化有机固废如不处理,堆积在煤场,由于场地和环保等问题,急需解决焦化厂固废资源问题,尽可能实现该固废的资源化利用和无害化处理。

本型煤炼焦新工艺,能够连续运行,减少人工,提高效率。其基本原理在于采用焦化厂有机固体废物为粘结剂与低价格的弱粘性煤一起混合制成型煤,与炼焦配煤按一定比例混合进入焦炉炼焦,经高温干馏后生成焦炭、焦油与煤气。该方法的特点在于集成了传统的“焦化有机固废处理技术,炼焦煤选择性破碎技术,型煤加工技术和配型煤炼焦技术”四大技术。如图 1 所示,其工艺过程为,将来自焦化的酸焦油、焦油渣和生化污泥按照一定比例均匀混合,配制成型煤粘结剂;同时将炼焦用弱粘煤(气煤和瘦煤)进行单独破碎,然后与上述配制的粘结剂按照一定比例均匀混合并压制成型,制成炼焦用型煤。最后将该型煤与其他炼焦煤按照一定比例混合,入焦炉炼焦。

图 2 为首钢焦化有机固废处理具体工艺流程:原料煤粉经由单轴螺旋输送机从破碎机下料口取料,并通过 1#皮带机输送至双轴螺旋搅拌机,1#皮带机上装有电子皮带秤进行原料煤粉定量;焦油渣经固体泵打入焦油渣罐,再经罐下方单轴螺旋输送机定量送至双轴螺旋搅拌机;酸焦油存放于酸焦油桶内,经电动葫芦提升至酸焦油罐,经调节阀定量给至双轴螺旋搅拌机;生化污泥经铲车运至污泥上料装置,经电动葫芦提升至生化污泥罐,罐内配有出泥装置,污泥由罐下双轴螺旋输送机给料至双轴螺旋搅拌机。

四种物料经双轴螺旋搅拌机初步混合后，由 2#皮带机输送至双联碾磨机进行充分混合，混合后物料进入中间仓缓冲，并通过 3#变频皮带机均匀给料至成型机压球成型。成型后成品经由 4#皮带机输送至主配煤皮带，与炼焦煤混合进入焦炉炼焦。

