

УДК 628.334.141

ГРНТИ 52.45.15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Федарович Евгений Геннадьевич

инженер кафедры процессов и аппаратов химических производств

Чиркун Татьяна Яновна

инженер кафедры процессов и аппаратов химических производств

Левданский Александр Эдуардович

д.т.н., заведующий кафедрой процессов и аппаратов химических производств

Белорусский государственный технологический университет

Республика Беларусь, г. Минск

Аннотация: В статье приведен обзор возможных областей применения твердых отходов нефтепереработки (нефтяного кокса) в различных отраслях промышленности. В обзоре наибольшее внимание уделено влиянию гранулометрического состава нефтяного кокса на сферы его применения. Отмечено, что для использования нефтяного кокса в качестве вторичного сырья при производстве различной продукции, необходима его предварительная переработка методом измельчением. Предложено, на основании исследованных физико-механических свойств нефтяного кокса, использовать для стадии грубого измельчения щековую дробилку со сложным качанием щеки. Приведены результаты выполненных экспериментальных исследований и обработки опытных данных процесса измельчения нефтяного кокса в щековой дробилке. Построены графические зависимости влияния технологических параметров процесса дробления нефтяного кокса на степень измельчения материала, гранулометрический состав продуктов дробления и производительность щековой дробилки марки ЩД-10. Сделан вывод о пригодности использования щековой дробилки для дробления нефтяного кокса.

Ключевые слова: нефтяной кокс, дробление, щековая дробилка, степень измельчения, производительность, гранулометрический состав.

DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF THE PROCESS OF GRINDING SOLID WASTE OIL REFINING

Fedarovich Evgeny Gennadievich

engineer of the department of Processes and Apparatus of Chemical Production

Chirkun Tatiana Yanovna

engineer of the department of Processes and Apparatus of Chemical Production

Levdansky Alexander Eduardovich

doctor of technical sciences, head of the department of Processes and Apparatus for Chemical
Production

Belarusian State Technological University

Republic of Belarus, Minsk

Annotation: The article provides an overview of the field of application of solid waste processing (petroleum coke) in various industries. In the review, the greatest attention is paid to the influence of the particle size distribution of petroleum coke on the scope of its application. It is noted that for the use of petroleum coke as a secondary raw material in the manufacture of various products, it is necessary to pre-process it by grinding. It is proposed, on the basis of the investigated physical and mechanical properties of petroleum coke, to use a jaw crusher with complex jaw swing for the stage of coarse grinding. The results of the performed experimental

studies and processing of experimental data for crushing petroleum coke in a jaw crusher are presented. Graphical dependences of the influence of the technological parameters of the petroleum coke crushing process on the degree of grinding of the material, the granulometric composition of the products and the productivity of the jaw crusher of the ShchD-10 brand have been built. A conclusion is made about the suitability of using a jaw crusher for crushing petroleum coke.

Keywords: petroleum coke, crushing, jaw crusher, grinding degree, particle size distribution.

Твердый отход нефтепереработки (нефтяной кокс) – это твердый остаток вторичной переработки нефти или нефтепродуктов, получаемый при замедленном коксовании тяжелых нефтяных остатков [1]. Образуется в виде отложений на стенках аппаратов и трубопроводов технологических установок, размеры которого зависят в основном от способа отчистки оборудования.

Нефтяной кокс широко используется в металлургической промышленности. Требования, предъявляемые к гранулометрическому составу кокса, определяются технологией доменной плавки. Для малых доменных печей используется мелкий кокс класса 40–25 мм; для крупных доменных печей с объемом 3000 м³ и более предпочтителен кокс крупностью 60–25 мм [2].

При получении анодной массы в производстве алюминия, графитированных электродов дуговых печей в сталеплавильном производстве, одним из контролируемых для оценки пригодности нефтяного кокса является гранулометрический состав. Так, согласно единым корпоративным требованиям алюминиевых заводов ОАО «Русский алюминий», сырой нефтяной кокс должен состоять не более чем на 35 % из кусков размером менее 8 мм [3–4].

