

А.А. БЕРЕЗНЯК, канд. тех. наук,

А.С. ДРЕШПАК, Н.Р. ГЛУХОВЕРЯ

(Украина, Днепр, Национальный технический университет «Днепропетровская политехника»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛЫ-УНОСА ТЭС НА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ФЛОТОМАШИНЕ ТИПА «JAMESON CELL»

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. За время работы тепловых электростанций (ТЭС) Украины уже накоплено 358,8 млн. т. Отходов (золоотвалы), которые занимают площадь 3170 га. Среднегодовой дополнительный их прирост достигает 14 млн. т. Часть этих отходов образуется из частиц крупностью менее 300 мкм, которые уносятся дымовыми газами и улавливаются электрофильтрами, образуя так называемую «золу-унос». Золоотвалы занимают значительные земельные площади и являются источниками интенсивного пыления, чем ухудшают экологическую ситуацию в окрестностях ТЭС. Ежегодно увеличивается стоимость утилизации золы и шлаков ТЭС в отвалы, стоимость строительства новых золоотвалов и их реконструкции. Химический состав золы при сжигании одного и того же топлива в котлах ТЭС меняется незначительно, за исключением содержания несгоревшего углерода. При сжигании малореакционных углей типа антрацит в факельных печах недожог угля достигает 10-25% от общего потребления, причем он увеличивается с увеличением зольности исходного топлива. Учитывая вещественный состав и физико-механические характеристики минеральных частей сгоревшего топлива, отходы ТЭС можно рассматривать как сложное техногенное сырье, пригодное для извлечения углеродной части известными методами [1,2].

Анализ исследований и публикаций. Флотационная машина Джеймсона была впервые представлена в конце 1980-х годов как решение конструктивных и эксплуатационных недостатков, присущих колонным и традиционным флотомашинам. Начиная с первого опыта промышленной флотации полиметаллических руд на руднике Маунт Айза в 1989 году, за которым последовал первый опыт применения на углеобогатительной фабрике Ньюлэндс в 1990 году, флотомашинка непрерывно совершенствовалась, повышая производительность и становясь более простой в эксплуатации. В настоящее время в разных отраслях и для различных применений в эксплуатации находится более 320 машин этого типа, из которых примерно 45% применяется в угольной промышленности. Хотя большинство флотомашин «Джеймсон» используется в настоящее время для коксующихся углей, они все чаще применяются для переработки ультратонкого энергетического угля, в том числе с высоким содержанием в рядовом угле золы [3].

Для возможности испытания «Jameson Cell» авторы смоделировали экспериментальную пневматическую флотационную машину, краткое описание принципа работы которой приводится ниже.

Основой флотомашины является аэратор. Аэратор – это простое неподвижное устройство, состоящее из трубы, в которой коаксиально расположено сопло, через которое под давлением поступает суспензия вдоль трубы в виде расширяющегося конуса. За выходным отверстием сопла возникает разрежение, где установлена впускная трубка подачи воздуха. Аэратор установлен вертикально, а его нижний срез находится на определенной глубине в емкости флотомашины.

