

Институт нефтехимического синтеза
имени А. В. Топчиева РАН

Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова

Реологическое общество имени Г.В. Виноградова

V конференция молодых
учёных



РЕОЛОГИЯ
И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ
МЕХАНИКА
ГЕТЕРОФАЗНЫХ СИСТЕМ

19—20 июня 2017 года
Москва

УДК 52 134:541.186/6

В сборнике помещены программа и тексты докладов V конференции молодых ученых «Реология и физико-химическая механика гетерофазных систем».

Тематика докладов охватывает широкий круг актуальных проблем реологии полимеров, дисперсных, медицинских и пищевых сред, а также физико-химической механики гетерофазных систем. Сборник представляет интерес для научных работников, студентов высших учебных заведений, аспирантов, врачей-практиков, инженерно-технического персонала, связанного с формированием полимерных материалов, композитов и производством пищевых продуктов.

Доклады публикуются в авторской редакции.

СВЕДЕНИЯ О КОНФЕРЕНЦИИ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

В.Г. Куличихин (председатель), Н.М. Задымова, Л.И. Иванова, Ф.А. Куликов-Костюшко, А.Я. Малкин, В.Г. Сергеев, З.Н. Скворцова, В.Ю. Траскин, Н.Б. Урьев, Э.И. Френкин.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ И РЕГЛАМЕНТ

Конференция проводится по адресу: Москва, Ленинский проспект, дом 29, Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН.

Открытие конференции — в 9:30 19 июня 2017 года.

Все выступления устные.

На лекции выделяется 30 минут, на доклады — не более 15 минут, включая ответы на вопросы.

ISBN 978-5-9905815-6-2



9 785990 581562

Компьютерная вёрстка:
Ф.А. Куликов-Костюшко

системы жидкость — твердое тело. Уравнения были аппроксимированы с помощью метода конечных разностей [2] и решены с помощью программы MATLAB. Значения параметров и свойств, используемых при моделировании, были согласованы с тестируемыми данными для кремния.

В качестве примера использовали углерод как единственную примесь, присутствующую в расплаве сульфида галлия с концентрацией 40 частей на миллион [3], что является характерным содержанием в бинарном сульфиде галлия. Была проведена аппроксимация тепловых и концентрационных профилей в результате кристаллизации слоистого соединения типа $A^{III}B^{VI}$ на примере сульфида галлия. В частности, определена зависимость изменения скорости движения межфазной границы раздела от толщины межфазной границы при активном охлаждении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mullins W.W., Sekerka R.F. Stability of a Planar Interface during Solidification of a Dilute Binary Alloy. *Journal of Applied Physics*, 35:444–451, 1964.
2. Ozisik N.M. *Finite Difference Methods in Heat Transfer*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 1994.
3. Чурбанов М.Ф., Вельмузов А.П., Суханов М.В. Способ получения особо чистых сульфидов р-элементов III группы периодической системы. C01G1/12, C01G15/00, C01F7/70. Патент РФ №2513930. 2014.

Изменение реологических свойств тяжелого котельного топлива при добавлении обезвоженного карбонатного шлама

Г.Р. Ахметвалиева¹, Р.В. Хабибуллина¹, Д.Р. Салихзянова¹,
Ф.И. Бурганова¹, Д.В. Ермолаев², Э.Р. Зверева¹

¹ Казанский государственный энергетический университет,
Казань, Россия

² Исследовательский центр проблем энергетики КазНЦ РАН,
Казань, Россия

gu_94@mail.ru

Качество топочного мазута, применяемого как аварийное, резервное и растопочное топливо на электростанциях и в котельных, является определяющим фактором эффективности работы теплоэнергетических установок. Наблюдаемое в настоящее время снижение качества котельного топлива за счет увеличения в таком топливе доли тяжелых остаточных фракций из-за более глубокой переработки нефти, в частности, ухудшение его вязкостно-температурных характеристик, приводит к значительным энергетическим и экономическим затратам при его использовании. Необходимость улучшения качества топочного мазута и

уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу требует изыскания эффективных и недорогих способов, одним из которых является добавление в топливо специальных веществ — присадок [1-4], разрушающих пространственную структуру смолисто-асфальтовых веществ мазута, за счет чего улучшаются однородность топлива, его реологические характеристики и повышается качество распыливания. В качестве присадок к топливу обычно применяют органические вещества различной структуры, а в последнее время также используют наночастицы металлов, оксидов, карбидов, нитридов.

