



ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

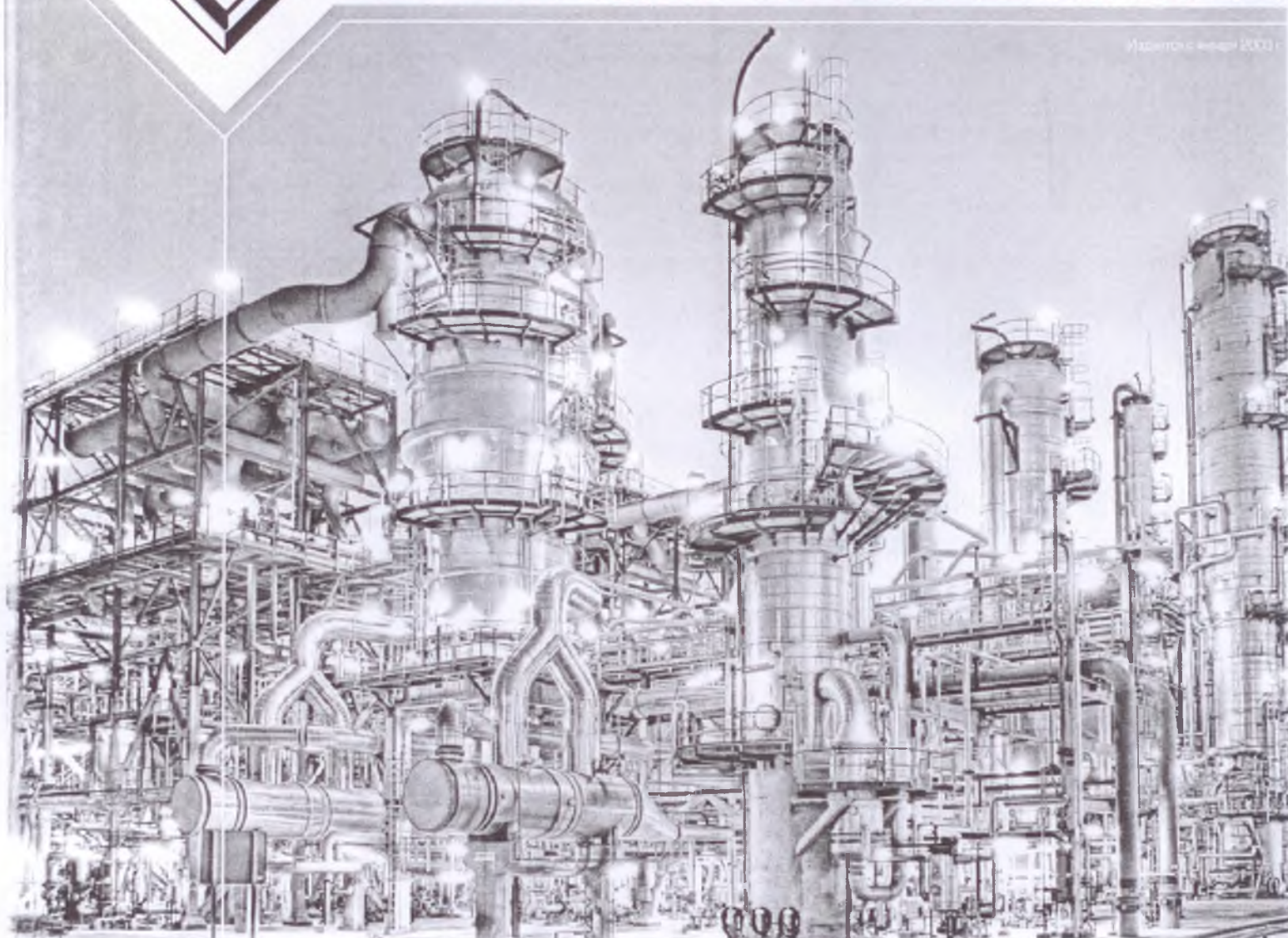
ISSN 0023-110X

7
2014

сегодня

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1933 г.



