

дорожное строительство, промышленность строительных материалов машинами и оборудованием. Создание современных мощных высокопроизводительных машин, многоцелевых минимашин, строительных роботов, которые в наибольшей степени соответствуют конкретным условиям производства работ, должно производиться высококвалифицированными специалистами в области строительных машин и оборудования, выпускаемыми вузами страны [1].

#### Список литературы

1. Самые мощные краны мира. URL: <http://rcmm.ru/content/topics/133.html>
2. Строительные машины: Менди Арчер. СПб. : Азбука-Аттикус, Машаоп, 2014. 66 с.
3. Отечественные и зарубежные производители строительной техники: бульдозеры. URL: <http://library.stroit.ru/articles/bulldozers/index.html>
4. Одноковшовые экскаваторы. Башенные краны. URL: <http://xreferat.ru/76/2140-1-odnokovshovye-eksavatory-bashennye-kranuy-pogruzochno-razguzochnye-mashiny.html>
5. Типы грузоподъемных машин. URL: <http://gruzmashkir.ru/kranuy>

### **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СОПОЛИМЕРНОГО ВЯЖУЩЕГО В АППАРАТЕ ВИХРЕВОГО СМЕШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХ ДИСПЕРСНУЮ ФАЗУ МЕТАЛЛА**

*Р. И. Шаяхмедов, Л. П. Кортюченко, А. П. Журавлев*  
*Астраханский государственный архитектурно-строительный*  
*университет, г. Астрахань (Россия)*

В настоящее время наиболее перспективным способом получения серополимерного вяжущего (СПВ) является способ обработки жидкой серы (ЖС) вместе со стабилизирующими добавками в аппарате вихревого смешения (АВС) [1]. При такой обработке образуются металлоорганические соединения (МОС), в том числе и типа  $MeRn$ . Механизм их образования таков.

В зоне электрического разряда на поверхности вращающихся стальных игл происходит отщепление микрочастиц железа (никеля). В момент разряда по игле проходит ток огромной силы, при этом игла не успевает отдать в пространство полученную энергию и на ее поверхности происходят микровзрывы, мощность которых резко возрастает при соударении игл с друг другом и с внутренней металлической поверхностью АВС (соударение ферромагнетиков). При взрыве образуются частицы металла диаметром от десятка до двух сотен нанометров [2], обладающие огромной избыточной энергией. Кроме того, в зоне разряда давление достигает десятков тысяч атмосфер [3].

Эти два обстоятельства повышают реакционную способность веществ, находящихся внутри АВС. В частности, если стабилизирующие добавки содержат органику (углеводороды), протекают реакции образования металлоорганических соединений (МОС).

Первичные МОС интенсивно взаимодействуют с окислителями. (Реакция «высыхания» олифы, где дисперсная фаза металлов, растворенная в масле, способствуют его быстрой полимеризации кислородом воздуха). Во внутренней среде АВС таким окислителем выступит сера. В результате чего мы получаем металлоорганический серополимер (МОСП).

Этот полимер будет рождаться в сложном взаимном растворе еще двух полимеров:

полимерной серы и полисульфидов. Полимерная сера (ПМС) всегда присутствует в расплаве серы, а частицы металла, полученные после микровзрыва, или уже находящиеся в расплаве, взаимодействуют с элементарной серой с образованием обычных сульфидов (СЖ) типа  $Fe_2S$ ,  $FeS$ ,  $FeS_2$ ,  $FeS_3$  и полисульфидов (ПС) типа  $FeS_n$ .

Все три вида полимеров активно взаимодействуют, при этом МОСП стабилизирует ПС и ПМС, которые в обычных условиях разрушаются с течением времени, с образованием элементарной серы и сульфидов.

На практике процесс взаимодействия можно интенсифицировать, вводя в состав расплава (до обработки на АВС) вещества, содержащие дисперсную фазу металла (например, жидкую фракцию нефтешламов, где различные мелкодисперсная фаза металла растворена в углеводородах). То есть, активироваться могут не только частицы металла, полученные в результате микровзрыва поверхности стальных игл, но и находящиеся в зоне микровзрыва (вторичная активация).

Достоверность данной модели подтверждается тем, что на базе отходов никелевого производства (см. табл. 1) был получен серобетон (СБ) [4] с высокими прочностными показателями (предел прочности на сжатие до 60 МПа). При этом прочность серобетона росла по мере роста доли технической серы (неизбежно содержащей в данных условиях сульфиды и первичные ПС железа и никеля, а также ПМС) и практически не зависела от наличия углеводородов. ПС образовались непосредственно в технической ЖС в момент ее получения из полиметаллических серных руд, а ПМС всегда присутствует в расплаве серы.