В данной работе нами было проведено изучение возможностей добавления к мазуту присадки из обезвоженного карбонатного шлама, являющегося отходом процесса химводоочистки тепловых электростанций. Карбонатный шлак обладает комплексом специфических физико-химических свойств, среди которых следует отметить разнообразный химический состав (карбонаты кальция, гидроксиды магния и железа, соединения алюминия и т.д.), а также обусловленную его нано- и микроразмерной структурой высокую дисперсность и поверхностную активность. В наших предыдущих работах [1,2] было показано, что добавление карбонатного шлама в концентрациях до 0.5 мас. % заметно улучшает реологические характеристики топочного мазута. Однако наряду с наблюдаемыми положительными эффектами при добавлении к мазуту присадок минерального характера увеличивается его зольность. Исследования показали, что при использовании карбонатного шлама в концентрации 0.1 мас. % зольность увеличивается в 3 раза, а для концентраций 0.5 мас. % — уже в 10 раз [5]. Поэтому в данной работе рассмотрено воздействие карбонатного шлама в концентрации 0.1 мас. % на вязкостные характеристики котельного топлива. Кроме того, проведенные на базе котлоагрегата ТГМ-84Б ст. № 7 Набережно-Челнинской ТЭЦ ОАО «Генерирующая компания» промышленные испытания показали, что присадка в виде обезвоженного карбонатного шлама водоподготовки в количестве 0.1 мас. % позволяет химически связывать серу, содержащуюся в мазуте, которая обычно выделяется в атмосферу в процессе его сгорания. За счет этого снижаются выбросы оксидов серы в атмосферу. Результаты промышленных испытаний показали снижение выбрасываемых оксидов серы на 36.5 мас. % при сернистости топлива 3.5 мас. % [5].

Для исследований были взяты образцы высокосернистого топочного мазута марки М100 производства Нижнекамского НПЗ, используемого на ТЭЦ г. Казани в качестве аварийного и резервного топлива. Состав топочного мазута марки М100 представлен в основном парафиновыми (49,2 %) и ароматическими (42,6 %) углеводородами. Подготовленные пробы мазута и мазута с присадкой на его основе были исследованы с помощью ротационного вискозиметра Rheomat RM 100 для нахождения значений динамической вязкости при различных скоростях сдвига. Динамическая вязкость пропорциональна напряжению сдвига, возникающему в изучаемом образце мазута, помещенном в узкий зазор

между вращающимся и неподвижным коаксиальными цилиндрами. При проведении исследований угловая скорость вращения цилиндра варьировалась в широких пределах — от 2 до 300 с^{-1} . Определялся вращающий момент, пропорциональный тангенциальному напряжению в кольцевом зазоре, который преобразовывался в электрический сигнал. Значения вязкости вычислялись при помощи встроенного микропроцессора, анализирующего изменения крутящего момента и скорости сдвига. Измерения вязкости мазута производились при двух температурах (65 °С и 70 °С) и различных скоростях сдвига. Работа вискозиметра управлялась с персонального компьютера через программное обеспечение VISCO-RM SOFT. Результаты экспериментов представлены на рис. 1.