Получение фторосиликата натрия
содовым методом

Получение нанесенных катализаторов
 $\text{Co}_3\text{O}_4/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ с использованием
наночастиц Co_3O_4

Тонкослойные покрытия на основе
высоконаполненных синтактных
пенопластатов с силоксановым связующим



Журнал рекомендован ВАК
для защиты диссертаций

Учредитель:

ООО «Химпром Сегодня»

Генеральный директор
д.х.н., проф. В.Ф. Швец

При участии:

Российский химико-
технологический университет
им. Д.И. Менделеева

Институт катализа
им. Г.К. Борескова СО РАН

ЗАО «Агропродмир»

С.В. Иванов

К.П. Мирошникова

Главный редактор
д.х.н., проф. В.Ф. Швец

Члены редколлегии:

д.т.н., проф. Т.Н. Гартман
д.т.н., проф. Г.Г. Каграманов
д.х.н., проф. В.А. Колесников
д.х.н., проф. Д.Ю. Мурзин
д.х.н., академик РАН И.А. Новаков
д.т.н., проф. А.С. Носков
д.х.н., чл.-корр. РАН А.М. Чекмарев
д.т.н., чл.-корр. РАН В.П. Мешалкин
д.т.н., проф. А.В. Тимошенко

Исполнительный директор:
А.Г. Нестерова

Компьютерная верстка и дизайн:
И.А. Козловский

Редакция оставляет за собой право редакционной
правки публикуемых материалов.

Авторы публикуемых научных и рекламных
материалов несут ответственность за достоверность
приведенных сведений, за отсутствие данных, не
подлежащих открытой публикации, и точность
информации по цитируемой литературе.

Редакция может опубликовать статьи в порядке
обсуждения, не разделяя точку зрения автора.

Редакция не несет ответственности за содержание
рекламы.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Содержание

Катализаторы и каталитические процессы

- 11 ПОЛУЧЕНИЕ НАНЕСЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ $\text{Co}_3\text{O}_4/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОЧАСТИЦ Co_3O_4
Ярлова О.В., Мостовая У.А., Назаров В.В.

Технология неорганических веществ

- 20 ПОЛУЧЕНИЕ ФТОРОСИЛИКАТА НАТРИЯ СОДОВЫМ МЕТОДОМ
Шарипов Т.В., Шаяхметов Д.И., Мустафин А.Г.
- 25 СИНТЕЗ И КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОЗОЛЕЙ
КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЯ И ЦИНКА
Белова И.А., Малова А.В., Марченко И.Н., Киенская К.И.,
Жилина О.В.

Технология органических веществ

- 31 ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЕ
1,1-ДИАМИНО-2,2-ДИНИТРОЭТИЛЕНА ИЗ
6-ГИДРОКСИ-2-МЕТИЛПИРИМИДИН-4(3Н)-ОНА И
2-МЕТИЛ-2-МЕТОКСИИМИДАЗОЛИДИН-4,5-ДИОНА
Куштаев А.А., Юдин Н.В., Збарский В.Л., Жилин В.Ф.
- 39 ДЕНИТРАЦИЯ ОТРАБОТАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ДИКАРБОНОВЫМИ
КИСЛОТАМИ
Ким П.П., Комаров В.А., Пастухова Г.В., Перетрутов А.А.,
Чубенко М.Н.

Технология полимеров

- 44 ТОНКОСЛОЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ
СИНТАКТНЫХ ПЕНОПЛАСТАСТОВ С СИЛОКСАНОВЫМ СВЯЗУЮЩИМ
Чухланов В.Ю., Криушенко С.С.

Промышленная экология

- 52 ЭЛЕКТРОДИАЛИЗ В ОЧИСТКЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД
ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
Нифталиев С.И., Козадерова О.А., Ким К.Б., Малявина Ю.М.

Издание зарегистрировано Министерством по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций ПИ №77-13131

Адрес редакции: Россия, 125047 Москва А-47, Миусская пл., 9,
РХТУ им. Д.И.Менделеева, ООО «Химпром Сегодня».

Тел./факс: 8-(499) 978 49 47

<http://www.chemprom.org>

E-mail: chemprom@muctr.ru

Отпечатано в ООО «Активан». Печать офсетная. Цена договорная.

Тираж
600
экз.

ТОНКОСЛОЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ СИНТАКТНЫХ ПЕНОПЛАСТАСТОВ С СИЛОКСАНОВЫМ СВЯЗУЮЩИМ

Чухланов В.Ю., Крчушенко С.С.

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

СИНТАКТНЫЕ ПЕНОПЛАСТЫ, ОЛИГОДИМЕТИЛСИЛОКСАН, ТЕТРАЭТОКСИСИЛАН, СВЯЗУЮЩИЕ, ТОНКОСЛОЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ.

