

Из анализа графика, представленного на рис. 5, следует, что изменения коснулись только начальной его части. Усилия в анкере увеличились на участке, примыкающем к нижнему концу анкерной штанги.

Проведенные дополнительно вычислительные эксперименты показали, что с увеличением площади опорной шайбы и ее жесткости повышается нагрузка на нижнюю часть анкерной штанги и увеличивается область опоры вокруг анкера с сохранением в ней горных пород в сжатом и неразрушаемом состоянии.

Применение опорной шайбы позволяет более полно использовать несущую способность металла по длине штанги. Эффективность работы штанги с опорной шайбой возрастает пропорционально жесткости и опорной площади применяемых шайб. Поэтому параметры шайбы должны быть такими, чтобы максимальные разрывные напряжения в штанге на протяжении всего периода эксплуатации горной выработки не превышали предельно допустимых значений по критериям прочности на разрыв в резьбовой части штанги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. – Днепропетровск, 2002. – 372 с.
2. Круковский А.П. Формирование породной опоры с применением анкера высокой несущей способности // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2005. – №55. – С. 82-91.
3. Круковский А.П., Виноградов В.В. Геомеханика формирования опор анкерами высокой несущей способности // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2003, Вып. № 44. – С. 44-53.
4. Круковский А.П. К вопросу о моделировании работы анкерной крепи // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2005, Вып. № 57. – С. 44-53.
5. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 544 с.
6. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М. Недра, 1987. – 224 с.

УДК 622.74:662.613.11

Д-р техн. наук, проф. В.П. Надутый,
канд. техн. наук А.И. Шевченко
инж. И.П. Хмеленко
(ИГТМ НАН Украины)

ПЕРЕРАБОТКА ЗОЛЫ-УНОСА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Наведено нову технологію, що дозволяє одержати товарні продукти в результаті повної переробки техногенних родовищ золи теплових електростанцій.

WASTE-HANDLING OF ASHES – ENTRAINMENT OF THERMAL POWER STATIONS

The new technology allowing to receive commercial products as a result of complete refining technogenic of ashes fields of thermal power stations is given.

Одну из значительных экологических проблем Украины создают золы тепловых электростанций (ТЭС). На ТЭС Украины ежегодно образовывается около 10 млн. т золы, прямое использование которой в тех или иных областях промышленности затруднено крайне неоднородным ее составом и

значительным содержанием несгоревшего угля. Особенно большое содержание угля в золе тех ТЭС, где сжигаются малореакционные угли (антрацитовый штыб). Наиболее крупные из этих ТЭС – Приднепровская, Змиевская, Луганская и Старобешевская, где ежегодно накапливается около 2,5 млн. т золы, а в золохранилищах ее находится свыше 100 млн. т площадью более 1000 га. Эти золы содержат до 25 млн. т несгоревшего угля [1, 2].

Сейчас в Украине работает 14 угольных тепловых электростанций (ТЭС), из которых 6 сжигают антрацитовый штыб (АШ) Донецкого месторождения, 7 – газовые угли Западно-Донбасского и Львовско-Волынского месторождений, 1 – тощие угли (Т). Проектировались и строились электростанции для сжигания углей с теплотой сгорания 5800...5600 ккал/кг, золой и влажностью соответственно от 18 до 20 и от 7 до 8 %. Однако, из-за повышения объема потребления и ухудшения качества угля увеличилось как количество вредных выбросов в атмосферу, так и отходов в виде золы и шлака [3, 4].

Мелкоизмельченная угольная масса, прошедшая термическую обработку при температуре около 1700° С, приобретает уникальные качества, которые, с одной стороны, обеспечивают возможность разделения ее на отдельные компоненты, а с другой - формируют новые отличительные признаки, создающие потребительские свойства. Так, например, выделенный из золы уголь обладает крайне низким содержанием серы и может быть использован для повторного сжигания, однако его можно применить более эффективно и в качестве сорбента и восстановителя [1, 2].

