

УДК 504.064

Н. П. Кузнецов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет
К. Ю. Чазова, магистрант, Ижевский государственный технический университет

ВОЛОКНИСТЫЕ СОРБЕНТЫ С УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ СБОРА РАЗЛИТОЙ НЕФТИ

Рассмотрены варианты волокнистых сорбентов для очистки воды от нефти и нефтепродуктов. Предложена конструктивно-компоновочная схема мата-сорбента многократной сорбции.

Ключевые слова: сорбенты, волокнистые материалы, мат-сорбент многократной сорбции.

Разливы нефти и нефтепродуктов имеют место на всех стадиях обращения с ними: при производстве, транспортировке, переработке, хранении, приеме, отпуске и использовании. Особенно актуальна эта проблема в России, где в связи с изношенностью оборудования, а также несоблюдением технологической дисциплины на территориях промышленных предприятий, в местах прохождения технологических эстакад, трубопроводов имеют место значительные разливы данных продуктов. Причем наиболее сложными случаями являются разливы на поверхности воды.

Существует много методов и средств ликвидации разливов, которые позволяют быстро и эффективно извлечь нефть и нефтепродукты с водной поверхности. Из всех известных способов и методов ликвидации загрязнений нефтепродуктами водной поверхности следует выделить четыре основных способа: механический, осушаемый с помощью всевозможных конструкций и устройств для сбора нефти; физико-химический, основанный на использовании физико-химических явлений; биологический – с помощью микробиологических культур; термический – посредством сжигания [1]. Все методы по-своему хороши и эффективны, однако собранную такими способами нефть и нефтепродукты не всегда представляется возможным вернуть обратно в производство. Она либо смешивается с водой, образуя трудноразделимую водонефтяную эмульсию, либо соединяется с сорбентом без возможности их разделения и извлечения нефтепродукта из тела сорбента, либо просто сжигается, при этом теряется очень ценный продукт. Поэтому сохраняется необходимость исследования, разработки и создания надежных методов сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности воды с последующим их использованием по прямому назначению.

Наиболее перспективным из действующих технологий сбора разлитой нефти и нефтепродуктов и удаления их из окружающей среды является метод

сорбции. Для его реализации применяется целый ряд природных сорбентов.

В основном это сорбенты на основе природных материалов порошковых форм: сажа, уголь, торф, целлюлоза, древесная стружка, хлопок. Такие сорбенты относительно дешевы и обладают достаточно высокими сорбционными свойствами по отношению к углеводородам. Однако при их применении возникает ряд проблем, связанных с техническими трудностями при сборе отработанного сорбента с очищенной поверхности воды, его регенерации и утилизации. Кроме того, они сами часто становятся дополнительным источником загрязнения окружающей среды.

Волокнистые сорбенты также имеют объемную структуру, а их пористость обусловлена прежде всего пустотами структуры. Пористая структура волокнистых абсорбентов хаотична и может быть изменена в результате уплотнения, перемещения или другого внешнего воздействия. Объемно-пористые сорбенты имеют устойчивую и упорядоченную структуру, при этом структурные пустоты данных материалов имеют геометрически правильные формы (рис. 1).

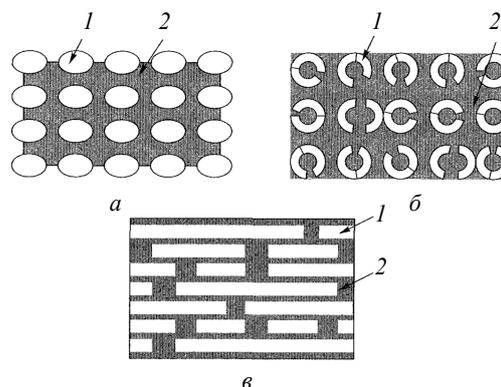


Рис. 1. Принципиальные схемы взаимодействия нефти с поглотителями [1]: а – закрытая структура; б – открытая структура; в – волокнистая структура; 1 – нефть в пространстве сорбента; 2 – сорбент волокнистого строения

Новым решением в этой области является безреагентная физико-химическая обработка естественных материалов (торф, опилки, отходы переработки сельскохозяйственных продуктов) (табл. 1) с получением нефтяных сорбентов [2].

Природные целлюлозные волокнистые материалы подвергают обработке окисленным атактическим полипропиленом, наносимым на поверхность волокон путем его сорбции из раствора в алифатических углеводородах C_5-C_7 с последующей сушкой от растворителя [3], что обеспечивает высокую устойчивость полимера к вымыванию нефтепродуктами и высокую гидрофобность адсорбента. Помимо этого окисленный атактический полипропилен образует с поверхностью целлюлозы соединения типа кластеров, что существенно увеличивает сорбционные свойства природных волокон. Указанные свойства позволяют существенно повысить емкость адсорбента к нефти и нефтепродуктам и обеспечить возможность его многократного использования.