Известен способ использования нефтяного кокса в качестве топлива, при производстве минеральной ваты в шахтных печах с диаметром около. Для использования нефтяного кокса в данных печах, его гранулометрический состав должен приближаться к 0,1 диаметру печи. В результате, используется нефтяной кокс с фракционным составом от 40 до 150 мм [5].

Широко находит применение использование нефтяного кокса в технологии производства извести в печах шахтного типа [6]. В качестве топлива используют кокс металлургический, каменноугольный, литейный, литейный каменноугольный, нефтяной, каменный уголь или антрацит. При приготовлении шихты соблюдают гранулометрический состав как известняка, так и твердого топлива. Средний размер кусков нефтяного кокса должен составлять от 25 до 100 мм. Данное требование, как подчеркивают авторы патента, является обязательным условием, его не выполнение, не позволяет достигнуть высокой степени обжига извести.

Одним из возможных направлений использования сернистых и высокосернистых коксов, состоящих преимущественно из кусков до 8 мм, является коксохимическая промышленность, где нефтяной кокс используется в качестве коксующей добавки при производстве металлургического кокса [7].

Учитывая вышесказанное, применение нефтяного кокса в виде порошков определенного гранулометрического состава является актуальным и востребованным методом его использования в различных отраслях промышленности.

С этой целью, в данной работе были изучены процессы дробления нефтяного кокса, для получения порошков различного гранулометрического состава.

Измельчению подвергались твердые отходы нефтепереработки, образующиеся на предприятии ОАО «Нафтан».

Нефтяной кокс представляет собой крупные куски черного цвета с размером 100×180 мм. Частицы имеют неправильную форму с острыми гранями. Структура кокса – слоистая, что наблюдается при механическом разрушении материала. Спайность или

способность нефтяного кокса раскалываться по определенным плоскостям средняя, раскалывание материала происходит с образованием плоскостей спайности и неровных изломов по случайным направлениям. В некоторых случаях наблюдается также несовершенная спайность. Излом кокса неровный, частично ступенчатый. На поверхностях излома наблюдается ярко выраженный металлический блеск.

Для образцов нефтяного кокса были определены основные физико-химические характеристики: кажущаяся плотность – 1340 кг/м³; открытая пористость – 1,39 %; водопоглощение – 1,04 %.

Кроме того, для образцов нефтяного кокса в виде кубов с размерами 25×25×25 мм была построена диаграмма сжатия (рисунок 1).

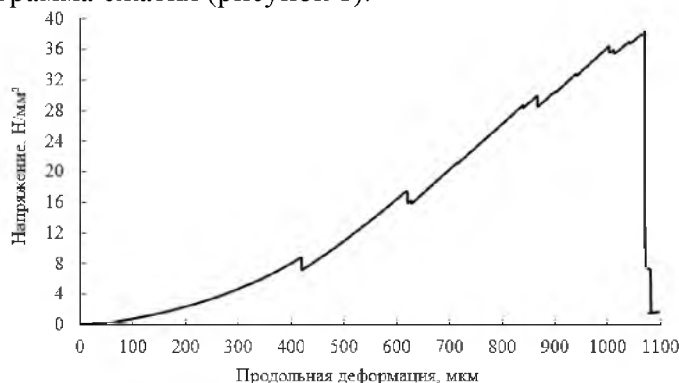


Рисунок 1 – Диаграмма сжатия образца нефтяного кокса

Установлено, что при достижении прилагаемой нагрузки на материал равной 8,78 МПа, наблюдается образование первых трещин, что также наблюдается при 17,36 МПа. Пределу прочности на сжатие нефтяного кокса соответствует значение 29,88 МПа, при котором произошло разрушением материала по плоскостям спайности. При дальнейшем приложении нагрузки, разрушение структуры образовавшихся пластинок материала произошло при 38,2 МПа.

Исследование физико-химических свойств нефтяного кокса показало, что данный материал, характеризующийся достаточно высокой прочностью на сжатие и слоистой структурой, является хрупким. Для материалов данного типа, рациональным является дробление в агрегатах, в которых материал разрушается по принципу раздавливания или раскалывания, к примеру в щековой дробилке. Данные агрегаты предназначены для дробления хрупких сыпучих материалов, имеют простую конструкцию, небольшие габаритные размеры, надежны, просты в обслуживании и ремонте.