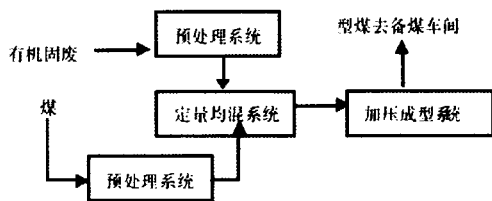


图1 焦化有机固废作为粘结剂制型煤原理图

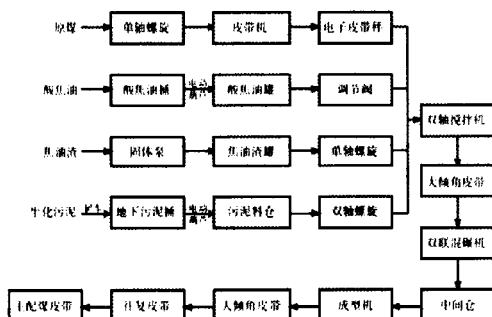


图2 焦化有机固废制备型煤工艺流程图

4 焦化有机型煤实验研究

4.1 型煤强度试验研究

型煤的冷态强度是指型煤在常温下的强度，是反映工业型煤质量的重要指标，是关系到型煤的贮存、运输、装卸、入炉等的重要因素。型煤的冷态强度主要包括跌落强度和抗压强度。跌落强度是在特定条件下测定的型煤脆性指标，反映了煤球抗冲击的能力。抗压强度是指常温下按标准实验条件在压力机上测得的型煤冷球的机械强度，反映了型煤冷球的抗压能力。型煤作为一种商品必须经过生产的各个阶段以及贮存、装卸、入炉等诸多环节，而在此过程中不可避免地要受到各种挤压力和冲击力，只有具备了较高的抗压强度和跌落强度，才能避免型煤在使用前就产生破碎。因为抗压强度较高而跌落强度较低的煤球受到冲击力时仍易破碎，所以考察型煤的强度时不能只考虑抗压强度而忽视了其跌落强度。型煤的抗压强度和跌落强度是反映型煤质量的重要指标，是决定型煤能否满足储运要求，实现商品化的关键因素。而型煤的这些质量指标与生产型煤的粘结剂有着直接的关系，因此，研究粘结剂各组分分配比对型煤物理性能的影响有着重要的理论和现实意义。由于本项目研究的配型煤炼焦新工艺的重要思想就是利用焦油渣、酸焦油、生化污泥等与炼焦煤混合制成型煤，用于型煤炼焦。因此，利用炼焦配煤与焦油渣、酸焦油、生化污泥按一定比例混合制成型煤，然后测定所得型煤的跌落强度和抗压强度，以期能够得到最佳的添加剂比例。

4.1.1 原料及实验方案

试验原料为首钢焦化厂的焦化有机固废（焦油渣、酸焦油、生化污泥）和炼焦配煤，炼焦配煤的含水率为 10%。不同物料的物理与化学性质如表 1 所示。

表 1 焦化厂有机固废工业分析与元素分析，%

有机固废	Md	Ad	Cd	Hd	Od	Nd	Std	FCd
酸焦油	6.67	0.11		5.46	31.57	0.76	11.60	
焦油渣	10.0	3.18	43.83	3.84	0.50	0.65	0.69	
生化污泥	47.48	42.99	29.63	3.38	16.68	5.42	1.90	5.74

表 2 煤的工业分析与元素分析

样品	Proximate analysis w/% c.				Ultimate analysis w/%, daf			
	V	A	FC	S	C	H	N	O(diff.)
煤	23.40	9.52	67.08	0.87	83.92	5.07	1.29	8.85

表 3 煤质分析结果

煤种	Mt	Ad, %	Vdaf, %	Std, %	X 值	Y 值	G 值	B 值	细度
配合煤	9.79	9.25	23.97	0.90	29.02	16.55	75.69	15.95	76.40

表4 煤的灰成分分析, %

样品	CaO	MgO	TFe	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O
煤	3.16	0.66	4.81	35.71	47.37	0.48	0.39

如表5所示, 试验考察不同添加剂比例(焦油渣、酸焦油、生化污泥)与不同的成型次数对型煤强度的影响。

表5 型煤强度测试试验方案, %

方案	配比			
	煤	焦油渣	酸焦油	生化污泥
F1	100	0	0	0
F2	97	3	0	0
F3	95	5	0	0
F4	92.5	2.5	2.5	2.5

4.2 型煤强度测试方法

(1) 跌落强度的测定

依据 GB/T154959 规定的方法进行, 测定方法要点为: 取煤球 10 个称重, 装在箱底可以打开箱子里, 在离地 2m 高处打开箱底, 让煤球自由跌落到 12mm 厚的钢板上, 反复跌落三次后, 用 13mm 的筛子筛分, 取 >13mm 级的重量百分数作为煤球的跌落强度指标, %。

(2) 型煤抗压强度的测定

按 MT/T748—1997 规定的工业型煤冷压强度的测定方法进行测定, 本文采用电子天平(量程 15kg, 精度 0.5g)作为测量仪器。测定方法提要为: 从型煤样品中随机取 10 个煤球, 依次放在电子天平中心位置, 去皮, 对试样缓慢加压, 直至试样破碎为止。记录试样破碎前承受的最大压力, 并取所有数据的平均值作为型煤的冷强度, N/个。

4.3 结果与讨论

不同试验方案测得的型煤强度如表6所示。

表6 不同试验方案所得型煤的强度

方案	跌落强度, %		冷压强度, N/个		备注
	一次成型	二次成型	一次成型	二次成型	
F1	26.6	51.5	24.8	35.7	无粘结剂
F2	36.9	39.5	35.4	35.8	焦油渣 3.0%
F3	44.0	37.6	33.5	42.1	焦油渣 5.0%
F4	53.4	53.3	37.6	44.7	2.5:2.5:2.5