Кроме того, ежегодно ТЭС, работающие на углях и вырабатывающие более 40 % электроэнергии, выбрасывают в отвалы в виде отходов десятки миллионов тонн зол-уноса, которые представляют огромный интерес при производстве строительных материалов. Ценность их заключается в том, что они состоят в основном из активных продуктов, прошедших высокотемпературную обработку в топках паровых котлов и поэтому их применение при определенных условиях обеспечивает значимое повышение качества и улучшение строительно-технических свойств готовой продукции [1,2,5].

Нестабильность зол-уноса ТЭС по свойствам – дисперсности, химическому и минералогическому составам, содержанию оксидов щелочных металлов и несгоревшего углерода – сдерживает их применение в производстве строительных материалов, поскольку приводит к значительным колебаниям их свойств. Не способствует применению зол-уноса ТЭС и отсутствие конкретных рекомендаций по оптимальному их содержанию в этих материалах.

Эффективность использования зол-уноса ТЭС в качестве строительных материалов снижается при повышенном содержании в их составе несгоревшего топлива. Углерод в золе преимущественно присутствует в частицах размером более 40-50 мкм. Поэтому качество золы (отсутствие углеродной составляющей) зависит от степени измельчения угля и условий работы котла. Тонкое измельчение угля, высокая температура и длительное пребывание в топке котла обеспечивают высокое качество золы.

Таким образом, анализ проблемы применения зол ТЭС в Украине показывает, что действующая практика не обеспечивает стабильные свойства строительных материалов при их использовании. По этой причине, в основном, золы-уноса ТЭС практически не применяются в стройиндустрии, несмотря на огромный интерес этой отрасли к рассматриваемому сырью.

Требуются новые технологии переработки и применения зол, базирующиеся на получении стабильно высокого качества строительных материалов, в составе которых используется зола-уноса ТЭС.

Очевидно, что именно поэтому удельный вес утилизации этих ценных продуктов не превышает 8-10 % от объема их выхода. В то же время для складирования зол-уноса заняты многие тысячи гектаров плодородных земель, ветры разносят образующуюся при их хранении пыль, тем самым усугубляя экологическую обстановку в соответствующих регионах.

В работах [1, 2] авторы предлагают перерабатывать золы-уноса электростанций с помощью флотации, поскольку в процессе термообработки все породные частицы плавятся и становятся шарообразной формы, близкой к идеальной сфере. В свою очередь, в угольных частицах в процессе термообработки значительно уменьшается содержание летучих веществ и они обретают повышенную пористость, которая обеспечивает значительную удельную поверхность и, как следствие, повышенную способность адсорбировать органические вещества. Резкие контрастные отличия в свойствах породных и угольных частиц по отношению к органическим реагентам-собирателям определяют использование флотации в качестве эффективного метода сепарации зол.

Однако флотация имеет ряд существенных недостатков: дороговизна, сложность управления процессом, загрязнение среды реагентами, пожароопасность, высокая энергоемкость. Кроме того, получаемые после флотации продукты необходимо сушить, а это требует дополнительных энергозатрат и, как следствие, значительно повышает их себестоимость. Все это резко снижает эффективность процесса переработки золы-уноса ТЭС.

Наличие большого количества золонакопителей в регионе вносит огромный отрицательный вклад в нарушение экологической обстановки. Поэтому их переработка является не только важнейшей технической и технологической задачей, но и социальной проблемой государственного уровня, определяющей актуальность работ, направленных на их исследование и переработку.

Целью поиска технического решения является разработка способа максимального извлечения угля из золы-уноса ТЭС и средств для его осуществления. Поскольку зола представляет собой углеродносиликатную массу, которую разделить на составляющие (углерод-силикаты) в полной мере при существующей технологии обогащения не представляется возможным, необходим нетрадиционный метод разделения.