Основными достоинствами этих сорбентов являются экологическая чистота, широкая сырьевая база, высокая гидрофобность и нефтеемкость при сравнительно низкой стоимости.

Предпочтительнее использовать волокнистые материалы в виде матов (тюфяков) путем наложения на загрязненную водную поверхность с последующим

механическим отжимом поглощенных нефтепродуктов из сорбента. После отжима адсорбент может быть повторно использован много раз.

В отличие от природных сорбентов нетканые материалы (текстильные изделия из волокон или нитей, соединенных между собой без применения методов ткачества) благодаря специфике своей структуры являются прекрасной сорбирующей основой для создания нового поколения современных технических средств и технологий защиты окружающей среды от загрязнения ее нефтепродуктами.

Нетканые материалы вырабатываются как из натуральных (хлопковых, льняных, шерстяных), так и из химических волокон (например, вискозных, полиэфирных, полиамидных, полиакрилонитрильных, полипропиленовых), а также вторичного волокнистого сырья (волокна, регенерированные из лоскута и тряпья) и коротковолокнистых отходов химической и других отраслей промышленности.

В настоящее время запатентованные нетканые волокнистые сорбенты выпускаются двух типов по разработанной технической документации на производственных мощностях ОАО «НИИ нетканых материалов» в виде рулонов шириной 1,6 м. Эксплуатационные характеристики нетканых сорбентов «Мульти-С» (ТУ 17-14-13-167-97) и «Экосорб» (ТУ 8397-230-00302327-01) приведены в табл. 2 [4].

Таблица 1. Характеристики различных нефтяных сорбентов [2]

Марка сорбента	Питсорб	Турбоджет	Пауэрсорб	БТК-1	НПМ-3	Сорбойл
Основа сорбента	Торф	Торф	Нетканое полотно	Торф	Ткань, пропитанная реагентом	Торф, опилки, кора, с/х отходы
Внешний вид	Крошка	Крошка	Рулон	Крошка	Мат	Крошка
Плотность, г/см ³	0,16	0,11	–	0,06	–	0,25
Нефтеемкость, г/г	4	3,6	12	11	10	8
Нефтеемкость при 4 °С, г/г	1,6	3,6	11,4	10	9,4	8
Водопоглощение, г/г	1,64	2,03	0,06	5,21	0,15	0,05
Токсичность	Безвредный	Безвредный	–	Безвредный	Безвредный	Безвредный
Способ утилизации	Сжигание, захоронение	Сжигание при 365 °С	Отжатие	Сжигание	Регенерация, сжигание	Отжатие, регенерация
Упаковка	Мешок (22 кг)	Мешок (30 кг)	Рулон (30 кг)	Мешок (15 кг)	Рулон (10–15 кг)	Мешок (15 кг)
Страна-производитель	Канада	Франция	Франция	Россия	Россия	Россия

Таблица 2. Характеристика нетканых волокнистых сорбентов [4]

Показатели	Торговая марка сорбента	
	Мульти-С	Экосорб
Поверхностная плотность, г/м ²	250	300
Толщина, мм	4	6
Сорбционная емкость, г/г	12 (для легких фракций) 15 (для тяжелых фракций)	20 (для легких фракций) 25 (для тяжелых фракций)
Удерживающая способность, %	92	95
Скорость поглощения нефтепродукта, мин	1,0 (для легких фракций) 1,5 (для тяжелых фракций)	3,0 (для легких фракций) 5,0 (для тяжелых фракций)
Скорость поглощения нефтепродукта, мин	1,0 (для легких фракций) 1,5 (для тяжелых фракций)	3,0 (для легких фракций) 5,0 (для тяжелых фракций)
Многократность использования	до 50 раз	до 50 раз
Водопоглощение, г/г	9–12	1,0–1,5
Плаваемость (визуально)	Устойчивая в верхнем слое воды	Неограниченная на поверхности воды

По своим эксплуатационным характеристикам нетканый волокнистый сорбент «экосорб» соответствует лучшим зарубежным образцам и имеет значительные преимущества в цене.

К преимуществам нетканых сорбентов можно отнести широкие возможности в варьировании эксплуатационных характеристик, как за счет структурных особенностей и технологических параметров изготовления, так и за счет применения различных видов синтетических волокон с комплексом специальных свойств. Варьируя состав и свойства сырья, технологические параметры процесса формирования материала и структурные характеристики сорбента, можно изменять его сорбирующую способность и другие эксплуатационные характеристики.