型煤强度测试试验研究了不同种类焦化有机固度与弱粘结煤制型煤的跌落强度与抗压强度。结果表明: 采用焦油渣、酸焦油和生化污泥各 2.5% 作为粘结剂制型煤, 经一次成型即可能获得较好的跌落强度和抗压强度, 再经二次成型则可进一步改善型煤的抗压强度, 该方案作为以后工业应用方案。

5 200 kg 焦炉中试试验研究

5.1 试验样品及制备

表7 弱粘结性煤煤质分析

煤种	灰分 %	挥发分 %	硫分 Std %	Y 值 mm	G 值
西山	10.40	16.18	0.80	8.0	16
抚顺	6.50	42.00	0.59	10	55

为了降低炼焦生产成本和消化吸收焦化厂有机固废,有必要利用焦化厂炼焦用煤中粘结性略低的抚顺气煤和西山瘦煤进行型煤炼焦试验,这两种煤价格较低且灰硫含量小。试验所采用的粘结剂有焦油渣、生化污泥、酸焦油。型煤中煤粉选用有两种:其一是生产用混合煤;其二是首钢焦化厂目前应用的低粘结性煤:抚顺气煤和西山瘦煤,其相关煤质指标如表7所示。

本次实验制作两种型煤:一种为煤粉是焦化厂生产煤,粘结剂是重量比1:1的生化污泥和焦油渣,配合比例9:1;另外一种型煤为煤粉是重量比2:1的抚顺煤和西山煤,粘结剂是焦油渣,配合比例9:1。本试验方案的确定基于首钢焦化厂年产4000吨左右有机固废,焦化厂年使用炼焦煤约250万吨,粘结剂配用量按10%计算,型煤配用量是1.6%刚好使用完4000吨有机固废,考虑焦化厂不可能所有焦炉全部使用型煤,故将型煤配比提高至3%。试验方案如表8所示。

表8 200 kg 焦炉试验方案, %

方案	散煤	型煤
基础	100%生产煤(散煤)	0
方案1	97%生产煤(散煤)	3%, 2:1 抚顺和西山, 焦油渣
方案2	97%生产煤(散煤)	3%, 1:1 焦油渣和污泥

5.2 200kg 焦炉试验装置

试验研究采用200kg焦炉进行实验,每个方案做两次,以两次结果平行为准,主要考察焦炭的各项质量指标。200kg焦炉为单炉炭化室,底部和两侧加热,炭化室有效长为800mm,有效高900mm,宽度为450mm,装煤量230kg(干煤),结焦时间为18h,焦饼中心温度大于950℃。将配制好的人炉物料由炉顶部人工加入,加料后保持一定的炉顶空间约100mm,然后将炉盖盖好并用耐火泥进行密封。该试验焦炉的加热制度、装炉、推焦、熄焦、凉焦等工序均与生产焦炉近似。每次试验前先清理焦炉导气管道,检查焦炉密封状况和加热煤气的压力,并将炉温保持在900℃。炼焦完毕后的推焦、熄焦和凉焦均按照工业生产中的焦炉操作要求进行。焦炭凉焦1-2h后开始进行筛分试验,然后对各粒级焦炭按照相应的比例进行采集,然后再按四分法进行缩分,主要用于分析焦炭的工业分析、元素分析、灰成分分析、焦炭光学织构测试和焦炭孔结构测试,同时测试样品的抗碎强度(M40)、耐磨性能指标(M10)、反应性(CRI)和反应后强度(CSR)。