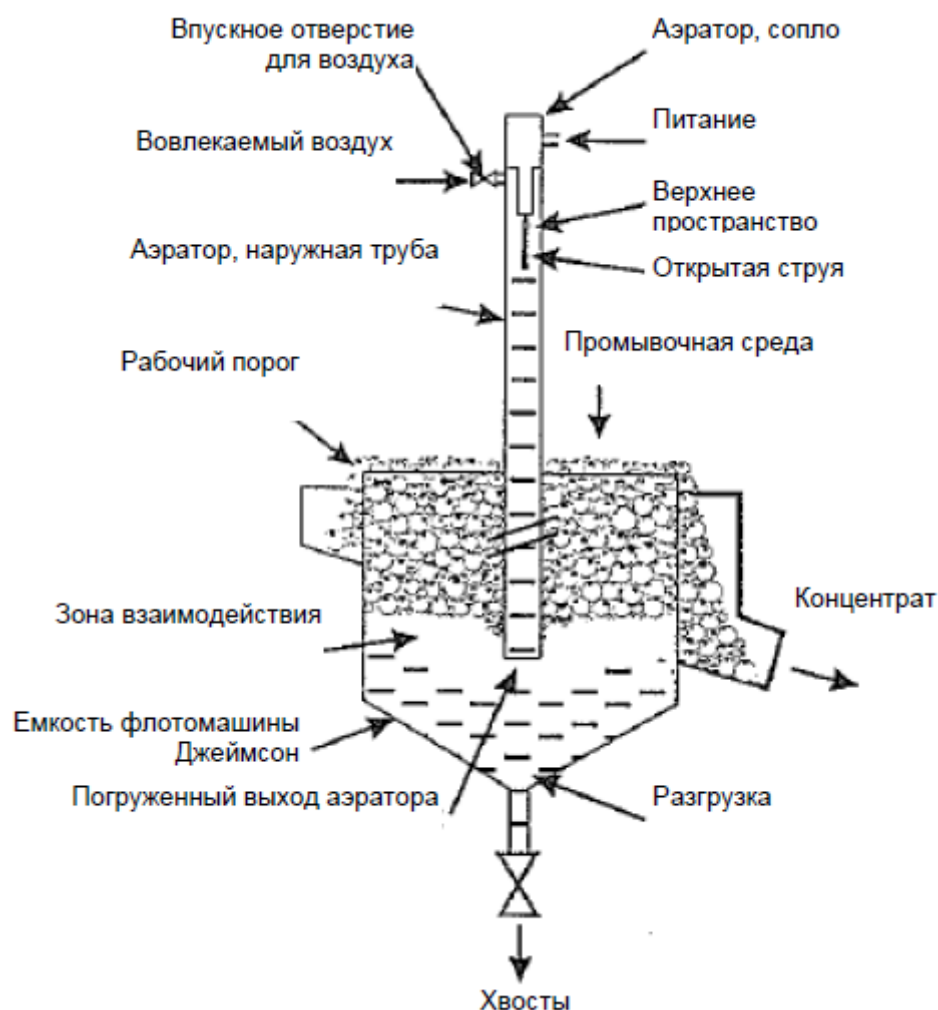


Рис. 1. Принцип работы флотомашины Jameson Cell

При запуске подготовленная пульпа поступает в корпус машины под давлением. После заполнения нижней части корпуса срез аэратора оказывается погруженным в жидкость, что создает гидравлическое уплотнение, обеспечивающее наполнение аэратора пульпой. Столб пульпы поднимается над рабочим порогом, создавая гидростатическое давление всасывания, и, следовательно, об-

Спеціальні та комбіновані методи

ласть вакуума в верхней части наружной трубы. Первоначально струя погружена в пульпу аэратора. Но сразу же после открытия впускного отверстия для воздуха, воздух из внешней среды начинает поступать в аэратор. Посредством регулировки расхода воздуха уровень пульпы стабилизируется на определенной высоте внутри аэратора. В результате обнажается часть нисходящей струи пульпы, проходящей через зону низкого вакуума. Падение открытой струи в пульпу в аэраторе создает оптимальные условия для перемешивания и сильное сдвиговое усилие, в результате чего воздух дробится на пузырьки размером от 300 до 600 мкм. В работающем аэраторе поддерживается доля свободного объема от 50 до 60%, что уменьшает толщину пленки между пузырьками и увеличивает площадь межфазной поверхности, доступную для образования контакта с минеральными частицами. Создаваемый в жидкости момент обеспечивает движение пузырьков, несущих минеральные частицы, вниз к погруженному выходу аэратора. У выхода пульпа и пена поступают в зону разделения. Пена поднимается, образуя сплошной слой, который промывается при необходимости для удаления вовлеченных гидрофильных минералов перед поступлением флотоконцентрата в соответствующий желоб. Камерный продукт удаляется через выпускное отверстие в нижней части горпуса машины. Получаемые в результате характеристики жидкостного потока удовлетворяют всем требованиям к перемешиванию. В общей сложности пульпа находится в пневматической флотомашине типа «Jameson Cell» от 120 до 180 секунд [4, 5].