Вязкость исследованных в настоящей работе образцов чистого мазута имеет небольшие значения, что говорит о его высоком качестве. При 65 °С (рис.1, слева) вязкость остается практически постоянной в течение всего эксперимента, т.е. мазут ведет себя как ньютоновская жидкость, а значит, представляет собой почти свободнодисперсную систему. Это бывает в том случае, когда достаточно большие ассоциаты молекул высокомолекулярных алканов или смолисто-асфальтеновых компонентов не связаны между собой, поскольку разделены частицами мелкодисперсной фракции. Сплошная структурная сетка в объеме образца не образована, а течение носит слоистый характер.

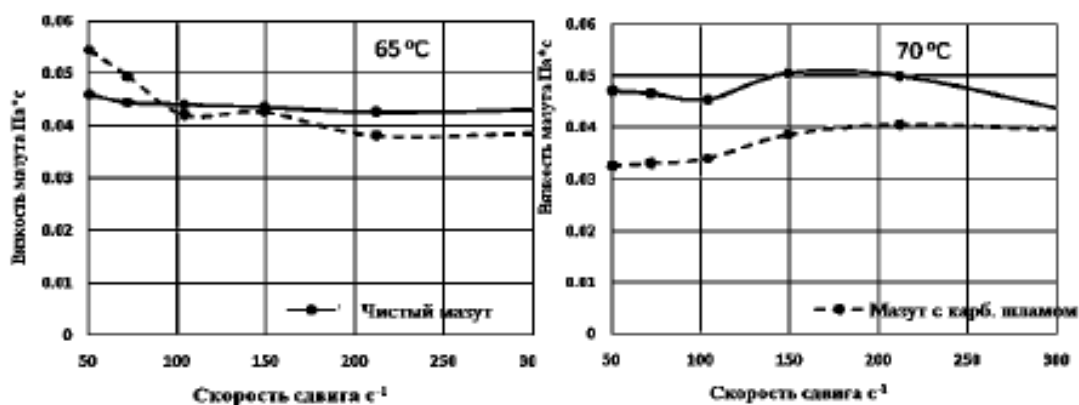


Рис. 1. Зависимость динамических вязкостей проб чистого мазута и мазута с добавлением 0.1 мас. % карбонатного шлама от скорости сдвига при температурах 65 °С и 70 °С

Известно, что мазуты характеризуются аномальным поведением вязкостных характеристик. При повышении температуры до 70 °С (рис. 1, справа) характер зависимости изменяется: вязкость чистого мазута сначала уменьшается на определенном участке кривой до 105 с^{-1} , а затем растет, достигая максимума при приближении скорости сдвига значения в 170-180 с^{-1} , и вновь происходит уменьшение вязкости, начиная с 200-210 с^{-1} . Это означает усиление взаимодействия между

крупными ассоциатами молекул или их увеличение. Такое поведение объясняется присутствием в топочном мазуте высокомолекулярных алканов и смолисто-асфальтеновых компонентов, образующих пространственную структуру, и ее разрушением в результате механического воздействия.

Добавление присадки — карбонатного шлама в мазут приводит к уменьшению вязкости мазута при температуре 65 °С (рис.1, слева), начиная со 100 с⁻¹ как по отношению к значениям, характерным для чистого мазута, так и в зависимости от градиента скорости перемещения слоев, что связано с тем, что частицы карбонатного шлама адсорбируются на поверхности парафинов и других структурных соединениях мазута и не дают образовываться прочным пространственным структурам.

При повышении температуры до 70 °С (рис. 1, справа) характер зависимости изменяется: вязкость мазута с присадкой, имея меньшие значения по сравнению с вязкостью чистого мазута, в зависимости от градиента скорости перемещения слоев растет на протяжении почти всей кривой, достигая максимума при приближении скорости сдвига значений 210—220 с⁻¹. Это означает, что при повышении температуры происходит усиление взаимодействия между ассоциатами молекул. Наблюдаются процессы, приводящие к возникновению препятствующих движению связей между слоями и как следствие, к увеличению вязкости даже при высоких температурах. Кроме того, определенную роль играет тот факт, что нано- и микрочастицы карбонатного шлама могут выступать в роли структурообразующих центров, вокруг которых под действием избыточной поверхностной энергии наночастиц образуются упорядоченные слои компонентов материала матрицы [6,7]. Косвенно эта концепция подтверждается увеличением плотности образцов топлива с присадкой карбонатного шлама с концентрацией 0.1 мас. % [5].

