

## ОБЗОР ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКОЙ СЕРЫ И КОМПОЗИТОВ НА ЕЁ ОСНОВЕ

*Е.А. Колобова, ст. преподаватель,  
Д.А. Ложкина, аспирант,  
(И.А. Прошин д.т.н., проф. ФГБОУ  
ВПО «Пензенский государственный  
технологический университет».)*

*Аннотация.* В статье рассмотрены основные характеристики серы и композитов на её основе. Проведен обзор различных областей применения серных композиционных материалов. Показано, что производство серы как побочного продукта переработки нефти значительно превышает её потребление, и разработка новых способов её дополнительного использования является актуальным направлением.

*Ключевые слова:* сера, характеристики серы, нефтепереработка, серные композиционные материалы.

Содержание сернистых соединений в нефтях составляет до 7–9% по массе. Сера в нефти содержится в виде: элементной серы, сероводорода, меркаптанов, сульфидов (теозфиры) и дисульфидов (дитиозфиры), циклических соединений и их гомологов [1].

Сера и её соединения содержатся в нефтях в растворенном состоянии, причем содержание меркаптановой серы составляет 15% массовых частей от её общего содержания. В бензиновых фракциях сосредоточены меркаптаны, в бензиновых и легроино-керосиновых – сульфиды, в керосино-газойлевых фракциях – дисульфиды. В сырой нефти сера преобладает в меркаптанах, сульфиды и дисульфиды, а после термической обработки входит в состав ароматических гетероциклических соединений [3].

Пыль серы относится к взрывоопасным веществам, но для взрыва необходима концентрация пыли 20 г/м<sup>3</sup>. С воздухом пары серы образуют взрывчатую смесь. При горении серы образуется слабосветящееся пламя высотой до 5 м, а температура пламени составляет 1820 °С.

Пожарной автоматикой горение серы сложно обнаружить, поскольку спектр голубого пламени лежит в ультрафиолетовом диапазоне и не излучает в инфракрасном диапазоне. На складах серы для предотвращения пожаров необходимо: проветривать помещение, очищать от пыли конструкции и технологическое оборудование, не проводить работы с применением открытого огня [2].

Значительное количество серы получается как побочный продукт переработки нефти. В соответствии с экологическими требованиями к моторному топливу, на заводах нефтепереработки вынуждены извлекать серу из нефти. Так как извлечение серы требует затрат, то на НПЗ стараются использовать нефть с низким содержанием серы, месторождения которой ограничены. К тому же, вследствие высоких цен на нефть, стало экономически целесообразно использовать высокосернистую нефть и так называемую альтернативную нефть (например, битумную нефть с высоким содержанием серы). В результате про-

изводство серы превышает её потребление, и если структура потребления серы не изменится, то этот разрыв будет расти [4].

Мировой рынок серы в последние годы, а также по прогнозам до 2020 г. будет иметь устойчивую тенденцию превышения производства серы над ее сбытом, что связано с более глубокой очисткой серы от попутных газов, продуктов нефтепереработки, разработкой серосодержащих газовых и нефтяных месторождений и др. Именно поэтому сегодня, в связи с падением цены на серу на мировом рынке, становится более выгодным использовать ее в технологии стройиндустрии и дорожном строительстве [3,4].

Получаемая сера на предприятиях нефте- и газопереработки накапливается в отвалах и хранится, как правило, на открытых полигонах. Известно, что при хранении серы протекают процессы: микробиологическое окисление серы с образованием серной кислоты, сублимация и выветривание, выброс остаточных  $H_2S$  и  $SO_2$ , окисление серы под действием внешних факторов, взаимодействие серы с углеводородами с образованием серосодержащих органических соединений. Производство, хранение и транспортировка больших объемов технической серы сопряжены с высокими текущими и капитальными затратами и представляют серьезную экологическую проблему для населения близлежащих городов.