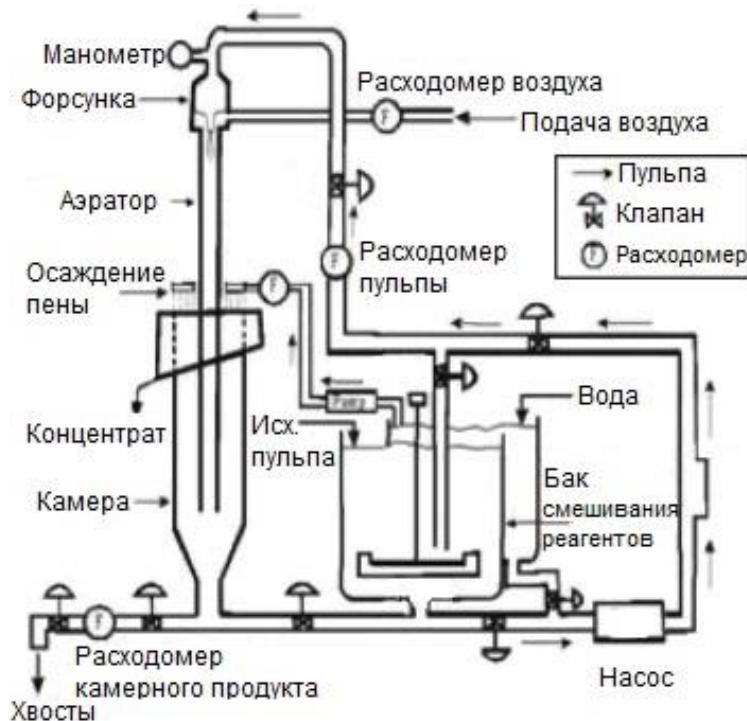


Рис. 2. Общая схема работы флотомашины Jameson Cell

Постановка задачи. Цель работы – исследование возможности извлечения углеродной фракции из золы ТЭС на экспериментальной пневматической фло-

тационной машине, а также сравнение ее технических и технологических показателей с традиционными флотомашинами ФМР/ФМУ.

Решение проблемы. При сжигании углей, которое происходит при температуре 1300-1600 °С, образуются летучие соединения в виде дыма и пара, а негорючая минеральная часть топлива выделяется в виде жидкого шлака, который при взаимодействии с водой разрушается, образуя кусковые шлаки. Часть золы образует пылевидную массу зола-унос. Количество твердых остатков для каменных углей колеблется от 15 до 40%. Уголь перед сжиганием измельчается, и если он малореакционный, то в него для сгорания добавляют мазут в количестве до 7%. При сгорании измельченного топлива мелкие и легкие частицы золы уносятся дымовыми газами (зола-унос). Размер этих частиц колеблется от 3-5 до 100-300 мкм. Шлаки и зола-унос удаляются водой. В составе золошлаковой смеси кроме золы и шлака постоянно присутствуют частицы несгоревшего топлива (недожог), количество которого составляет 10-25%. Золошлаковая пульпа удаляется на золоотвал по трубопроводам. Зола и шлак при гидротранспорте и на золошлакоотвале взаимодействуют с водой и углекислотой воздуха. В них происходят процессы, сходные с диагенезом и литификацией. Они быстро поддаются выветриванию и осушенные начинают пылить при скорости ветра более 3 м/сек. Цвет золошлаковых отходов темно-серый, в разрезе слоистый, обусловленный чередованием разнозернистых слоев, а также осаждением белой пены, состоящей из алюмосиликатных полых микросфер. В целом золы высококремнистые, с достаточно высоким содержанием алюминатов.

На предоставленной пробе Черниговской ТЭС в размере 30 кг было проведено исследование золы на обогатимость в лабораторных условиях. Усредненный исходный материал был представлен комками темно-серого цвета с влажностью 22% (рис. 2).



