

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ КОМПОЗИТНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ ГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СКРУББЕРОВ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ

Чичварин А.В.¹, к.х.н., доцент, зав. лабораториями кафедры химии (ach82@mail.ru)
Тимофеева А.С.¹, к.т.н., доцент кафедры металлургии и металловедения (uked@yandex.ru)
Крахт Л.Н.¹, к.т.н., профессор, заведующий кафедрой химии (kaf.himia@mail.ru)
Смирнов А.Н.¹, студент (smirandrey95@gmail.com)
Игуменова Т.И.², к.т.н., доцент кафедры химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров (igumti8@rambler.ru)

¹ Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова, филиал НИТУ МИСиС
(309516, Россия, Белгородская обл., Старый Оскол, микрорайон Макаренко, 42)

² Воронежский государственный университет инженерных технологий
(394036, Россия, Воронеж, просп. Революции, 19)

Аннотация. Рассмотрены основные современные гидрофобные покрытия, а также возможность использования углеродных фуллеренов для получения полимеров с заданными свойствами. Приведены основные характеристики нового вида покрытия.

Ключевые слова: покрытие, эпоксидная смола, гидрофобность, композит, фуллерен.

DOI: 10.17073/0368-0797-2016-1-66-68

На сегодняшний день существует актуальная проблема создания полимеров с гидрофобными свойствами, работающими в агрессивных средах и испытывающими абразивный износ. Это, прежде всего, относится к покрытиям, применяемым для защиты скрубберов обеспыливания. Зачастую, пылевой поток образует с рабочей жидкостью скруббера агрессивную щелочную среду, вызывающую коррозию внутреннего кожуха скруббера и отдельных его элементов. В конечном счете, это приводит к образованию так называемых настывлей, затрудняющих работу и дальнейшую эксплуатацию подобных устройств. К числу наиболее применяемых покрытий относят водные растворы силиконовых полимеров и композиции на их основе. Они отличаются высокой адгезией к металлам и хорошими гидрофобными свойствами. Отрицательной стороной таких материалов является низкая устойчивость к абразивному износу при высокой концентрации пылевидных частиц [1].

Альтернативой силиконовых полимеров могут служить композиции на основе эпоксидных смол. Эпоксидные смолы стойки к действию большинства окислителей, щелочей, обладают самой высокой из перечисленных материалов адгезией к металлам. Из эпоксидных смол готовят различные клеевые и изоляционные композиции, заливочные компаунды, лакокрасочные материалы [2]. Величина краевого угла смачивания для данного класса соединений колеблется в пределах 142 – 166° в зависимости от применяемого

эпоксидно-фенольного олигомера, а критический угол скатывания для капли воды массой 0,045 г не превышает 24°. Существенным затруднением в применении данных полимеров является их низкая скорость отверждения. Один из путей решения данной проблемы – использование дополнительных отвердителей наноразмерного типа. К последним можно отнести углеродные фуллерены и фуллеренсодержащий технический углерод (ФТУ) [3].

При проведении экспериментальных и теоретических работ в качестве гидрофобизированных покрытий рассматривали три основных класса соединений, отличающихся рядом технологических параметров. В качестве полимерных покрытий для гидрофобизации поверхности скрубберов обеспыливания выбрали композиции на основе:

- силиксанолов, а именно – метилтринафтеносилоксиспан;
- органорастворимых полиакрилатов – композиция на основе стирол-акрилового сополимера Акрокам 23, Акрокам 11, в том числе допированные соединениями углерода наноразмерного типа;
- эпоксифенолов – низконаполненная композиция на основе допированного углеродными фуллеренами эпоксифенола.

В качестве наполнителя использовали фуллеренсодержащий технический углерод, состоящий на 8 % (по массе) из углеродных фуллеренов фракции C50-C92,

агломерированных на ультрадисперсном атомарном углероде [3, 4].

Поскольку процесс гидрофобизации основан на ориентированной хемосорбции на твердой поверхности молекул гидрофобизатора с образованием гидрофобных моно- или полимолекулярных слоев, то основной характеристикой качества применяемого покрытия является величина краевого угла смачивания [5]. Согласно ГОСТ 7934.2-74, краевой угол смачивания θ или $\cos\theta$ является характеристикой гидрофильности (гидрофобности) поверхности мембран. Величину краевого угла смачивания определяли методом прикрепленного пузырька, исходя из соотношения

$$\cos \Theta = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - h^2}{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + h^2},$$

где d – диаметр основания капли, мм; h – высота капли, мм.