В настоящее время все больше разрабатываются пути использования элементной серы – крупнотоннажного отхода нефтепереработки. Концепция включает два направления: первое – трансформация обычной кристаллической циклооктасеры в специфические разновидности – аморфную, водорастворимую, органомодифицированную, легированную и др.; второе – получение соединений с высоким содержанием серы (органические и неорганические полисульфиды, серосодержащие полимеры (тиоколы), осерненные органические продукты). Установлены следующие перспективные области применения серы и композиций на ее основе: гидрофобизаторы и связующие в строительстве, фунгициды и акарициды в сельском и лесном хозяйстве, противозадирные и противоизносные присадки к маслам, герметики, модифицирующие добавки к полимерным композициям, эмульсолы и т.д. [3].

Сера используется в различных областях: при производстве удобрений, кормов, вяжущих для строительства, асфальтобетонов, пигментов, фунгицидов, растворителей, лекарств, клея, целлофана, спичек, шин, красок, резино-технических изделий, моющих средств, синтетических изделий [5, 6].

Более 90% производимой в мире серы перерабатывается в серную кислоту. При этом более 56% потребляемой в мире серной кислоты находит применение в производстве фосфорной кислоты и фосфорных удобрений [8].

Специфичные свойства серных композиций, в том числе низкий естественный радиоактивный фон, защитные свойства от электромагнитного и радиоактивного излучений, создают возможности применения технической серы в строительной и дорожной индустрии [6, 7].

Серные композиции (бетоны, растворы, мастики) представляют собой искусственный каменный материал из затвердевшей отформованной смеси, состоящей из серного вяжущего и заполнителей.

Серные композиции могут быть классифицированы:

- по зерновому составу – бетоны, растворы, мастики;
- по плотности – легкие, тяжелые, особо тяжелые;
- по структуре – плотные, поризованные, ячеистые, крупнопористые;
- по назначению – конструкционные, ограждающие, изоляционные, защитные;
- по форме выпуска – литевые смеси, камни, блоки, плитки, формованные изделия.

Пропитку водным раствором серы следует рассматривать как самостоятельное технологическое решение, позволяющее производить обработку при нормальной температуре, что значительно упрощает ее применение, как в заводских, так и в построечных условиях. Водный раствор серы, используемый в качестве пропиточной композиции, разработан «НИИРеактив».

Анализ результатов научных исследований, опытного освоения производства изделий из серных бетонов с учетом физико-механических свойств и высокой химической стойкости позволяет выявить целесообразные области применения серного бетона и номенклатуры изделий на его основе: конструкции, подверженные воздействию агрессивной среды; конструкции для предприятий пищевой промышленности и сельскохозяйственного производства, хранилищ сельхозпродукции и др.; элементы конструкций «нулевого» цикла знаний и инженерных сооружений (фундаментные подушки, основания, стеновые, фундаментные и цокольные блоки, сваи, облицовочные плиты, закладные детали при возведении трубопроводов и теплотрасс, пригрузочные блоки нефтегазопроводов, опоры буровых платформ); элементы автодорожного и железнодорожного строительства (шпалы, тротуарные и дорожные щиты, настилы мостов, бортовые и бордюрные камни, сигнальные и оградительные дорожные столбы, укрепительные плитки, элементы водоотводных труб); элементы переходов через водные преграды, обводненные участки, участки временных сухих водотоков (в т.ч. обетонированные стальные трубы газопроводов); изготовление стеновых материалов, кирпича, черепицы; хранилища и контейнеры для утилизации агрессивных отходов, в том числе радиоактивных [7,8].

Производство труб различного назначения – одно из перспективных направлений применения композиций на основе серного вяжущего. При этом используются такие свойства данных композиций, как высокая плотность, водонепроницаемость, быстрый набор прочности, стойкость в некоторых промышленных, бытовых, природных, жидких средах.