Рис. 3. Проба золи Черниговской ТЭС

Гранулометрический состав исследовался по методике с использованием лабораторных сит. После сушки и разрушения комков раздавливанием материал был подвергнут расसेву на классы крупности сухим способом. Количество класса крупностью более 0,8 мм составило менее 0,1%, поэтому он не перерабатывался и в расчётах не учитывался. Результаты гранулометрического анализа приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что выход тонкозернистого материала крупностью менее 0,05 мм – 80,98%; содержание крупнозернистой составляющей (фракции +0,315 мм) 0,44%. Содержание фракции -0,315+0,2 мм – 0,48%, фракции -0,2+0,08 – 5,95%, фракция -0,08+0,05 составляет 12,15%.

Принципиальная схема исследований приведена на рис. 4.

Гранулометрический состав пробы

Класс крупности, мм	Выход, %	Зольность, %
+0,8	0,13	99,3
-0,8+0,315	0,44	96,2
-0,315+0,2	0,48	51,5
-0,2+0,08	5,95	37,2
-0,08+0,05	12,15	45,8
-0,05	80,98	79,7
Всего:	100,00	73,1

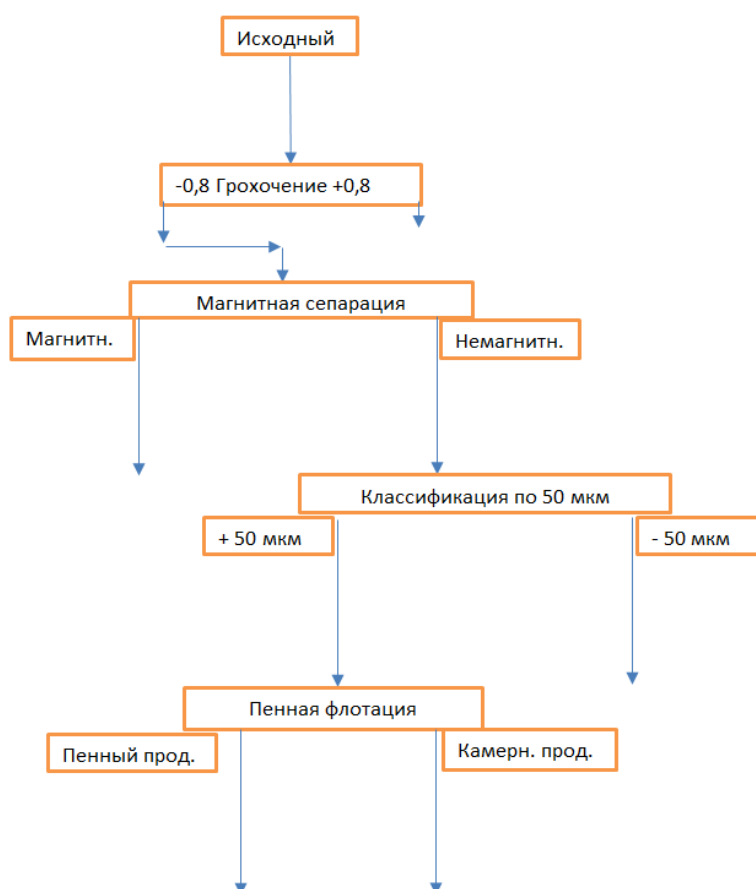


Рис. 4. Схема переработки золы ТЭС

Известен способ выделения высококачественного магнитного продукта из летучей золы, образующейся при сжигании углей на ТЭС [6]. Способ предусматривает применение сухой или мокрой сепарации с получением магнитной фракции удельной плотностью 4,1-4,5 г/см³. Исследования проводились на лабораторном мокром магнитном сепараторе типа ПБМ. Материал крупностью - 0,80+0,00 мм был разбавлен водой до плотности, необходимой для мокрой магнитной сепарации. Материал был подвергнут обогащению в две стадии. В результате магнитной сепарации получен выход магнитного продукта 6,91%. Вы-

Спеціальні та комбіновані методи

ход немагнитного продукта составил 89,98%. Металлические включения представляют собой сфероиды.

