

УДК 622.7:622.333

В.Г. САМОЙЛИК, канд. техн. наук, доц.,
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Разработаны математические модели различных вариантов схем гравитационного обогащения углей крупностью 1-100 мм, которые позволяют получать максимальный выход твердой фазы водоугольного топлива при заданном уровне зольности.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В последнее время в связи с ростом цены на газ во многих странах с особой остротой встал вопрос о полной или частичной замене газообразного топлива на альтернативные источники тепла, в частности водоугольное топливо [1-3].

Основными параметрами, определяющими эффективность использования водоугольного топлива (ВУТ) в энергетике, является его теплотворная способность и эффективная вязкость. Как было установлено ранее [4-5], все эти параметры ВУТ неразрывно связаны с зольностью его твердой фазы. Снижение зольности повышает калорийность топлива. Кроме того, при снижении содержания минеральных примесей в твердой фазе ВУТ уменьшается его эффективную вязкость. Это даёт возможность увеличивать концентрацию твердого в топливе при заданных значениях его текучести, тем самым повышая теплотворную способность топлива.

Однако уменьшение зольности угля связано с ростом затрат на его обогащение. Поэтому определение эффективного уровня обеззоливания твердой фазы ВУТ предусматривает проведение комплексной оценки технико-экономических показателей процессов получения, транспортирования и сжигания водоугольного топлива с различным уровнем зольности при заданных значениях его реологических параметров. В качестве заданных параметров для ВУТ обычно принимается эффективная вязкость $\eta = 1 \text{ Па}\cdot\text{с}$ при градиенте скорости сдвига 9с^{-1} и седиментационная устойчивость в течение 30 суток [6].

Для оценки технико-экономических показателей процесса получения твердой фазы ВУТ с различным уровнем зольности необходимо разработать различные варианты схем обогащения угля, определить зависимости между выходом и зольностью угля для каждого варианта. Поэтому моделирование процессов приготовления твердой фазы ВУТ является актуальной с научной и практической точек зрения.

Анализ исследований и публикаций. Технологические решения при создании водоугольного топлива различными производителями в основном связаны с необходимостью получения твердой фазы с заданным максимальным значением крупности частиц и с определенным гранулометрическим составом [7]. При этом обоснованию принятых процессов обогащения, анализу их влияния на текучесть и агрегативную устойчивость ВУТ внимание не уделялось.

Выбор схемы обогащения угля, возможная глубина обеззоливания во многом определяются свойствами исходного угля и влиянием принятых методов обогащения на реологические параметры полученного водоугольного топлива. Высокая исходная зольность углей предопределяет многооперационность процесса получения низкозольной твердой фазы. Наличие в углях большого количества сростков минералов с органической частью затрудняет применение гравитационных методов обогащения, требует применения в качестве подготовительных операций дробления и измельчения для полного раскрытия сростков с последующим выделением органической массы флотационным методом.

Гидрофобизация поверхности твердой фазы аполярными реагентами, которые используются в качестве собирателей в процессе флотации, отрицательно влияет на реологические параметры водоугольного топлива [8]. Поэтому при приготовлении твердой фазы ВУТ необходимо особое внимание уделять характеристикам исходных углей (использовать угли с небольшим содержанием

сростков в классах 1-100 мм) и максимально снижать долю углей, обогащаемых флотацией (за счет использования гравитационных методов обогащения).

Постановка задачи. Т. к. в процессе приготовления твердой фазы водоугольного топлива с различным уровнем зольности основное внимание необходимо уделять гравитационным методам, то основной задачей данной работы будет разработка моделей технологических схем гравитационного обогащения углей крупностью 1-100 мм.

Изложение материала и результаты. Для выполнения поставленной задачи были проведены исследования угля марки Г, характеризующегося легкой категорией обогатимости классов крупностью 1-100 мм.

