

А. В. Мелешко

Полоцкий государственный университет (ПГУ), г. Новополоцк, Республика Беларусь

**СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СЕРЫ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ И
ПРИРОДНОГО ГАЗА**

Выполнен анализ современных способов рационального использования серы, образующейся в процессе переработки нефти и природного газа. Определено, что переработка серы в современные дорожно-строительные материалы позволила бы решить не только экономическую сторону вопроса, но и экологическую проблему во многих областях.

Ключевые слова: сера; сероасфальтобетон; серобетон; строительные материалы.

Meleshko Anastasia Valentinovna

Polotsk State University (PSU), Novopolotsk, the Republic of Belarus

**MODERN METHODS OF USING SULFUR, GENERATED IN THE
PROCESS OF REFINING OIL AND NATURAL GAS**

The analysis of modern methods of rational use of sulfur generated in the process of oil and natural gas processing is carried out. It's certain that the processing of sulfur into modern road construction materials would solve not only the economic side of the issue, but also the environmental problem in many areas.

Keywords: sulfur; sulfur asphalt concrete; sulfur concrete; building materials.

В настоящее время одна из основных мировых проблем, которая возникает перед современными нефтеперерабатывающими (НПЗ) и газоперерабатывающими (ГПЗ) заводами, заключается в эффективном применении и переработки полученной в процессе производства серы. Выделение и крупнотоннажное производство серы связано с ужесточением экологических требований по ограничению содержания серы в нефтепродуктах и необходимости снижения количества выбрасываемого сероводорода в окружающую среду, также это связано с тем, что в производство включаются тяжелые высокосернистые нефти.

Одна из основных установок, где непосредственно получают серу, является установка производства элементарной серы методом Клауса. Процесс Клауса, названный по имени английского химика Карла Клауса, запатентованный в 1883 году, является основным процессом получения серы из сероводорода и основан на окислении сероводорода до серы. Данный процесс успешно применяется на различных НПЗ и ГПЗ по всему миру, также и на белорусских НПЗ: ОАО «Мозырский НПЗ» и ОАО «Нафтан». На установке производства элементарной серы методом Клауса на ОАО «Нафтани» из сероводорода, поступающего с других его объектов, в среднем планируется получать около 200 тонн серы ежедневно.

Основными потребителями получаемой серы на данный момент являются химическая, целлюлозно-бумажная, деревообрабатывающая, горнодобывающая промышленности, металлургия и прочие, но даже они не могут переработать всю производимую серу. Вместе с тем, переработка серы в современные дорожно-строительные материалы позволила бы решить не только экономическую сторону вопроса, но и экологическую проблему во многих областях. Так на примере ряда стран: Россия, Канада, ОАЭ, Казахстан, в том числе Беларусь – производство серы постепенно превышает её потребление, что приводит к снижению себестоимости продукции [4-6].

На данный момент, вопрос о более широком использовании серы в производстве поднимается все чаще, и это вполне могло бы решить проблемы некоторых отраслей.

Элементарная сера обладает способностью образовывать большое количество аллотропных модификаций это связано с тем, что объединяясь друг с другом, атомы серы образуют кольцевые или цепные молекулы.

Так, для циклооктосеры (S_8) насчитывается больше 20 различных аллотропных форм. Многие аллотропные формы существуют в различных изомерных состояниях. Согласно исследованиям Маркова В.В. можно разделить аллотропные формы серы условно на три группы: аллотропные формы циклооктосеры, полимерной серы и промежуточные.[9] Для каждой формы серы характерны свои специфические физико-химические особенности, связанные с первоначальной формой.

В зависимости от температуры сера может принимать три состояния: твердое, жидкое, газообразное. Реакционная способность, а так же строение молекулы во многом зависит от температуры, так при температуре 110 – 119°C сера начинает плавиться, а при 444,8°C происходит процесс кипения.

Сера реагирует со многими органическими соединениями, но не растворяется в воде, плохо проводит электрический ток, обладает стойкостью к воздействию агрессивных сред: растворов кислот и щелочей, устойчивостью к изменению температур, при введении модифицированной серы в различные вяжущие материалы, она придаёт им специфические характеристики [7]. Основные свойства серы при различных температурах приведены в таблице 1 [7].

Таблица 1

Свойства элементарной серы

Показатель	Температура, °С		
	20	122	150
Плотность, г/см ³	2,1	1,96 – 1,99	1,6 – 1,81
Прочность при сжатии, МПа	12 – 22	-	-
Твердость по шкале Мосса	1 – 2	-	-
Вязкость, Па·с	-	0,011 – 0,012	0,0065 – 0,0070
Поверхностное натяжение, Н/м	-	-	0,055
Теплоемкость, кДж/кг	0,7	1,47	1,84

Использование элементарной серы в чистом виде, например, в строительстве, невозможно из-за ее существенной хрупкости и возможности окисления до оксида серы (IV) или серной кислоты, исходя из этого, чтобы получить качественный стабильный продукт, первоначально необходимо получить модифицированную серу, на основе элементарной. Модификация серы проводится путем введения в нее различных «сшивающих» добавок, с целью придания ей дополнительных свойств. Таким образом, получают модифицированную серу, которая состоит собственно из самой серы и ее «сшивающего» агента.