Таким образом, для изучения процесса грубого измельчения нефтяного кокса была использована экспериментальная установка, с использованием в качестве агрегата для грубого дробления щековой дробилки со сложным качанием щеки ШД-10.

Проведение экспериментальных исследований процесса дробления нефтяного кокса в щековой дробилке заключалось в изменении зазора между подвижной и неподвижной щеками от 0,005 до 0,03 м. Постоянными параметрами процесса дробления являлись: средний размер кусков исходного материала – 0,0634 м, насыпная плотность исходного материала – 513,83 кг/м³, частота вращения эксцентрикового вала подвижной щеки – 406 об/мин.

Степень измельчения материала определялась по формуле:

$$i = \frac{D_{cp}}{d_{cp}}, \quad (1)$$

где D_{cp} и d_{cp} – средневзвешенные размеры кусков исходного и дробленого материала, м.

По результатам экспериментальных исследований, были построены графические зависимости гранулометрического состава полученного материала от величины зазора между щеками (рисунок 2).

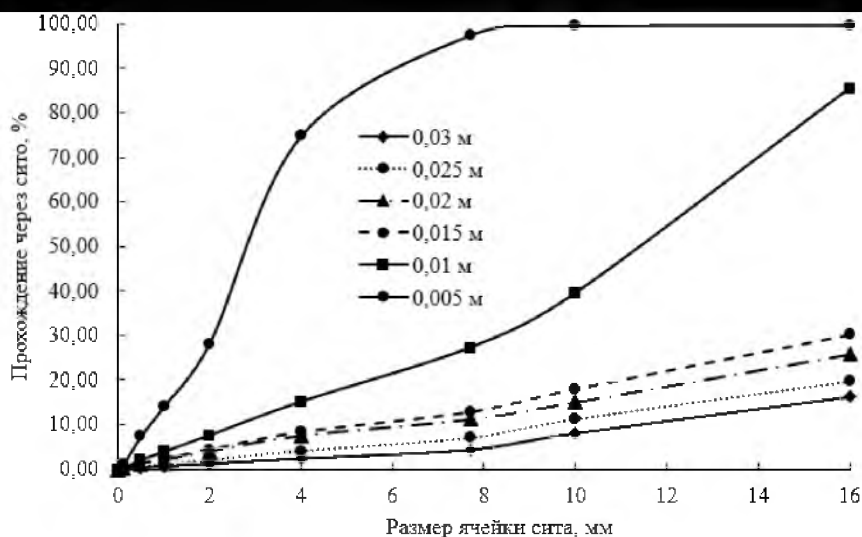


Рисунок 2 – Зависимость дисперсного состава материала от величины зазора между щеками

Исследуя гранулометрический состав полученных порошков, выявлено, что изменения зазора между щеками при дроблении оказывает существенное влияние на качество получаемого материала. Так, если рассматривать ГОСТ 22898 «Коксы нефтяные малосернистые», для нефтяного кокса различных марок регламентируется массовая доля мелочи, содержание кусков размеров меньше 8 мм – не более 10,0 %, а для марки КЗА высшего сорта – не более 8,0 %, при получении нефтяного кокса меньшего гранулометрического состава, его относят к коксовой мелочи. Следовательно, для получения порошков, отвечающим настоящему стандарту, зазор между щеками, в щековой дробилке должен составлять не менее 0,025 м. При данном расстоянии между щеками дробилки, содержание фракций меньше 8 мм составляет 7,04 %. Максимально возможные куски материала имеют размеры 20×55×15 мм. Степень измельчения при этом составляет 1,69. Производительность щековой дробилки – 535,80 кг/ч.

При дальнейшем уменьшении зазора между щеками, полученный порошок нефтяного кокса будет относиться к коксовой мелочи.