Прежде всего, необходимо установить содержание углеродной и силикатной составляющей в различных точках накопителя и определить перспективность его разработки. За критерий оценки принимается допустимое содержание

силикатной составляющей в угле после переработки (в концентрате, например, 20-27 %) при максимальном содержании извлеченного угля (15-25 %).

В качестве примера можно привести данные анализа проб золы-уноса из накопителя, показанные в табл. 1-2.

Таблица 1 – Характеристика пробы в точке 1

№ п/п	Классы, мм	Выход класса, %	Содержание силикатной составляющей в классе, %	Выход силикатной составляющей в классе от исходного, %	Выход углеродной составляющей в классе от исходного, %
1	+2,5-5,0	0,06	88,60	0,053	0,007
2	+1,6-2,5	0,01	84,21	0,008	0,002
3	+1,0-1,6	0,03	70,66	0,0212	0,0088
4	+0,63-1,0	0,01	61,46	0,006	0,004
5	+0,315-0,63	0,14	57,50	0,0805	0,0595
6	+0,2-0,315	0,36	46,80	0,168	0,192
7	+0,1-0,2	13,38	54,47	7,288	6,092
8	+0,05-0,1	27,00	55,74	15,049	11,951
9	0-0,05	59,01	95,98	56,637	2,373
Σ		100,0		79,31	20,69

Таблица 2 – Характеристика пробы в точке 2

№ п/п	Классы, мм	Выход класса, %	Содержание силикатной составляющей в классе, %	Выход силикатной составляющей в классе от исходного, %	Выход углеродной составляющей в классе от исходного, %
1	+2,5-5,0	-	-	-	-
2	+1,6-2,5	0,009	85,98	0,0077	0,0013
3	+1,0-1,6	0,089	78,95	0,0903	0,0187
4	+0,63-1,0	0,188	68,34	0,158	0,006
5	+0,315-0,63	0,196	53,57	0,105	0,095
6	+0,2-0,315	0,179	49,95	0,089	0,09
7	+0,1-0,2	14,205	50,25	7,138	7,067
8	+0,05-0,1	38,304	51,98	19,91	18,394
9	0-0,05	46,83	98,95	46,338	0,492
Σ		100,0		73,84	26,16

Проба 1 имеет выход силикатной составляющей в классе от исходного 79,31 % при содержании углеродной части 20,69 %. После извлечения классов крупности +0,05-0,2 мм в полученном продукте остается обогащенная масса с содержанием силикатной части 22,33 % и углеродной 18,04%.

Проба 2 имеет выход силикатной составляющей в классе от исходного 73,84 % при содержании углеродной части 26,16 %. После извлечения классов

крупности +0,05-0,2 мм в полученном продукте остается обогащенная масса с содержанием силикатной части 27,04 % и углеродной 25,45%.

Таким образом, определив среднее значение качества обогащенной массы золы-уноса по двум точкам взятых проб, получим выход силикатной составляющей 22 – 27 % при среднем содержании угля 18-25 % в надрешетном концентрате. Результаты исследований указывают на принципиальную возможность получения низкозольного угольного концентрата из золы-уноса ТЭС путем тонкой классификации без применения специальных методов флотации.

Тонкая классификация по крупности 0,05-0,2 мм с высокой эффективностью для узких полос разделяемых классов сухих сыпучих материалов является проблемой. Для этих целей промышленность Украины оборудования серийно не выпускает. В настоящее время ведутся разработки в этом направлении и отдельные испытания.

В ИГТМ НАН Украины разработаны вибрационные грохоты для тонкой классификации сухих сыпучих материалов и пульп. Их работа основана на использовании динамической активности эластичной рабочей поверхности (сита) специальной конструкции, работающей в резонансном режиме с частотой колебаний привода грохота. При этом частоты колебаний должны обеспечивать высокую текучесть грохотимой горной массы через отверстия динамически активного сита [6-8].

Этот принцип рекомендован для модернизации серийных виброгрохотов при использовании их в процессе тонкой классификации. На этом принципе основаны опытные образцы виброгрохотов, выпускаемых ИГТМ НАН Украины в виде параметрического ряда для промышленной проверки и эксплуатации их при тонкой классификации горной массы (сухой и в виде пульпы).