Другой величиной, характеризующей гидрофобность материала, является критический угол скатывания. Скатывание капли с наклоненной твердой поверхности может начаться лишь тогда, когда работа силы тяжести, совершаемая при перемещении капли, становится равной (или большей) работе, затрачиваемой против сил адгезии ее заднего края к данной твердой поверхности. Для определения этого угла применяли прибор с консольно закрепленным на его оси наклоняемым предметным столиком. Ось и столик постепенно поворачивали со скоростью 1 град/с. На вертикальной стенке прибора против столика был закреплен угломер, позволяющий отсчитывать угол наклона столика,

который являлся искомой величиной в момент отрыва капли.

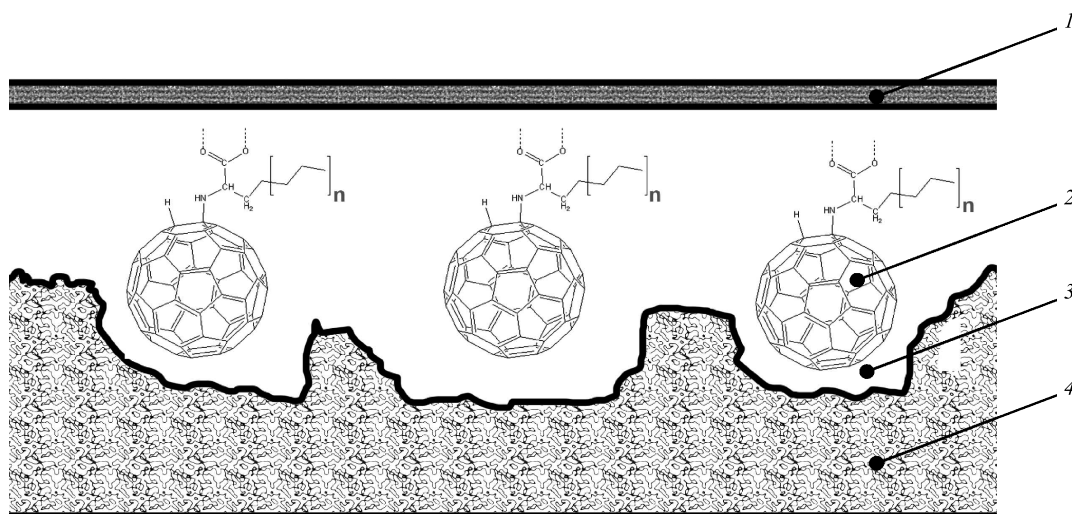
Согласно полученным данным, величина краевого угла смачивания и критического угла скатывания для анализируемых полимеров составили соответственно:

- метилтринафтеносилоксиспан – 154 и 26°;
- акрокам 11 – 146 и 20°;
- акрокам 23 – 148 и 22°;
- допированный стирол-акриловый сополимер – 148 и 22°;
- эпоксифенол – 166 и 24°;
- допированный эпоксифенол – 174 и 26°.

Полученные данные свидетельствуют о наибольшей эффективности в качестве гидрофобного покрытия в ряду исследуемых полимеров допированного фуллере-нами эпоксифенола. Механизм допирования полимерного материала углеродными фуллеренами и его способность к формированию гидрофобной поверхности можно представить в виде схемы, представленной на рисунке.

Кроме этого, допированный эпоксифенол характеризуется самой высокой адгезией среди рассмотренных полимеров, величину которой определяли по стандартной методике. Испытания на разрыв проводили при помощи разрывной машины Instron 150LX на стандартных металлических образцах размером 10×100 мм с площадью перекрытия 2 см² согласно ГОСТ 14760-69. Результаты представлены в таблице.

Таким образом, получаемый композит на основе агломератов углеродных фуллеренов обладает наибольшим краевым углом смачивания, что подтверждается проведенными исследованиями. Величина краевого угла смачивания для таких композиций достигает 168 – 186° в зависимости от допируемого полимера, а



Механизм формирования гидрофобного покрытия:

1 – гидрофобный слой; 2 – допирующий слой на основе фуллеренсодержащего композита; 3 – микропоры металлической поверхности; 4 – покрываемый материал

Formation mechanism of hydrophobic coating:

1 – hydrophobic layer; 2 – doped layer based on fullerene composite; 3 – micropores of metal surface; 4 – covered material

Исследование адгезионной прочности рассматриваемых полимеров

Study of the adhesion strength of considered polymers

Композиция	Прочность на разрыв кгс/см ²
Метилтринафтеносилокспан – металл	11
Акрокам 11 – металл	37
Акрокам 23 – металл	39
Допированный стирол-акриловый сополимер – металл	44
Эпоксифенол – металл	480
Допированный эпоксифенол – металл	520