С точки зрения идеального сорбента нетканые материалы и изделия из них являются наиболее перспективными. Их структурные особенности способны обеспечить избирательную сорбцию по отношению к углеводородам в присутствии воды, а также дают возможность регулировать удерживающую способность сорбента и его сорбционную емкость, являющиеся определяющими характеристиками при оценке эксплуатационных свойств. Градиент плотности материала по толщине обеспечивает сорбенту высокую способность к регенерации путем механического отжима, т. е. материал и изделия из него можно использовать многократно, что является немаловажным экономическим преимуществом в их применении.

В работе [5] предлагается в качестве основы использовать нетканый волокнистый материал, сформированный в мат, содержащий смесь фракций алкил-карбоновых кислот C_9-C_{17} , $C_{18}-C_{21}$, $C_{22}-C_{27}$ при массовом соотношении, соответственно, от 0,2 : 1 : 1 до 2 : 3 : 7, в сочетании с гидрофобным компонентом из класса алифатических эфиров алкил-карбоновых кислот $RCOOR'$, где $R' = C_1-C_8$; $R = C_8-C_{16}$, $C_{17}-C_{20}$, $C_{21}-C_{28}$, в который введены армирующие, противоусадочные и термо-, пароустойчивые элементы.

Так, если в качестве основы взять волокнистый материал из базальтовых волокон (рис. 2), то при удельной поверхности волокна от $700 \text{ м}^2/\text{кг}$ до $1400 \text{ м}^2/\text{кг}$ и диаметре нитей от 0,2 до 2,0 мкм, а также армирующие, противоусадочные и термо-, пароустойчивые элементы, выполненные на основе базальтовых тканей, которые облегают с внешних сторон основу и выполнены в виде сплетений жгутов и плетеных лент, причем имеющие удельные поверхности, соответственно, 700 и 200 м²/кг, то это приводит к значительному увеличению циклов «сорбция – регенерация», упрощается технология нанесения активного вещества из гидрофобных компонентов на поверхность основы.

При этом предлагаемый сорбент имеет следующие соотношения компонентов в массовых процентах.

Активное вещество – 1,0–5,0; гидрофобный компонент – 1,0–5,0; основа (базальтовое волокно) – 93,0–70,0.

Армирующие элементы – 1,0–5,0; противоусадочные элементы – 3,0–5,0; термо-, пароустойчивые элементы – 1,0–10,0.

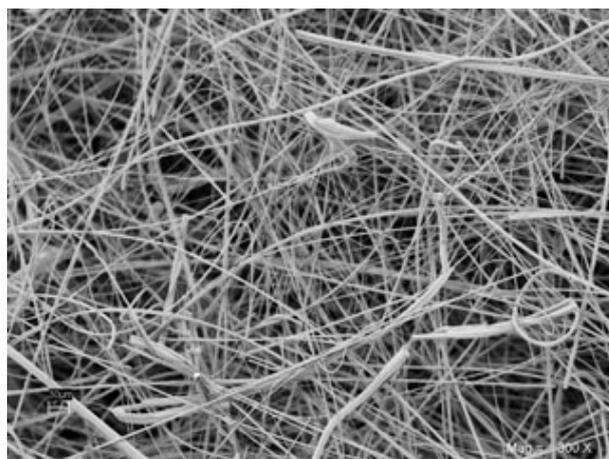


Рис. 2. Базальтовая вата

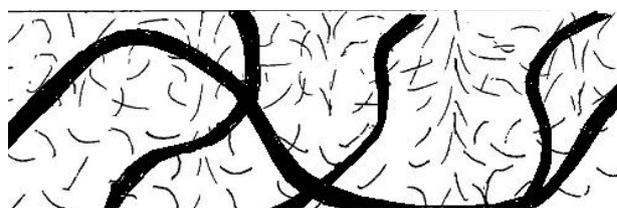


Рис. 3. Упругие элементы в структуре мата-сорбента

После отжима сорбент обрабатывают острым паром при температуре 105–110 °С для удаления следов нефти с его поверхности. Далее следует осушка сорбента в потоке воздуха для удаления следов воды. Затем добавляются в сорбент порции активного вещества и гидрофобного компонента в количестве 0,7–1,4 весового % к весу собранных в предыдущем цикле углеводородов, путем впрыска компонентов в основу. Сорбент снова готов к использованию.

Сочетание основы с такими составляющими, как армирующие, противоусадочные и термо-, пароустойчивые элементы позволяет получить для сорбента в целом новые свойства:

- многократность проведения цикла «сорбция – регенерация»;
- повышенную скорость сорбции нефти, масел, других углеводородов;
- устойчивость к проведению технологических операций, связанных с восстановлением сорбента (воздействие струй острого пара, струй воздушного потока).