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Выполненные лабораторные испытания показали, что применение виброгрохотов для тонкой классификации с непосредственным возбуждением ситовой поверхности позволяет без дополнительной операции флотации извлекать максимальное количество угольной массы из золы и использовать ее для энергетики. Оставшаяся силикатная масса может найти свое применение для изготовления строительных смесей.

2. Учитывая различную сортность углей и составы вмещающих пород в золонакопителях, технология и оборудование в каждом конкретном случае должны настраиваться для максимальной эффективности рассева. При этом частота колебаний короба грохота и элементов резинового сита РЛСС должна быть не менее 16 Гц (960-980 об/мин – обороты вала вибровозбудителя).

3. Угол наклона короба грохота с одновальным вибровозбудителем рекомендуется 10-12°, а для виброгрохотов с самобалансным вибровозбудителем – не менее 4°.

4. Предлагаемая технология позволяет на ТЭС перерабатывать золы-уноса на углеродную и силикатную часть, при этом каждая из них имеет

потребительскую ценность: углеродная – энергетическую, а силикатная может быть использована в строительной индустрии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров П.А., Березняк А.А. Технология переработки зол тепловых электростанций // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2004. – Вип. 19(60). – С. 51-57.
2. Егоров П.А., Андрущенко Т.Л. О термодинамике термической обработки угольных шламов // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 1999. – Вип. 5(46). – С. 93-96.
3. Фесак Г.И. О качестве угля для электростанций // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2000. – Вип.8(49) – С. 98-99.
4. Перепелкина И.С. Проблемы и перспективы обогащения антрацитовых штыбов и шламов отходов // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2000. – Вип. 9(50). – С.31-36.
5. Гаевой В.В. Техногенное сырье в производстве композиционных поризованных материалов // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2006. – Вип.25(66)- 26(67) – С. 98-99.
6. Надутый В.П., Нагорский А.Ф., Шевченко А.И. Тонкое вибрационное грохочение при переработке угольных шламов // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 58. – С. 185-190.
7. Надутый В.П., Краснопер В.П. Реализация виброударного взаимодействия рабочих поверхностей грохота при тонкой классификации материалов // Вібрації в техніці і технологіях. Всеукраїнський наук.-техн. журнал – Вінниця. – Вип. 1 (27). – 2003. – С. 83-85.
8. Надутый В.П., Краснопер В.П. Опыт использования виброгрохотов новой конструкции для тонкой классификации минерального сырья // Вібрації в техніці і технологіях. Всеукраїнський наук.-техн. журнал – Вінниця. – Вип. 2 (34). – 2004. – С. 50-52.

УДК 622.831.322

Инж. В.Н. Сапегин
(ИГТМ НАН Украины)

ИНИЦИИРОВАНИЕ ГАЗОТДАЧИ НАГРУЖЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Запропоновано спосіб ініціювання газовиділення з навантажених вугільних пластів. Аналізуються основні параметри способу та порівнюються аналітичні та числові методи їх розрахунку.

INTENSIFICATION OF THE APPORTIONMENT GAS FROM LOADING COAL STRATUMS

Method of intensification of the apportionment gas from loading coal stratums are proposed. Basic parameters of the method also analytical and numerical methods and analysed and are compared.

Существующие технологии искусственного повышения проницаемости и газовыделения не приводят к существенному увеличению газопроницаемости увлажненных нагруженных угольных пластов из-за блокировки метана в микро- и макротрещинах и порах капиллярным давлением воды, которая после гидродинамического воздействия под различным давлением (1-200 МПа) подается в угольный пласт [1].

К наиболее известным способам дегазации, при которых отсутствует блокировка метана в дегазируемых угольных пластах, относится метод вибровоздействия на газонасыщенные угольные пласты. Использование вибровоздействия на угольных шахтах Донбасса показало его невысокую