Но поскольку АВС в данном случае не использовался, то и МОСП в расплаве не присутствовал. ПМС и ПС не могли сохранить устойчивость и СБ быстро терял свои прочностные характеристики с течением времени. Напротив, серобетон, на основе СПВ, полученного с применением АВС и жидкой фракции нефтешламов, не меняет своих свойств с течением времени [5]. В табл. 2 представлены характеристики серного цемента, полученного с использованием жидкой фракции нефтешламов, неактивированного и акти-

вированного в АВС. Исходным сырьем для получения сероцемента послужил расплав элементарной серы, содержащий 5 % весовых жидкой фракции нефтешламов.

Таблица 1

Состав серобетонов на основе местного сырья и промышленных отходов Норильского региона

<i>Компоненты</i>	<i>Содержание (%) по различным составам</i>		
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
Сера техническая	10	13	18
Щебень базальтовый	50	50	46,5
Песок шлаковый	-	24	23
Мука кварцевая	-	13	-
Железистые кеки	-	-	11,5
Мука андезитовая	27	-	-
Битумы	13	-	0,7
Йод	-	-	0,3
Итого	100	100	100
Прочность на сжатие Мпа	48	52	57
Прочность на изгиб Мпа	9,3	12	112

Таблица 2

Основные характеристики сопоставляемых материалов

<i>Наименование характеристики материала</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>СЦ неактивированный</i>	<i>СЦ активированный в АВС</i>
Сопротивление на раздавливание	Мн/м	22,7	32,0
Сопротивление на разрыв	Мн/м	1,1	1,7
Сопротивление на сдвиг	Мн/м	1,4	2,2
Сопротивление на удар	Мн/м	0,6	0,6
Температура плавления	С о	127	127
Теплопроводность	Вт/м	0,27	0,2
Плотность	Тн/м <sup>3</sup>	2,0	2,0

Итак, ключевым элементом процесса получения СПВ с помощью АВС являются: органические соединения и металл в дисперсной фазе.

Органические соединения и металл в дисперсной фазе могут быть внесены в ЖС отдельно. В качестве источника органической компоненты МОСП можно использовать любые жидкие (при температуре расплава серы) органические соединения, не взаимодействующие в обычных условиях с ЖС (это, в основном, глеводороды). В качестве источников получения дисперсного металла можно использовать, помимо НШ, другие отходы и легкодоступные вещества:

- серу техническую, полученную из полиметаллических руд [4];
- металлическую стружку;

- окислы железа (далее ОЖ), которые составляют основу твердой фракции НШ;
- соединения никеля, которые присутствуют во многих гальванических шламах;
- отработанные машинные масла.

Металлическая стружка для получения FeS перемешивается с жидкой серой и нагревается до 350 °С. без доступа воздуха. При этом протекает реакция образования сульфида железа. Полученный сульфид растворяется в ЖС, которая берется для это этого с большим избытком.

Утилизация металлической стружки всегда представляла собой экологическую проблему, поскольку переплавка ее (вторичное использование) затруднена вследствие использования при резании углеродсодержащих охлаждающих жидкостей.

Тяжелая фракция НШ (с ОЖ) может обрабатываться ЖС со значительным содержанием сероводорода (недегазированная ЖС). При такой обработке ОЖ превращаются в сульфид. Этот сульфид также растворяется в ЖС с образованием ПС (техническая сера).

В условиях РФ, ежегодно образуется миллионы тонн НШ [6]. Утилизация НШ, например, газоперерабатывающих заводов, сама по себе составляет труднейшую технологическую проблему, поскольку наряду с углеводородами в их составе содержится в мелкодисперсной фазе до 30 %: СЖ в мелко дисперсной фазе. И если углеводородная часть НШ, после отделения (нагрев, центрифугирование) утилизируется сравнительно легко, то минеральная фракция, включающая ЖС, не имеет апробированных способов нейтрализации. Например, термические способы обработки невозможны вследствие образования оксидов серы. Депонирования в обычные строительные материалы [7] невозможно потому, что водная коррозия этих материалов будет способствовать вымыванию СЖ и попаданию их в почву и грунтовые воды. То есть, использование твердой фракции НШ для производства СПВ решается сразу две задачи:

- утилизация трудно нейтрализуемых отходов путем их депонирования в СПВ;
- удешевление СПВ путем снижения затрат на исходное сырье (мазут стоит денег, а утилизация НШ – платная услуга).

Гальванические шламы депонируются в ЖС в небольшом количестве. При этом вода, составляющая их основу, испаряется, а соли металлов переходят в расплав ЖС.

Таким образом, в СПВ можно депонировать не только НШ, но и широкий класс отходов, содержащих оксиды железа (никеля, молибдена),

Прием введения мелкодисперсных частиц металла в реакционную зону аппарата можно использовать при обработке на АВС, помимо СПВ, других полимеров, например кремнийорганических [8–10].