Помимо этого, выявлено, что уменьшение зазора между щеками меньше 0,01 м приводит к значительному увеличению содержания в продуктах дробления фракций меньше 0,5 мм. Так, при зазоре между щеками 0,01 мм, содержание фракции 0–0,5 мм составляет 2,01 %, а при зазоре между щеками 0,005 мм, соответственно 7,34 %. Так как нефтяной кокс по опасности воспламенения и взрыва в помещениях относится к IV классу группы Б (ГОСТ 22898), согласно ГОСТ 12.1.041 «Пожаровзрывобезопасность горючих пылей» данные продукты измельчения могут образовывать горючие пыли. Следовательно, при дроблении нефтяного кокса при данном зазоре между щеками необходимо принимать ряд мер обеспечивающих пожаровзрывобезопасность.

Далее, для каждой серии экспериментов с различными зазорами между щеками была рассчитана степень измельчения.

На рисунке 3 представлена графическая зависимость степень измельчения нефтяного кокса при различном разоре между щеками.

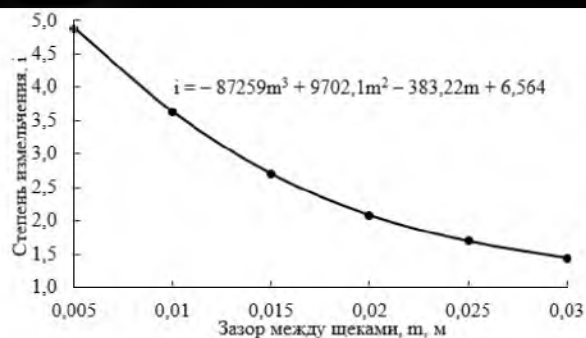


Рисунок 3 – Зависимость степени измельчения нефтяного кокса от величины зазора между щеками

Установлено, что уменьшение зазора между щеками дробилки приводит к увеличению степени измельчения материала. При этом, данная зависимость описывается уравнением логарифмической кривой третьего порядка с максимальным отличием рассчитываемых значений от экспериментальных – 0,4 %. Учитывая то, что процент погрешности составляет меньше 0,5 %, данное уравнение можно применять для прогнозирования степени измельчения нефтяного кокса при различных значениях зазора между щеками в щековой дробилке ШД-10.

В дальнейшем, определялось влияние частоты вращения эксцентрикового вала на гранулометрический состав получаемого порошка, степень измельчения и времени, затраченного на дробление. В ходе экспериментальных исследований, частота вращения эксцентрикового вала изменялась от 2,5 до 8,45 об/с с шагом 0,85 об/с. Зазор между щеками дробилки не изменялся и составлял 0,02 м. Средний размер кусков материала, поступающего в дробилку – 0,0634 м.

На рисунке 5 представлена графическая зависимость гранулометрического состава материала получаемого при дроблении с различными частотами вращения эксцентрикового вала подвижной щеки.

Установлено, что при изменении частоты вращения эксцентрикового вала от 2,5 до 8,45 об/с, показатель прохождения через сито с размером ячейки 16 мм увеличивается от 22,68 до 25,36 %. Также, выявлено, что при повышении частоты вращения вала подвижной щеки до 8,45 об/с, наблюдается увеличение в составе продуктов дробления фракций 0–0,5 мм на 0,27 %, по сравнению с результатами при 2,5 об/с.

Анализ результатов гранулометрического состава показал, что увеличение частоты вращения вала подвижной щеки приводит к увеличению в составе продуктов дробления мелких фракций с размером меньше 0,5 мм. Наиболее четко это наблюдается при увеличении частоты вращения до 8,45 об/с – 1,39 %.