В работе рассмотрены режимы получения тонкослойных покрытий на основе синтактного пенопласта с олигодиметилсилоксаном в качестве связующего. Выбраны оптимальные технологические параметры для отверждения защитных покрытий (температура, концентрация и др.). Изучены физико-механические характеристики строительных материалов на основе полидиметилсилоксана.

SYNTACTIC FOAMS OLIGODIMETILSILOKSAN, TETRAETHOXYSILANE, BINDERS, THIN-FILM COATING.

The article discusses the process parameters of production of the thin coatings on the basis of syntactic foam oligodimetilsiloksanom as a binder. The optimal process parameters for curing coatings (temperature, concentration, etc.). The physical and mechanical properties of building materials are based on polydimethylsiloxane.

Введение

Синтактные пенопласты сравнительно давно применяются в различных отраслях науки и техники. Это авиация, космонавтика, машиностроение, судостроение, строительство. К достоинствам данных материалов можно отнести высокие физико-механические свойства в сочетании с небольшой плотностью. Однако использование полимерной матрицы в качестве связующего приводит к тому, что полимер ограничивает функциональность материала за счет низкой термической устойчивости и склонности к разложению под действием УФ-излучения. В связи с этим, значительный интерес представляют кремнийорганические связующие, характеризующиеся высокой устойчивостью к действию температуры и неблагоприятных атмосферных факторов. Однако кремнийорганические связующие характеризуются недостаточно высокими прочностными свойствами. Целью работы являлось нахождение оптимальных технологических режимов получения тонкослойных покрытий на основе синтактного пенопласта со связующим олигодиметилсилоксаном с концевыми ОН-группами и исследование физико-механических свойств получаемых материалов.

Объекты и методы

1. Низкомолекулярный термостойкий диметилсилоксановый каучук - линейный олигодиметилсилоксан [ОДМС] с концевыми ОН - группами и молекулярной массой от 20000 до 75000. Данный материал выпускается на заводе синтетического каучука (г. Казань) под маркой СКТН-А (В) (термостойкий низкомолекулярный диметилсилоксановый каучук) в соответствии с ГОСТ 13835-73.
2. Тетраэтоксисилан [ТЭОС] ТУ 6-09-3687-74 г. Ангарск.
3. В качестве отверждающего агента использован 50% раствор диэтилдикаприлата олова в тетраэтоксисилане (катализатор 18), выпускаемый в соответствии с ТУ 6-02-805-78.
4. Натрийборсиликатные микросферы.

Методы исследования

1. Метод испытания на растяжение по ГОСТ 15873-70;
2. Метод определения модуля упругости по ГОСТ 9550-81;
3. Метод определения разрушающего напряжения при отрыве на адгезиметре «Константа А» и ГОСТ 15140-78 «Методы определения адгезии».