Расчет ожидаемых показателей гравитационного обогащения осуществлялся по двум машинным классам: 13-100 мм и 1-13 мм. Были рассмотрены четыре возможных варианта сочетания гравитационных методов обогащения:

А – обогащение в тяжелосредних сепараторах + отсадка;

Б – отсадка + отсадка;

В – обогащение в тяжелосредних сепараторах + обогащение в тяжелосредних циклонах;

Г – отсадка + обогащение в тяжелосредних циклонах.

Для построения математических моделей технологических операций были приняты данные практических балансов. В качестве независимой переменной использовалась элементарная зольность разделения λ .

На рис. 1 представлены зависимости выхода и зольности концентрата от λ для каждой технологической операции. Анализ кривых показал, что для выражения связи между выходом концентрата и элементарной зольностью разделения можно использовать полином вида

$$y = a_0 + a_1x.$$

Зависимость зольности концентрата от λ носит более сложный характер. Для её описания необходимо использовать полином второй степени

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2.$$

Расчет и оценка точности полученных математических моделей осуществлялась в соответствии с существующей методикой [9]. Судя по величине корреляционных отношений ($r = 0,99 - 0,998$) все найденные зависимости дают достаточно точное описание технологических операций. Доверительный интервал для средних значений зольности концентрата не превышает $\pm 0,045\%$, для выхода концентрата – изменяется в пределах $\pm 0,024 - 0,042\%$.

Математические модели технологических операций будут иметь следующий вид:

- для обогащения угля крупностью 13-100 мм в отсадочной машине:

$$\gamma_{к1} = 24,50 + 0,017*\lambda;$$

$$A_{к1}^d = 2,51 + 88*10^{-4}*\lambda + 2,8*10^{-4}*\lambda^2; \quad (1)$$

- для обогащения угля крупностью 13-100 мм в тяжелосреднем сепараторе:

$$\gamma_{к2} = 24,73 + 0,010*\lambda;$$

$$A_{к2}^d = 2,49 + 141*10^{-4}*\lambda + 0,2*10^{-4}*\lambda^2; \quad (2)$$

- для обогащения угля крупностью 1 -13 мм в отсадочной машине:

$$\gamma_{к3} = 37,78 + 0,044*\lambda;$$

$$A_{к3}^d = 2,56 + 32 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda + 6 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda^2; \quad (3)$$

- для обогащения угля крупностью 1 -13 мм в тяжелосреднем циклоне:

$$\gamma_{к4} = 38,39 + 0,025 \cdot \lambda;$$

$$A_{к4}^d = 2,66 + 17 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda + 2,7 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda^2. \quad (4)$$

На основании полученных моделей для отдельных операций можно описать все четыре рассматриваемые технологические схемы. Математическая модель $i + j$ – той схемы выразится системой уравнений:

$$\gamma_{к(i+j)} = \gamma_{ки} + \gamma_{кj};$$

$$A_{к(i+j)}^d = (\gamma_{ки} \cdot A_{ки}^d + \gamma_{кj} \cdot A_{кj}^d) / \gamma_{к(i+j)}. \quad (5)$$

Подставляя выражения 1 – 4 в уравнения 5 и проводя соответствующие преобразования, получаем математические модели вида

$$\gamma = a + b \cdot \lambda;$$

$$A^d = (c + d \cdot \lambda + e \cdot \lambda^2 + f \cdot \lambda^3) / \gamma. \quad (6)$$

Значения коэффициентов для каждого варианта приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов математических моделей вариантов гравитационного обогащения угля

| Вариант | a | $b \cdot 10^{-2}$ | c | $d \cdot 10^{-1}$ | $e \cdot 10^{-2}$ | $f \cdot 10^{-5}$ |
|---------|-------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
| А | 65,51 | 5,4 | 158,30 | 6,1 | 2,32 | 3,0 |
| Б | 62,28 | 6,1 | 158,22 | 4,9 | 2,99 | 3,0 |
| В | 63,12 | 3,5 | 163,70 | 5,1 | 1,10 | 0,7 |
| Г | 62,89 | 4,2 | 163,62 | 3,9 | 1,76 | 1,0 |

На основании этих моделей можно рассчитать показатели разделения по каждой технологической схеме. Полученные результаты будут обеспечивать максимальный выход гравитационного концентрата при заданной его зольности.