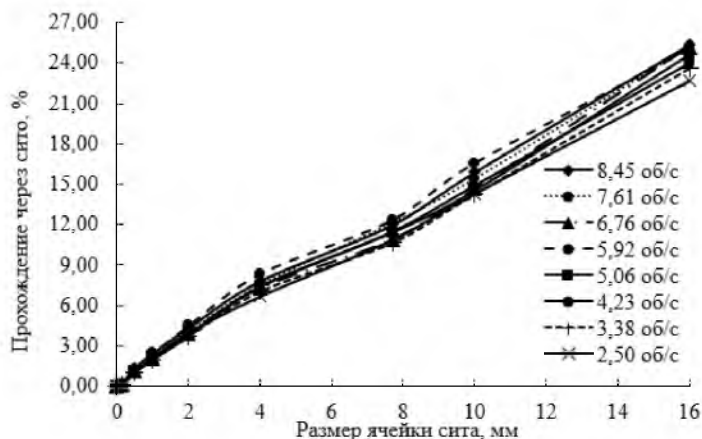


Рисунок 5 – Графическая зависимость гранулометрического состава материала получаемого при дроблении с различными частотами вращения эксцентрикового вала подвижной щеки

По результатам гранулометрического состава была рассчитана степень измельчения материала (рисунок 6).

На рисунке видно, что увеличение частоты вращения вала подвижной щеки приводит к увеличению степени измельчения материала. При этом существенное изменение степени измельчения наблюдается при достижении 6,75 об/с. Так, при увеличении частоты вращения вала от 6,75 до 7,60 об/с, степень измельчения увеличивается на 0,07, а от 7,60 до 8,45 об/с соответственно на 0,2.

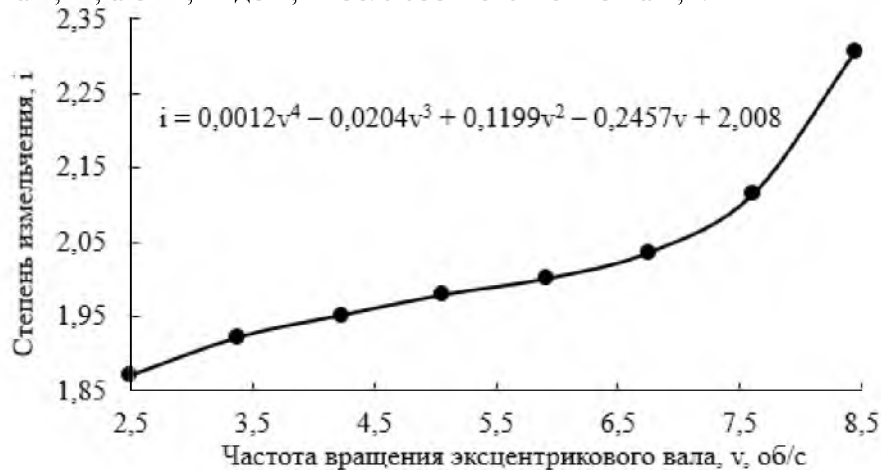


Рисунок 6 – Графическая зависимость изменения степени измельчения нефтяного кокса в дробилке, от частоты вращения вала подвижной щеки

Данный вид кривой (рисунок 6) можно объяснить тем, что при увеличении частоты вращения вала подвижной щеки, время разгрузки материала во время отхода подвижной щеки сокращается, что препятствует частицам свободно проходить в направлении разгрузки. В результате, для свободного прохождения материала через разгрузочную щель, его размер должен приближаться к расстоянию между щеками в точки их максимального приближения. Установлено, что максимальные размеры частиц, при дроблении в щековой дробилке с частотой вращения вала подвижной щеки 2,5 об/с составляют $23 \times 45 \times 14$ мм, а при 8,45 об/с соответственно $13 \times 42 \times 9$ мм.

Кривая описывается полиномиальной кривой 4-го порядка, погрешность данной кривой, относительно экспериментальных данных не превышает 0,26 %.