5.3 试验结果及讨论

(1) 对推焦电流的影响

采用配型煤炼焦新技术的前提条件是不能影响正常生产,推焦电流是焦化生产稳产顺产的重要参数。试验考察了方案1与方案2炼焦与常规配煤炼焦相对推焦电流的影响,发现推焦电流没有明显变化。主要原因为:多配弱粘结煤有利于降低推焦电流,而多配型煤则会增加推焦电流;多配弱粘结煤往往导致焦炭质量指标劣化,而多配型煤则有利于改善焦炭质量指标;在增加弱粘结煤和增加型煤配比之间存在推焦电流平衡方案。

(2) 对焦炭质量的影响

200kg焦炉所得焦炭强度检测结果如表9所示。

表9 200 kg 焦炉冷成型煤试验结果, %

方案	M ₄₀	M ₁₀	CRI	CSR
基础	69.9	9.7	25.33	57.33
试验1	70.3	9.5	24.14	61.30
Δ	0.4	-0.2	-1.19	3.97
试验2	70.6	9.6	24.47	59.58
Δ	0.7	-0.1	-0.86	2.25

从 200kg 试验结果可以看出, 配加 3% 以焦油渣为粘结剂与弱粘结煤制成的型煤, 配煤炼焦后所得焦炭的质量指标均有不同程度的改善, 改善最多的是焦炭的反应后强度指标 (CSR), 与基础方案相比, M_{40} 增加了 0.4, M_{10} 降低了 0.2, CRI 降低了 1.19, CSR 增加了 3.97。当配加 3% 以生化污泥和焦油渣为粘结剂生产的型煤炼焦时, 所得焦炭质量指标也同样得到不同程度的改善。与基础方案相比, M_{40} 增加了 0.7, M_{10} 降低了 0.1, CRI 降低了 0.86, CSR 增加了 2.25。

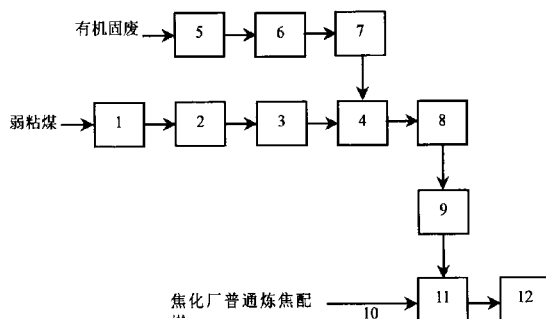
5.4 结论

200kg 焦炉中试试验表明: 焦化厂有机固废完全可以用作型煤粘结剂生产型煤, 可以通过配型煤炼焦实现其无害化处理和资源化利用; 同时, 该技术还可以取得多配弱粘结煤, 降低炼焦成本, 改善焦炭强度, 降低焦炭硫分和灰分等综合效果。

6 焦化有机固废焦化厂焦炉工业实验

6.1 工业试验备料系统

本项目以有机固废和弱粘结煤为原料, 以首钢焦化厂某焦炉为检验对象, 工艺流程图见图 3。



1、破碎装置, 2、煤缓冲罐, 3、定量给料与输送装置, 4、初步混合装置, 5、有机固废搅拌混合装置, 6、有机固废缓冲罐, 7、有机固废定量给料与输送装置, 8、均匀混合装置, 9、成型机, 10、主配煤皮带, 11、煤塔, 12、焦炉。

图 3 型煤炼焦新工艺设备流程图

该型煤炼焦新工艺的备料系统是由控制系统、原料预处理系统、混合成型系统以及焦化系统组成。该设备系统流程可描述为: 弱粘结煤经破碎装置单独破碎后进入弱粘结煤缓冲罐, 然后经过定量给料与输送装置加入到初步混合装置中; 有机固废在固废搅拌混合装置中加热混合后进入有机固废缓冲罐, 然后通过定量给料与输送装置加入到初步混合装置中与弱粘煤进行初步混合, 初步混合的混合物进入均匀混合装置进一步均匀混合, 均匀混合的物料进入成型机挤压成型, 制成的型煤用皮带输送到主配煤皮带, 与焦化厂正常炼焦煤一起至煤塔入焦炉炼焦。