В настоящее время, активно изучаются различные способы модификации и стабилизации композиций на основе органических полисульфидов и серы, перспективных в качестве связующих для наполненных строительных материалов, проводятся исследования влияния условий и природы «сшивающего» агента на образование органических полисульфидов в расплаве серы в процессе ее модификации.

Один из способов получения модифицированной серы основывается на смешении расплавленной серы, также иногда практикуется введение

дробленной или молотой (порошкообразной) серы при температуре 120 – 135 °С с органическими добавками, после чего на протяжении 20-50 минут производится интенсивное перемешивание в герметично закрытом сосуде, без снижения температуры, до тех пор, пока продукт не стабилизируется, время перемешивания меняется относительно количества добавленной серы, а также интенсивности перемешивания, тогда реакция модификации серы становится необратимой и вследствие этого, отсутствует деструкция [2].

Композиции на основе таких органических полисульфидов и серы, представляющие собой сополимеры, включающие с себя примерно 30% масс. различных аллотропных состояний серы, используются для производства сероасфальтобетонных и серобетонных смесей, так например серобитумные вяжущие и смеси на их основе, приготовленные с использованием модифицированной серы обладают высокими прочностными характеристиками, повышенной износо-, коррозионно- и химической стойкостью, низкой водопроницаемостью, высокой устойчивостью к резким перепадам температур по сравнению с традиционными промышленно производимыми битумами, бетонными и асфальтобетонными смесями [10].

Приготовление серобетонных смесей может производиться на обычных асфальтных установках, помимо этого при соблюдении температурных режимов укладывать такие смеси или изготавливать какие-либо изделия дорожной одежды можно в любое время года.

Однако, на данном этапе развития производства при получении вяжущих материалов в результате взаимодействия серы с непредельными углеводородами, которые входят в состав вяжущего материала (битума), происходит выделение токсичных сернистых газов – сероводорода, сернистого ангидрида. Этот факт сдерживает широкое применение серы в производстве дорожных материалов, поэтому решение данной проблемы имеет первостепенное значение.

Разработка энерго- и ресурсосберегающего технологического процесса модифицирования серы и вовлечения полученного продукта в производство строительных материалов и дорожных покрытий позволит получить значительный экономический и экологический эффект.

На сегодняшний день перед нами стоит основная задача исследования и получения модифицированной серы наиболее доступным: экономически и экологически выгодным способом, а также получение серобетонных и сероасфальтобетонных смесей и последующее возможное внедрение этих технологий в современное производство.

Научные руководители – к. хим. н., доцент кафедры технологии и оборудования переработки нефти и газа С. Ф. Якубовский, ПГУ; к.т.н., доцент кафедры технологии и оборудования переработки нефти и газа Ю. А. Булавка, ПГУ.

Список литературы

1. Трухин, Г. О. Применение нефтегазовой серы в строительстве / Г. О. Трухин. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 13. – С. 31-36.
2. Физико-химические основы применения серы как материала в качестве вяжущего для сероасфальтобетона и сероцементобетона / Ю. Э. Васильев, Н. В. Мотин, И. Ю. Сарычев, А. В. Кочетков. – Текст : непосредственный // Сборник материалов международной научной конференции, Россия, г. Киров, 24-25 июня 2013 года. ; под редакцией А. В. Кочеткова. – Киров, 2013. – С. 64-71.
3. Руденская, И. М. Органические вяжущие для дорожного строительства / И. М. Руденская, А. В. Руденский. – Москва : Транспорт, 1984. – 229 с. – Текст : непосредственный.
4. Потуроев, В. В. Полимербетоны / В. В. Потуроев. – Москва : Стройиздат, 1987. – 286 с. – Текст : непосредственный.
5. Фомин, А. Ю. Применение серы в производстве дорожно-строительных материалов / А. Ю. Фомин, В. Г. Хозин. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2009. – № 11. – С. 20-22.
6. Каганович, Е. В. К вопросу использования серы при строительстве и ремонте автомобильных дорог в Республике Казахстан / Е. В. Каганович, В. С. Курчавов. – Текст : непосредственный // Вестник КаздорНИИ. – Алматы, 2004. – № 1. – С. 53-55.
7. Халиуллин, А. К. Химия серы / А. К. Халиуллин. – Москва : Стройиздат, 1995. – 170 с. – Текст : непосредственный.
8. Борбат, В. Ф. Химия серы в технологии промышленных материалов / В. Ф. Борбат, М. А. Елесин, Ф. П. Туренко. – Омск: Академия, 2004. – 274 с. – Текст : непосредственный.
9. Менковский, М. А. Технология серы / М. А. Менковский, В. Т. Яворский. – Москва : Химия, 1985. – 286 с. – Текст : непосредственный.
10. Голубева, И. А. Проблемы производства и утилизации газовой серы в России, основные направления их решения / И. А. Голубева. – Текст : непосредственный // НЕФТЕГАЗОХИМИЯ. – 2015. – № 1. – С. 22-27.