Изменение производительности щековой дробилки при изменении частоты вращения вала подвижной щеки изображено на рисунке 7

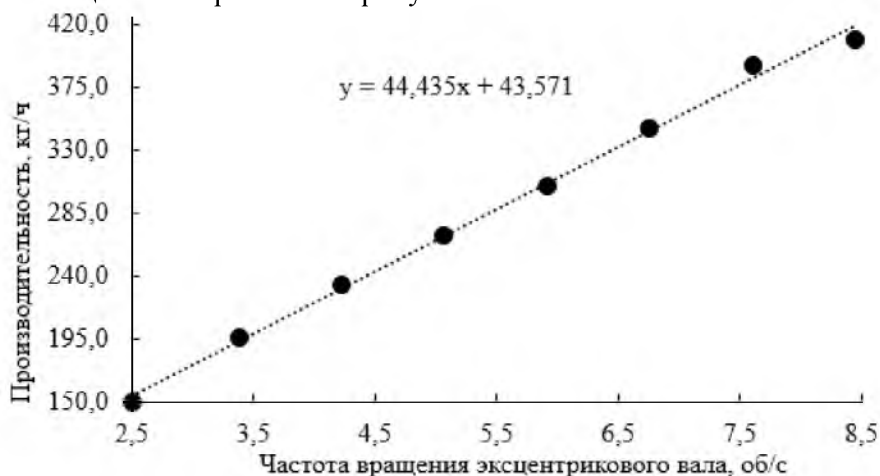


Рисунок 7 – Графическая зависимость изменения производительности щековой дробилки при различной частоте вращения вала подвижной щеки

Установлено, что производительность щековой дробилки, при увеличении частоты вращения вала подвижной щеки увеличивается. При этом данная зависимость имеет приближенно линейный характер. Используя уравнение линейной функции, можно рассчитать производительность щековой дробилки с погрешностью относительно экспериментальных данных 0,51–3,11 %. Производительность, в зависимости от значений частоты вращения эксцентрикового вала изменяется от 150 до 409,09 кг/ч.

В данной работе нами были изучены основные физико-химические свойства твердых отходов нефтепереработки, образующихся на ОАО «Нафтан». Установлено, что для данного материала, имеющего слоистую структуру, достаточно высокую механическую прочность и малую пористость, относящегося к хрупким материалам, рационально использование в качестве дробильного оборудования щековой дробилки со сложным качанием щеки.

Использование щековой дробилки позволяет получать материал различного гранулометрического состава в зависимости от технологических параметров процесса дробления. Изменение зазора между подвижной и неподвижной щеками позволяет регулировать дисперсный состав получаемого материала в широких пределах. Регулирование частоты вращения вала подвижной щеки позволяет задавать необходимую производительность.

Список литературы:

1. Борисов И.Н., Мандрикова О.С., Мишин Д.А. Нефтяной кокс – альтернативное топливо для цементной вращающейся печи // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 3–7.
2. Кауфман А.А. Технология коксохимического производства / А.А. Кауфман, Г.Д. Харлампович. – Екатеринбург: ВУХИН-НКА, 2005. – 263 с.
3. Яблокова М.А., Пономаренко Е.А., Георгиевский Н.В. Современные технологии и оборудование для утилизации мелких нетоварных фракций нефтяного кокса (обзор) // Химия и химическая технология. – 2016. – № 34. – С. 67–78.
4. Валявин Г.Г., Запорин В.П., Габбасов Р.Г., Калимуллин Т.И. Процесс замедленного коксования и производство нефтяных кокса, специализированных по применению // Территория нефтегаз. – 2011. – №8. – С. 44–49.
5. Пат. 2439006 Российская Федерация, МПК С03С 13/06. Способ получения ваты минеральной / Шашмулин П.И., Посохов Ю.М., Загайнов В.С., Стуков М.И., Косогоров С.А., Мамаев М.В., Матюхин В.И., заявитель и патентообладатель ЗАО «НКА-Холдинг». – № 2010132076/03, заявл. 29.07.2010; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1. – 9 с.
6. Пат. 2264361 Российская Федерация, МПК С04В 2/10. Способ получения извести / Азаров В.А., Белкин А.В., Фальковский Н.Н., Шестаков В.В., заявитель и патентообладатель ОАО «Березниковский содовый завод». – № 20021355699/03, заявл. 27.12.2002; опубл. 20.11.2005, Бюл. № 32. – 5 с.
7. Способ получения коксующей добавки замедленным коксованием: пат. 2400518 Рос. Федерация. № 2009113213/15; заявл. 08.04.2009; опубл. 27.09.2010. Бюл. № 27. 5 с.