6.2 结果分析

本次工业实验采集的焦炭样, 进行转鼓实验、热强度 (CRI/CSR) 测试, 实验结果如表 10 所示。

表 10 工业试验焦炭强度, %

焦炭名称	M_{40}	M_{10}	CRI	CSR
生产焦炭	68.5	8.9	23.29	63.40
实验焦炭	75.0	8.6	21.14	66.65
△	+6.5	-0.3	-2.15	+3.25

由表 10 结果可以看出, 配加 3% 以焦化有机固废作为粘结剂与弱粘结性煤制成的型煤时, 所得焦炭

的质量指标均有不同程度的改善,改善最多的是焦炭的抗碎强度指标(M_{40});其中抗碎强度(M_{40})提高6.5, M_{10} 降低了0.3,反应性(CRI)降低了3.25和反应后强度(CSR)升高了2.15。这说明焦化厂有机固废完全可以用于型煤粘结剂生产型煤,通过配型煤炼焦实现其无害化处理和资源化利用,同时还可以取得多配弱粘结煤,降低炼焦成本,改善焦炭强度等综合效果。

200kg 焦炉试验研究了型煤炼焦新工艺对焦炭质量,特别是焦炭冷热强度的影响。结果表明:配加3%焦化有机固废为粘结剂与弱粘结煤制成的型煤,配煤炼焦后所得焦炭的质量指标均有不同程度的改善,尤其是焦炭的反应后强度指标(CSR);型煤炼焦新工艺具有以下优点:(1)全部无害化处理和资源化利用来自焦化厂的有机废弃物;(2)增加弱粘结煤配比,降低炼焦成本;(3)改善焦炭质量,尤其提高了焦炭冷强度和热强度。

7 结论

本文开发出了“以焦化有机固废为粘结剂,以选择性粉碎后的弱粘结煤为原料,加工成炼焦型煤,并配型煤炼焦,实现处理固体废弃物,增加弱粘结煤配比和提高焦炭强度综合效果”的新型型煤炼焦技术路线。

(1)开发出了可应用于生产的型煤炼焦优化工艺。焦化有机固废中焦油渣、生化污泥和酸焦油的配比为1:1:1;弱粘结煤为气煤和瘦煤,其大致配比控制为2:1,破碎粒度 $<1\text{mm}$;有机固废粘结剂占整个型煤重量的3%~15%,型煤配入焦炉的量小于入炉煤总重量的10%。

(2)工业试验成功验证了型煤炼焦新工艺处理焦化有机固废的技术可行性与经济可行性,成功解决了焦油渣与炼焦煤制型煤、型煤与炼焦煤的均匀混合成型以及型煤入炉炼焦等技术问题,形成配型煤炼焦新工艺技术路线和集成设备系统。工业试验结果表明:型煤炼焦新工艺对焦化厂正常生产操作条件无明显影响;型煤入入混合煤中无明显偏析现象;装煤过程中不出现装煤明火和结焦异常现象;结焦时间和焦饼中心温度与正常炼焦相同,出焦时推焦电流正常,熄焦与筛焦无异常现象;试验所得焦炭与生产焦炭相比,焦炭质量明显提高,其中抗碎强度(M_{40})提高6.5,反应性(CRI)降低了3.25和反应后强度(CSR)升高了2.15。

参考文献:

- [1] 王林平, 王晓瑛. 酸焦油、焦油渣配型煤炼焦的研究与应用. 冶金环境保护, 2012年第3期.
- [2] 尹逊安. 废焦油渣配型煤炼焦的试验研究. 中国资源综合利用, 2012.08, p20-22.
- [3] 尹维权, 李庆奎. 焦油渣回收利用的研究与应用. 酒钢科技, 2007年第3-4期合刊 p118-p123.
- [4] 莱钢科技. 焦化固废无害化利用工艺的研究与应用, 2003年4月. p51-52.