критический угол скатывания для капли воды массой 0,045 г не превышает 22°. В свою очередь, оптимальными свойствами гидрофобизирующей жидкости будут обладать полимерные составы лиофобного свойства, допированные углеродными наноматериалами типа углеродных фуллеренов. Источником последних может служить фуллеренсодержащий технический углерод, отличающийся сравнительно невысокой стоимостью, а за счет дозирования на микроуровне обуславливающий экономическую эффективность использования. Углеродные фуллерены, составляющие около 8 % от мас-

сы ФТУ, обладают рядом уникальных свойств, в числе которых способность к изменению потребительских свойств модифицируемых полимеров, таких как прочность, стойкость к окислению, эластичность, износостойкость, высокая адгезия, гидрофобность. Кроме этого, углеродные фуллерены существенно увеличивают скорость отверждения олигомерных смол на основе эпихлоргидрина и фенолов, что позволяет оптимизировать механизм их нанесения на различные поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новосельнов А.А. Кремнийорганические гидрофобные полимерные покрытия. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2002. – 235 с.
2. Зубов П.И., Сухарева Л.А. Структура и свойства полимерных покрытий – М.: Химия, 1982. – 256 с.
3. Игуменова Т.И., Герасимов В.И., Попов Г.В., Жабин А.В. Комплексная оценка состава фуллеренсодержащего нанокремнезема // Материалы XV Междунар. науч.-практич. конф. «Резиновая промышленность. Сырье. Материалы. Технологии». – М., 2009. С. 113 – 115.
4. Крахт Л.Н., Игуменова Т.И., Чичварин А.В. О механизме взаимодействия смеси фуллеренов с макромолекулами полимеров различной структуры // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. <https://www.science-education.ru/106-7836> (дата обращения 18.04.2013).
5. Щукин Е.Д., Перцов А. В., Амелина Е. А. Коллоидная химия. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2004. – 445 с.

Поступила 3 декабря 2014 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2016. VOL. 59. NO. 1, PP. 66–68.

DEVELOPMENT OF FORMULATIONS OF COMPOSITE NANOSTRUCTURED HYDROPHOBIC COATINGS FOR DEDUSTING SCRUBBERS

A.V. Chichvarin¹, *Cand. Sci. (Chem.), Assist. Professor, Head of Laboratory of the Chair of Chemistry* (ach82@mail.ru)

A.S. Timofeeva¹, *Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair “Metallurgy and Materials”* (uked@yandex.ru)

L.N. Krakht¹, *Cand. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Chemistry* (kaf.himia@mail.ru)

A.N. Smirnov¹, *student* (smirandrey95@gmail.com)

T.I. Igumenova², *Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor of the Chair of Chemistry and Chemical Technology of Organic Compounds and Polymer Processing* (igumti8@rambler.ru)

¹ Stary Oskol technological Institute of National University of Science and Technology “MISiS” (42, Makarenko, Staryi Oskol, Belgorod Region, 309516, Russia)

² Voronezh State University of Engineering Technologies (19, Revolyutsii ave., Voronezh, 394036, Russia)

Abstract. The article describes the basic modern hydrophobic coating. The possibility of using carbon fullerenes was considered for the preparation of polymers with desired properties. The main characteristics of a new type of coating are shown.

Keywords: coating, epoxy, hydrophobicity, composite, fullerene.

DOI: 10.17073/0368-0797-2016-1-66-68

REFERENCES

1. Novosel’nov A.A. *Kremniorganicheskie gidrofobnye polimernye pokrytiya* [Organosilicone hydrophobic polymer coatings]. Moscow: RKhTU im. D.I. Mendeleeva, 2002. 235 p.
2. Zubov P.I., Sukhareva L.A. *Struktura i svoystva polimernykh pokrytii* [Structure and properties of polymer coatings]. Moscow: Khimiya, 1982. 256 p. (In Russ.).
3. Igumenova T.I., Gerasimov V.I., Popov G.V., Zhabin A.V. Complex assessment of the composition of fullerene-containing nanocarbon. In: *Materialy XV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii “Rezinovaya promyshlennost’. Syr’e. Materialy. Tekhnologii”* [Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference “Rubber industry. Raw materials. Technology”]. Moscow: 2009, pp. 113–115. (In Russ.).
4. Krakht L.N., Igumenova T.I., Chichvarin A.V. The mechanism of interaction of a mixture of fullerenes with macromolecules of polymers with different structures. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012, no. 6, Available at URL: www.science-education.ru/106-7836. (In Russ.).
5. Shchukin E.D., Pertsov A.V., Amelina E.A. *Kolloidnaya khimiya* [Colloidal chemistry]. Moscow: Vysshaya shkola, 2004. 445 p. (In Russ.).

Received June 04, 2015