

Т.А. Савицкая, И.М. Кимленко

СТАБИЛИЗАЦИЯ ДИСПЕРСИЙ  
ПОЛИМЕТИЛСИЛОКСАНОВОЙ ЖИДКОСТИ  
НИЗКО- И ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫМИ ПАВ

STABILIZATION OF POLYMETHYLSILOXANE LIQUID  
BY LOW- AND HIGH-MOLECULAR-WEIGHT SURFACTANTS

Изучено взаимодействие различных эмульгаторов с водой и полиметилсилоксановой жидкостью с целью выявления возможности их дальнейшего использования для гидрофобизации фенолформальдегидной смолы, применяемой в качестве связующего при производстве теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: дисперсии, поверхностно-активные вещества, полиметилсилоксановая жидкость, фенолформальдегидная смола, теплоизоляционные материалы.

The interaction of various emulsifiers with water and polymethylsiloxane liquid has been studied to determine the possibility of their further application for hydrophobization phenol-formaldehyde resin used as a binder in the thermal insulation materials.

Keywords: dispersions, surfactants, polymethylsiloxane liquid, phenol-formaldehyde resin, thermal insulation materials.

БГУ, Минск, Беларусь.

**А**нализ опыта различных стран в решении проблемы энергосбережения показывает, что одним из наиболее эффективных путей является сокращение потерь тепла через ограждающие конструкции зданий, сооружений и промышленного оборудования за счет использования теплоизоляционных материалов. Показано, что 1 м<sup>3</sup> теплоизоляции позволяет сберечь в среднем за год 1,45 млн. т. усл. топлива [1]. По виду основного исходного сырья теплоизоляционные материалы делятся на 2 группы: органические и неорганические. Среди последних распространены минераловатные плиты, обладающие рядом преимуществ по сравнению с органическими материалами. В Российской Федерации разработкой технологии получения минераловатных плит занимаются

такие ведущие научные организации, как ВНИИ «Теплоизоляция», ВНИПИ «Теплопроект», МИСИ им. В. В. Куйбышева и др.

В Республике Беларусь ОАО «Гомельстройматериалы» – единственное в стране предприятие, которое занимается производством теплоизоляционных материалов из минеральной (каменной) ваты на основе горных пород базальтовой группы под торговой маркой БЕЛТЕП. В Казахстане в г. Макинск Акмолинской области 30 ноября 2017 г. осуществлен запуск крупнейшего в стране предприятия по производству теплоизоляционных материалов также на основе базальтовых пород – ТОО «Politerm».

Важной составляющей теплоизоляционных материалов, оказывающей большое влияние на их эксплуатационные и теплофизические характеристики, являются многокомпонентные связующие. Из большого количества известных на сегодняшний день связующих, использующихся в производстве теплоизоляционных материалов, наибольший интерес представляет фенолформальдегидная смола (ФФС).

В настоящее время исследователями различных стран предлагается два основных пути улучшения качества и номенклатуры теплоизоляционных материалов: модификация минерального волокна (например, получение сверхтонкого волокна) или модификация связующего с целью улучшения адгезии к волокнистой массе и т. п. Выбранный в настоящей работе вариант модификации связующего представляется наиболее целесообразным, поскольку не требует дорогостоящей модернизации технологического процесса производства волокна.

Анализ литературы показывает, что для управления свойствами теплоизоляционных материалов и модификации связующего используются различные вещества [2]. Например, силиконовые масла или полиметилсиликсановые жидкости (ПМС) – полимеры линейного и разветвленного строения общей формулы:  $(\text{CH}_3)_2\text{SiO} [\text{SiO} (\text{CH}_3)_2]_n\text{Si} (\text{CH}_3)_3$ . Одним из основных преимуществ ПМС по сравнению с другими веществами является широкий диапазон рабочих температур – от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+300^{\circ}\text{C}$ , при которых силиконовое масло сохраняет стабильность, в том числе по таким показателям, как вязкость и склонность к сжиганию. ПМС отличаются высокой текучестью, что позволяет использовать их для смазки различнообразных поверхностей, они обладают высокой степенью сопротивления к различным агрессивным внешним воздействиям.

В настоящей работе объектом исследования являлась ПМС-200. С точки зрения химического состава это – полидиметилсилоксан, органо-неорганический полимер, не растворяющийся в воде и полярных органических растворителях, обладающий поверхностной активностью и способностью понижать поверхностное натяжение воды. Составы на ее основе безопасны для окружающей среды и здоровья человека, поскольку она не токсична и не ядовита, не пожаро- и не взрывоопасна, трудногорюча (вспламеняется при температуре выше  $300^{\circ}\text{C}$ ). В качестве модификаторов, вводимых в ПМС-200, использовали различные низко- и высокомолекулярные поверхностно-активные вещества (ПАВ), аэросил и оценивали их способность эмульгировать ПМС-200 в водной среде.