Контейнеры для захоронения радиоактивных и токсичных отходов из специальных составов на основе серного вяжущего – одно из самых перспективных направлений. Радиоактивные отходы или токсичные материалы могут помещаться в специальные контейнеры, приготовленные из серных бетонов, в естественном или в капсулированном виде, что значительно повышает надеж-

ность захоронения. Возможно добавление токсичных материалов в составы замесов при приготовлении серных композиций. Составы серных композиций могут применяться для устройства изолирующих экранов в земле для предотвращения фильтрации вредных веществ в окружающий грунт. Бетонирование серными бетонами объектов под водой создает надежную и долговечную защитную структуру над защищаемым объектом [8].

Известен способ получения бетона с низкой открытой пористостью и заданными плотностью и прочностью на основе вяжущего – серы элементарной и модификатора, а также заполнителя на основе шлама водоподготовки для объектов муниципального хозяйства. Областью применения являются строительные материалы для изготовления подземных конструкций – свай, фундаментов, подпорных стен, дорожных покрытий, декоративно-художественных изделий и др. Состав для серных бетонов с использованием серы и серного вяжущего также используется при производстве материалов с повышенной прочностью, морозостойкостью, стойкостью к воздействию знакопеременных температур.

Важным с точки зрения рационального природопользования является использование серы и отходов различных производств для получения вяжущего. В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что, с одной стороны производство серы значительно превышает её потребление, следовательно, разработка новых способов её использования является актуальным направлением, а с другой – материалы на основе серного вяжущего, по сравнению с аналогами (бетонами и асфальтобетонами) обладают рядом важных преимуществ: повышенной химической и водостойкостью, прочностью, плотностью и низким водопоглощением, поэтому изготовление изоляционных композитов на основе серы является перспективным направлением.

#### Список литературы:

1. Агабеков, В.Е. Нефть и газ: технологии и продукты переработки /В.Е. Агабеков, В.К. Косяков. – Минск: Беларус. Навука, 2011. – 459 с.
2. ГОСТ 127.1-93. Сера техническая. Технические условия. – введ. 01.01.1997 г.– Минск. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 85
3. Менковский, М.А. Природная сера/ М.А. Менковский и др. – М.: Химия, 1972. – 240 с. 109
4. Makenya, A.R., 'Industrial Application of Sulfur Concrete. An Environment-friendly Construction Material', Doctoral Thesis (KTH, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2001) 67
5. Пат. 2448924 Российская Федерация, МПК С04В 28/36. Состав для серного бетона / В.Г. Васильев, Е.В. Владимирова, Т.С. Чистякова, А.П. Носов, В.Л. Кожевников, О.М. Шанникова, А.Г. Осминин, Е.С. Агеева, Д.С. Медведева, М.Г. Койтеева, Е.С. Герасимова; заявитель и патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук (RU), ООО НПФ «ВОСТЭП» (RU). № 2010125787/03; заявл. 23.06.2010; опубл. 27.04.2012 Бюл. №12–6 с. 117

6. Пат. 2356867 Российская Федерация, МПК С04В 28/35. Состав для серных бетонов / Д.А. Пичугин; заявитель и патентообладатель Д.А. Пичугин (RU). № 2007133352/03; заявл. 05.09.2007; опубл. 27.05.2009 Бюл. № 15–4 с.120
7. Пат. 2430053 Российская Федерация, МПК С04В 28/36 С01В 17/00 В82В 1/00 С04В 111/20. Серобетонная смесь и способ её получения / А.П. Мырзин, В.А. Софьин; заявитель и патентообладатель П.П. Мырзин (RU), В.А. Софьин (RU). № 2010124994/03; заявл. 17.06.2010; опубл. 27.09.2011 Бюл. № 27–6 с.
8. Степанчикова, И. Г., Промышленность строительных материалов ЭИ/ И.Г. Степанчикова, Макаров С. В., Зайцева В. А., Власов А. С. // Сер. Использование отходов, попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий. Охрана окружающей среды / ВНИИ ЭСМ. — М., 1987. — Вып. 9. — С. 11. 113