На рис. 2 приведена зависимость $\gamma_{\max} = f(A_{к}^d)$ для всех вариантов схем гравитационного обогащения. Как следует из графиков самый большой выход концентрата при одинаковой его зольности получается по варианту В. Так, при $A_{к}^d = 3,5$ % значения выходов были следующими: $\gamma_{к}^A = 64,77\%$; $\gamma_{к}^B = 64,70\%$; $\gamma_{к}^B = 65,98\%$; $\gamma_{к}^Г = 64,97\%$.

Подставляя значения элементарной зольности разделения, соответствующие заданной зольности концентрата, в выражения 1 – 4, можно вычислить также показатели продуктов обогащения по отдельным операциям.

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, полученные зависимости дают полное описание исследуемых вариантов схем гравитационного обогащения. Использование выражений 6 позволит оценить приведенные затраты на приготовление 1 т твердой

фазы водоугольного топлива с различным уровнем зольности по каждой технологической схеме и определить наиболее эффективный с экономической точки зрения вариант.

Список литературы

1. **Ходаков Г.С.** Водоугольные суспензии // Энергетика. 2000. № 2. С. 104-119.
- 2.

1. **Макаров А.С. и др.** Получение высококонцентрированного угольного топлива на основе отходов углеобогащения для использования в энергетическом комплексе Украины. / А.С. Макаров, О.М. Кобитович, А.И. Егурнов, С.Д. Борук, Д.П. Савицкий // Наук.-техн. Зб. «Збагачення корисних копалин» . – 2008. – вип. 33(74). – с. 138-148.

2. **Макаров А.С.** Физико-химические основы получения высококонцентрированных водоугольных суспензий / А.С. Макаров, Е.П. Олофинский, Т.Д. Дегтяренко // Вестник АН УССР – 1989. – №2. – С.65-75.

3. **И.Д. Дроздник и др.** Рынок угля и перспективные направления его использования: информационно-аналитический обзор. / Дроздник И.Д., Орлов А.В., Черкасов В.В. / – Харьков, 2004. – 188 с.

4. **Макаров А.С.** Проблемы использования высококонцентрированного водоугольного топлива на основе углей Украины / А.С. макаров, С.В. Янко / Уголь Украины. – 1992. – С. 3-5.

5. **Урьев Н.Б.** Высококонцентрированные дисперсные системы.- М: Химия, - 1980 - 360 с.

6. **Макаров А.С.** Структурообразующая способность высокодисперсного углерода в водной среде. / А.С. Макаров, И.А. Андреева, А.Г. Жигонский // УХЖ. – 2001. – Т.67, №2. – С.101-106.

7. **Самойлик В.Г.** Исследование воздействия аполярных реагентов на текучесть водоугольных суспензий / В.Г. Самойлик, Е.И. Назимко // Наук.-техн. Зб. «Збагачення корисних копалин». – 2012. – вип. 50(91). – с. 147-153.

8. Способ получения стабилизирующей добавки для водоугольной суспензии. А.с. 1378348. СССР, МКИ³ С 10 I/32 / Л.В. Гирина, В.И. Дуленко, И.Н. Думбай и др./ Опубл. 01.11.87, Бюл. №37. – 1с.

9. **Гарковенко Е.Е. и др.** Особенности флотации и обезвоживания тонкодисперсных углесодержащих материалов. – Донецк: Норд-пресс. – 2002. – 256 с.

Рукопись поступила в редакцию 8.10.2012

УДК 622.7:622.333

Самойлик В.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОМАСЛИВАНИЯ УГОЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ РЕАГЕНТОВ-ПЛАСТИФИКАТОРОВ

Рассмотрено влияние степени омасливания угольной поверхности на эффективность действия реагентов-пластификаторов при подготовке водоугольного топлива.

Розглянутий вплив міри омаслювання вугільної поверхні на ефективність дії реагентів-пластифікаторів при підготовці водовугільного палива.

Influence of degree of coal surface treatment with collectors during water-coal fuel preparation is considered.