Изучено взаимодействие различных эмульгаторов (27 веществ) с водой и ПМС-200 с целью выявления возможности дальнейшего использования полученных эмульсий для стабилизации фенолформальдегидной смолы. Показано, что 19 эмульгаторов образуют с ПМС эмульсии различного типа (табл. 1 и рис. 1). Тип эмульсии оценивали по ее поведению при разбавлении водой или маслом: эмульсии, которые смешиваются с водой обозначали как прямые т. е. эмульсии «масло в воде» (м/в), а эмульсии, смешивающиеся с маслом – как обратные, т. е. «вода в масле» (в/м) [3]. Дополнительно тип эмульсии определяли по характеру их расслаивания с течением времени. В эмульсиях типа м/в вследствие более низкой плотности масла по сравнению с водой при расслаивании происходит «сливкообразование», т. е. всплыивание эмульсионного слоя, а в эмульсиях в/м – его седиментация.

Изучено влияние аэросила ( $\text{SiO}_2$ ) на образование эмульсий. Показано, что в присутствии  $\text{SiO}_2$ , частицы которого способны адсорбироваться на межфазной поверхности масло – вода, стабильная эмульсия не образовывалась. Однако в присутствии поверхностно-активных полимеров таких как гидроксипропил- и гидроксистицеллюлоза (ГПЦ и ГЭЦ) происходило образование эмульсий.

В качестве основных добавок к ПМС выбраны гидроксипропил- и гидроксистицеллюлоза индивидуально и в сочетании с ПЭГ-1500, ПЭГ-4000, ПЭГ-6000, бетаином. Показано, что наиболее стабильная эмульсия образуется при добавлении к ФФС эмульсии ПМС, стабилизированной гидроксистицеллюлозой при соотношении компонентов 9:1:0,045 соответственно (рис. 2). Образующаяся система может быть отнесена к типу множественных эмульсий.

Использование ультразвукового диспергирования на стадии образования водной эмульсии ПМС-200 позволило предотвратить фазовое разделение системы ФФС – ПМС – ПАВ (рис. 3).

Таблица 1  
Типы образующихся эмульсий ПМС-200 в воде

Тип эмульсии	Эмульгатор
Обратные эмульсии	Кремофор А-25 Бетанин Альфа-олефиносульфат Нa Орциноилмоногидрат ПЭГ- 4000 ПЭГ- 6000 ПЭГ- 1500 Сульфонол $C_{14}H_{29}N^+(CH_3)_3Br^-$ Лаурилдиметиламиноксид Додецилсульфат натрия Бетадет S-20 Нa-лаурилсульфат 270 D
Прямые эмульсии	СПС –54
Одновременное существование прямой и обратной эмульсии	Кремофор А-6 К-1 Оксиметилированный фосфат Empicol ESB-70 SDS



Рис. 1

Фазовое разделение дисперсных систем ПМС-200 – вода – низкомолекулярное ПАВ:  
α – прямая эмульсия; β – прямая и обратная эмульсия;  
γ – обратная эмульсия

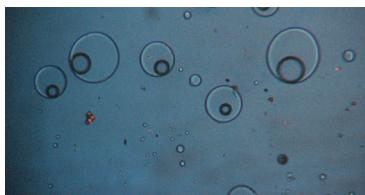


Рис. 2  
Микрофотография системы ФФС-ПМС-ГЭЦ  
в поляризованном свете  
(128-кратное увеличение)



Рис. 3  
Система ФФС – ПМС с добавками:  
α – ГЭЦ+ПЭГ-1500; б – ГПЦ; в – ГЭЦ



Более эффективная стабилизация эмульсий ПМС высокомолекулярными ПАВ связана с особенностями адсорбции полимеров на межфазной границе по сравнению с адсорбцией низкомолекулярных соединений. Адсорбированные цепи полимера не могут легко десорбироваться с межфазной поверхности, поскольку адсорбция обеспечивается контактом нескольких сегментов макромолекулярной цепи, в то время как низкомолекулярное ПАВ закреплено на межфазной границе точечным контактом соответствующей функциональной группы. В результате в присутствии высокомолекулярных ПАВ кинетическая устойчивость систем ФФС-ПМС-ПАВ возрастает.

Проведение систематического исследования влияния ПАВ различной химической природы на коллоидно-химические свойства фенольформальдегидной смолы позволит расширить номенклатуру связующих и комплексных добавок для производства теплоизоляционных материалов, отказаться от дефицитных и дорогостоящих импортных компонентов и повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

### Литература

1. Киселев И. Я. Зависимость теплопроводности современных теплоизоляционных строительных материалов от плотности, диаметра волокон или пор, температуры // Строительные материалы. 2003. № 7.
2. Широкородюк В. К. Технология минераловатных плит повышенной жесткости с управляемой структурой. Краснодар, 2013.
3. Эмульсии / под ред. А. А. Абрамзона. 1972.