Так, при обработке кремнийорганической эмали КО-814 в АВС (эмаль представляет собой смесь лака КО-85 с алюминиевой пудрой ПАП-2), отмечено значительное улучшение физико-механических свойств кремнийорганической эмали КО-814. У грунтовки ЭП-0259 и эмали Виниколор эти показатели после обработки в АВС изменились незначительно (см. таб. 3).

Таблица 3

Физико-механические свойства ЛКМ без обработки  
и активированные в АВС

№ п/п	Показатели	ЭП- 0259	ЭП- 0259*	КО- 814	КО- 814*	Винико- лор	Вини- колор*
1.	Условная вязкость по вискозиметру типа ВЗ-4, при 20° С, с	25	27	18	18	25	27
2.	Твердость пленки по маятниковому прибору М-3, при 20 °С, усл. ед.	0,5	0,6	0,4	0,7	0,5	0,6
3.	Эластичность пленки при изгибе, мм	3,0	2,0	3,0	1,0	3,0	2,0
4.	Прочность пленки при ударе по прибору У-1, кгс·см	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
5.	Время высыхания при температуре 20±2 °С, ч	1,0	1,0	2,0	1,0	3,0	2,0
6.	Адгезия пленки, баллы	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
7.	Содержание общего железа в лабораторном ускоряющем растворе, г/л	3,5	3,5	11,0	3,7	4,4	4,6

\*активация в АВС

Электрохимические свойства также значительно улучшились после обработки:

- дифференциальная емкость образцов с эмалью КО-814 с электромагнитной обработкой вдвое меньше, чем для образцов с эмалью КО-814 без обработки и мало изменяется в течение всего времени экспозиции;
- увеличение сопротивления диффузии образцов на начальной стадии испытания примерно на порядок.

То есть, частицы алюминиевой пудры, получив огромную избыточную энергию, преобразовали кремнийорганику в металлокремнийорганику, жадно впитывающую окислитель из окружающей среды. И если в случае с СПВ в качестве окислителя была сера, то в случае с кремнийорганикой – кислород. Это увеличило скорость высыхания (полимеризации) кремнийорганической краски в два раза.

### Список литературы

1. Журавлев А. П., Гераськин В. И. Разработка серополимерного цемента // Наука и технология углеводородов. 2001. № 4. С. 108–109.
2. Хабас Т. А. Частицы затвердевшего пламени // Наука и технология углеводородов. 2004. № 1. С. 18–19.
3. Логвиненко Д. Д., Шеляков О. Г. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем. Киев : Наукова думка, 1976. 114 с.
4. Кухаренко А. В. Серобетон на основе местного сырья и промышленных отходов Норильского региона // Строительные материалы. 2000. № 1. С. 25–26.
5. Журавлев А. П., Шаяхмедов Р. И. Производство серного битума и серного цемента // Газификация. Подготовка, переработка и использование газа. 2000. № 8–9. С. 24–37.
6. Журавлев А. П., Шаяхмедов Р. И. Рекультивация нефтешламов и замазученных грунтов // Экологический вестник России. 2010. № 4. С. 44–47.
7. Установка обезвреживания и утилизации нефтеотходов, образующихся на предприятиях газовой отрасли : краткая пояснительная записка к унифицированным проектным решениям. Воронеж, 2002. С. 2–3.
8. Кортовенко Л. П., Кирбятъева Т. В., Анохин А. Л. и др. Улучшение качеств лакокрасочных покрытий электромагнитной обработкой в аппарате вихревого слоя // Лакокрасочные материалы. 2002. № 10. С. 9–11.
9. Кортовенко Л. П., Кирбятъева Т. В., Анохин А. Л. и др. Обработка лакокрасочных материалов в аппарате вихревого слоя // Газовая промышленность. 2003. № 7. С. 68–69.
10. Кортовенко Л. П., Кирбятъева Т. В., Анохин А. Л. и др. Модификация лакокрасочных материалов с помощью электромагнитной обработки // Строительные материалы. 2004. № 5. С. 35–36.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

*В. В. Холодков, С. В. Бударина*

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань (Россия)*

При эксплуатации газораспределительных станций (ГРС) осуществляются технологические операции, в результате которых природный газ из газопроводов и оборудования ГРС выбрасывается в атмосферный воздух. Эти технологические операции обусловлены требованиями нормативных актов [1] и обеспечивают безопасную и надежную эксплуатацию ГРС. Выбросы природного газа в результате технологических операций относят к потерям природного газа. Эти выбросы можно разделить на следующие категории.

1. Потери газа при продувке пылевлагоулавливающих устройств.

На ГРС для предотвращения попадания механических примесей и влаги в технологические трубопроводы и оборудование применяются пылеуловители и фильтры. Пылеуловители оборудуются средствами для автоматического удаления жидкости в сборные емкости (конденсатосборники).