Проведенные исследования реологических свойств образцов чистого мазута и мазута с присадкой карбонатного шлама с концентрацией 0.1 мас. % показали снижение вязкости при различных температурах (65 °С и 70 °С) и различных скоростях сдвига (50—300 с⁻¹). Таким образом, использование карбонатного шлама приводит к снижению вязкости топлива при небольшом увеличении зольности мазута, происходящее наряду с уменьшением коррозионной активности топлива и при значительном снижении выбросов оксидов серы в атмосферу [5]. Полученные результаты позволяют предполагать значительную экономическую эффективность использования карбонатного шлама в качестве присадки к котельному топливу.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-08-00731-а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Зверева Э.Р., Мингалеева Г.Р., Хабибуллина Р.В., Ахметвалиева Г.Р. // *Нефтехимия*. 2016. Т. 56. № 1. С. 73-75.
2. Zvereva E.R. Zueva O.S., Khabibullina R.V. // *Materials Science Forum*. 2016. Vol. 870. P. 666–670.
3. Зверева Э.Р., Зуева О.С., Хабибуллина Р.В., Мингалеева Г.Р., Ахметвалиева Г.Р., Салихзянова Д.Р., Хатмуллина З.Ф. // *Химия и технология топлив и масел*. 2016. № 5. С. 15–19.
4. Зверева Э.Р., Зуева О.С., Хабибуллина Р.В., Хатмуллина З.Ф., Дремичева Е.С. // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. 2016. № 1–2. С. 28–36.
5. Зверева Э.Р., Зуева О.С., Дремичева Е.С., Хабибуллина Р.В., Идиятуллин Б.З., Макарова А.О., Ахметвалиева Г.Р., Салихзянова Д.Р., Хатмуллина З.Ф. Улучшение эксплуатационных и экологических характеристик жидких органических котельных топлив добавками, включающими углеродные нанотрубки // *Отчет за 2016 г. по гранту РФФИ № 16-08-00731*. 81 с.
6. Зверева Э.Р., Зуева О.С., Хабибуллина Р.В. Влияние углеродных наноматериалов на реологические характеристики гетерогенных систем / *Сборник статей XXIII Всерос. конф. «Структура и динамика молекулярных систем»* — Москва: ИФХЭ РАН, 2016. С. 279-288
7. Zvereva E.R. Zueva O.S., Khabibullina R.V., Makarova A.O. // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2016. Vol. 11. P. 2950-2954.

Улучшение реологических свойств водоугольных суспензий при добавлении углеродных нанотрубок

Г.Р. Ахметвалиева¹, Э.Р. Зверева¹, А.О. Макарова¹, Д.В. Ермолаев²,
Ю.К. Монгуш¹, О.С. Зуева¹

¹ Казанский государственный энергетический университет,
Казань, Россия

² Исследовательский центр проблем энергетики КазНЦ РАН,
Казань, Россия

gu_94@mail.ru

Промышленные запасы угля значительно больше и равномернее распространены по земному шару, чем совокупные запасы нефти и газа, а в энергетическом эквиваленте многократно их превосходят. Именно поэтому в последние годы в России и в других странах возрос интерес к использованию в малой и средней энергетике угля и приготовленного на его основе водоугольного топлива (ВУТ) — жидкого композиционного топлива на основе измельченного угля и воды. К преимуществам водоугольного топлива следует отнести экологическую безопасность, а также пожаро- и взрывобезопасность на всех стадиях его производства, транспортирования и использования; снижение вредных выбросов в ат-