Применение ресурсосберегающей технологии защиты на основе нетканых сорбентов, в особенности матов-сорбентов, может оказать практическую помощь в реализации концепции защиты окружающей среды в рамках региональных и государственных программ по ослаблению негативного влияния на окружающую среду нефтегазового и транспортно-го комплексов, а также других потребляющих нефтепродукты производств.

Библиографические ссылки

1. Каменщиков Ф. А., Богомольный Е. И. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. – М. ;

Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика» ; Институт компьютерных исследований, 2006. – 528 с.

2. Артемов А. В., Пинкин А. В. // Вода: химия и экология. – 2008. – № 1. – С. 19–25.

3. Пат. РФ № 2061541. Сорбент для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности воды / Сироткина Е. Е., Сафонов Г. А., Бембель В. М., Болтрукевич Е. П.

4. Есенкова Н. П., Михалькова А. И., Бачерникова С. Г. Нетканые сорбенты для сбора разливов нефтепродуктов и экспресс-метод определения их сорбционной емкости. – URL: <http://www.stroy-press.ru/print.php?id=3804>

5. Кузнецов Н. П., Кургузкин М. Г., Ахмадуллин И. Б. Утилизация наземного оборудования мобильных грунтовых ракетных комплексов. – М. ; Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. – 528 с. : ил.

N. P. Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

K. Ju. Chazova, Candidate for a Master's Degree, Izhevsk State Technical University

Fibrous Sorbents with Elastic Elements for Gathering of Poured Oil

Variants of fibrous sorbents for separating water from oil and oil products are considered. The design-layout scheme of a floor-mat-sorbent multiple sorption is offered.

Key words: sorbents, fibrous materials, multiple sorption floor-mat-sorbents.

УДК 621.002.

С. Д. Кугультинов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет
С. А. Колегов, аспирант, Ижевский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ АЛМАЗНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ С ПОДАЧЕЙ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНУ РЕЗАНИЯ

Подробно рассмотрен процесс шлифования периферией круга и определены физические характеристики при подаче СОТС через отверстия в абразивном инструменте.

Ключевые слова: абразив, алмаз, инструмент, кавитация, отверстия, резание, сопло Лавалья, СОТС.

Основной дальнейший развития и совершенствования алмазной обработки является глубокое и всестороннее изучение физики процессов, протекающих в обрабатываемом изделии и инструменте. Шлифование представляет собой процесс комплексного воздействия режущей части абразивного инструмента, состоящего из большого числа отдельных режущих элементов, на поверхностный слой обрабатываемого материала [Крымов В. В. Опыт шлифования титановых сплавов алмазными кругами. М. : Машиностроение, 1973]. При этом процесс удаления припуска с помощью абразивного инструмента имеет ряд особенностей, существенно отличающих его от процесса обработки лезвийным инструментом.

Рассмотрим процесс шлифования периферией алмазного круга с отверстиями в виде сопел для подачи СОТС в зону резания (рис. 1). Каждое алмазное зерно при резании снимает слой гораздо меньшей толщины, чем выступание его (Δ) над связкой. Это происходит за счет того, что предыдущее зерно уже сняло слой материала какой-то толщины обрабатываемой поверхности изделия. Следовательно, в зоне резания существует всегда зазор между обрабатываемой поверхностью и поверхностью связки, в который и подается по отверстиям в круге СОТС в зону резания.

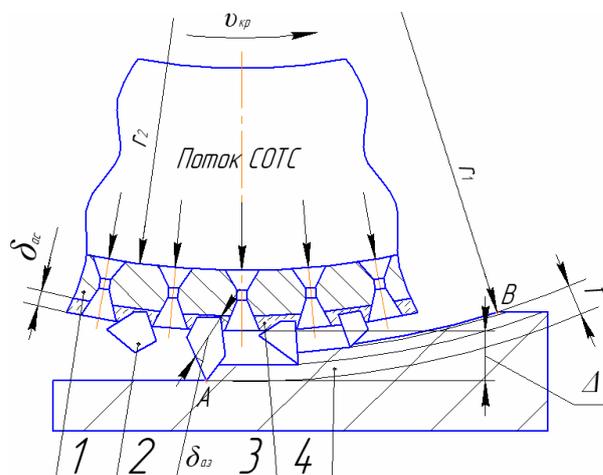


Рис. 1. Схема работы алмазного круга: 1 – корпус круга; 2 – алмазное зерно; 3 – связка; 4 – обрабатываемая поверхность детали

Алмазное зерно, срезая небольшую частицу шлифуемого материала, гонит перед собой слой СОТС со скоростью, равной окружной скорости периферии шлифовального круга. Течение СОТС происходит практически по всему сечению щели малой высоты Δ , но значительной ширины, равной ширине алмазоносного слоя, находящегося в контакте с обрабатываемым материалом h . Известно, что при