В связи с тем, что зольность тонкозернистого материала менее 0,05 мм составила 79,7%, при выходе более 80%, то целесообразным стало разделение по крупности 0,05 мм с целью выделения высокозольных тонких хвостов в сливной продукт на гидроциклоне. Был применен гидроциклон диаметром 30 мм (ГЦ30) при давлении во входном патрубке 0,2 МПа получена эффективность классификации золы 82% по крупности 50 мкм, поэтому применяли классификацию в две стадии, при этом эффективность разделения составила 96,4%. В результате классификации выхода в операции составили: песковой фракции – 38,20% , а слива (класс -0,05 мм) – 54,76%.

Флотацию осуществляли на лабораторной флотационной машине 240 ФЛ с объемом камеры 1 л. И экспериментальной пневматической машине объемом комеры 200 л. На флотацию в 240 ФЛ подавали песковый продукт гидроциклона в виде суспензии с содержанием твердого 200 г/л [7]. В качестве собирателя использовали пиролизный керосин, пенообразователя – масло Т66, депрессора – жидкое стекло. Расход собирателя 500 г/т, вспенивателя 77 г/т. В результате дробной флотации получен пенный продукт со средней зольностью 34,2%. Зольность камерного продукта в этом случае составила 89%. Контрольное дообогащение пенного продукта не привело к существенному улучшению зольности пенного продукта и после 2 флотации составило 32,1%.

Флотационная машина типа «Jameson Cell» показала лучшие характеристики. После первой флотации был получен пенный продукт с зольностью 25,1%, а зольность камерного продукта составила 95%. Расход собирателя составил 195 г/т, а вспенивателя – 50 г/т.

Результаты исследований, проведенных согласно схеме, показанной на рис. 4, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Технологические показатели обогатимости золы		
Продукт	Выход, %	Зольность, %
Исходный	100	73,1
Грохочение по крупности 0,8 мм		
Класс +0,8 мм	0,13	99,3
Класс -0,8 мм	99,87	73,1
Магнитная сепарация		
Магнитный	6,91	
Немагнитный	92,96	
Классификация в гидроциклоне ГЦ30		
Песковый	38,20	79,9
Слив	54,76	
Флотация		
Пенный	8,25	25,1
Камерный	29,95	95

Выводы. При проведении исследования на экспериментальной пневматической флотомашине типа «Jameson Cell» можно отметить высокую способность к аэрации при стабильном получении пузырьков воздуха крупностью 300-600 мкм, простоту в управлении всем процессом, а также весьма надежную и простую конструкцию. Результаты ее сравнения с импеллерной флотомашинной показали более высокую эффективность разделения при меньшем расходе реагентов.

Список литературы

1. Скляр Л.В. Технология обогащения золошлаков Зеленодольской ТЭС с получением алюмосиликатных микросфер. Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2016. – Вип. 63(104). – С. 22-24.
2. Егоров П.А., Березняк А.А. Технология переработки зол тепловых электростанций / Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. Національний гірничий університет. Дніпропетровськ. – 2007. – Вип. 29(70)-30(31). – С. 224-227.
3. Jameson, G. The effect of surface liberation and particle size on flotation rate constants. Minerals Engineering. 2012. – 36-38, – pp.132-137
4. Ahmed, N. and Jameson, G.J. The Effect of Bubble Size on the Rate of Flotation of Fine Particles. International Journal of Mineral Processing. 1985. V 14, pp. 195–215.
5. Osborne, D.G., Huynh, L., Young, M.F., Sherritt, G., Perrin, M.J. and Collins A.R. Factors Affecting Design Optimisation of Fine Coal Cleaning Circuits and Impacts on Value-in-use. The Southern African Inst. Min. Met., South Africa, Symposium Series. 2014. – S79, – pp. 137-156.
6. Олейник Т.А., Скляр Л.В., Злобин Д.В. Разработка технологии обогащения шлаков с повышенным содержанием металлов в концентрате. Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2008. – Вип. 41(104). – С. 22-24.
7. Рябов Ю. В., Делицын Л. М., Власов А. С., Бородина Т. И. Флотація углерода из золы уноса Каширской ГРЭС. Обогащение руд. – 2013. – № 4.

© Березняк А.А., Дрешпак А.С., Глуховеря Н.Р., 2019

*Надійшла до редколегії 18.11.2019 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*