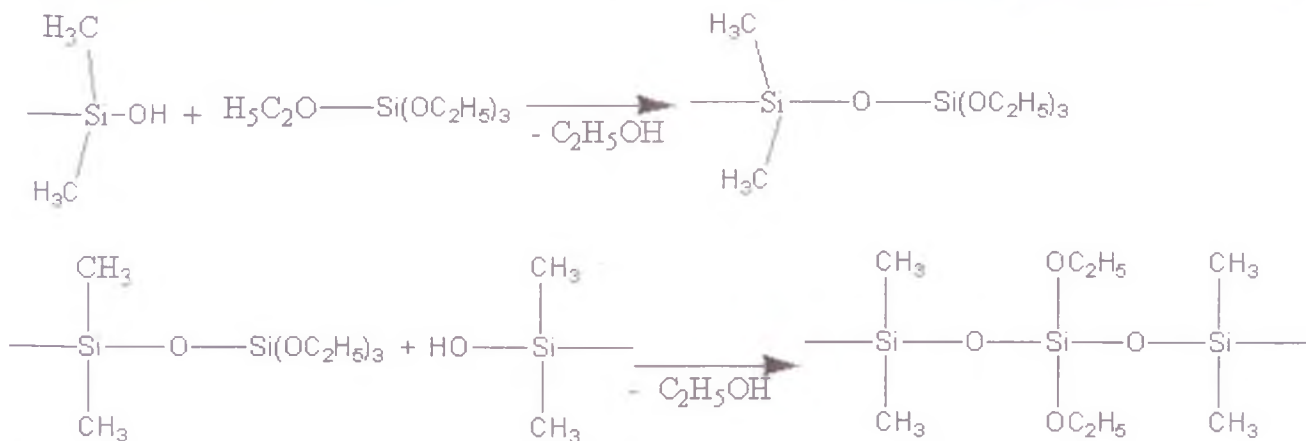


Рис. 1. Схема реакции органосиланов с концевыми OH-группами с тетраэтоксисиланом

Таблица 1. Влияние наполнителя на время гелеобразования 17,5% раствора ОДМС в толуоле ($T_p = 298 \text{ K}$)

Наполнитель, м.ч. на 100 м.ч. связующего		Концентрация OH-групп на поверхности наполнителя, группы/нм ² *	Катализатор 18, масс. ч.	Время гелеобразования, мин.
ПСМ	Аэросил			
-	-		2	164 ± 8
-	-		6	10 ± 1
150		4,2 - 5,7	2	171 ± 7
150		4,2 - 5,7	6	9 ± 2
-	10	3	2	Гелеобразования нет
-	10	3	6	420 ± 12

* концентрация гидроксильных групп на поверхности наполнителя [7].

4. Метод определения ударной прочности пленок по ГОСТ 4765-73.

Эксперимент

Превращение линейных низкомолекулярных органосилоксанов с концевыми OH-группами в трехмерную структуру, проходит под действием тетраэтоксисилана, продуктами его частичного гидролиза (этилсиликат 40) и другими кремнийорганическими соединениями. Катализаторами реакции являются оловоорганические соединения, стеарат свинца и органические соединения других переходных металлов [1-3]. Механизм действия оловоорганических катализаторов объясняют образованием промежуточного активированного комплекса с последующим отщеплением спирта, регенерацией катализатора и образованием силоксановой связи [4-5]. В ходе реакции трехмерной

поликонденсации наблюдается образование геля. Появление и увеличение содержания геля сопровождается резким возрастанием вязкости системы. В связи с этим реакция функциональных групп замедляется, и процесс поликонденсации на этой стадии редко доходит до конца.

Предположительно реакция протекает с выделением этилового спирта по схеме, представленной на рисунке 1.

Для полифункциональных мономеров степень превращения в точке гелеобразования зависит от их функциональности.

Степень завершения данной реакции (P) можно рассчитать по формуле (1):

$$P = 2/f - 2/x - f \quad (1)$$

где f – функциональность системы; x – средняя степень поликонденсации.

При высоких значениях x часть уравнения $2/x - f$ стремится к нулю. Тогда при поликонденсации системы, содержащей эквимолярное соотношение компонентов (на 2 моля диметилсилоксана с концевыми ОН-группами приходится 1 моль тетраэтоксисилана), функциональность которой составляет 2,66; степень завершённости реакции поликонденсации в момент начала гелеобразования составит $2/2,66 = 0,75$.

Влияние стеклянного наполнителя на процесс поликонденсации диметилсилоксана и тетраэтоксисилана может проявиться вследствие наличия ОН - групп на поверхности стекла. Так в работе [6] отмечается, что коллоидные частицы аэросила

(размером 3-10 нм) могут взаимодействовать с ОН - группами и блокировать, таким образом, доступ отвердителя к ним.

Для определения влияния наполнителя на процесс поликонденсации, был поставлен контрольный эксперимент с использованием композиции, как без наполнителя, так и с наполнителем: аэросилом и полыми микросферами (таблица 1).

Проведённые эксперименты показали, что ПСМ в отличие от аэросила, вследствие более крупных размеров, не оказывают существенного влияния на скорость реакции поликонденсации. Таким образом, в описании кинетики отверждения полидиметилсилоксана, влиянием стеклянных микро-

Таблица 2. Зависимость плотности СП от состава и вязкости композиции

Содержание связующего в СП % (об)	Концентрация ОДМС в толуоле, %	Вязкость композиции при T=298K, МПа·С	Экспериментальная плотность покрытия, кг/м ²	Расчетная плотность, кг/м ²
10	17,5	650	291 ± 15	297
	19,0	827	246 ± 18	
20	19,0	594	373 ± 12	377
	21,0	731	326 ± 20	
30	20,0	505	484 ± 14	476
	29,0	620	441 ± 17	
40	21,0	465	52 ± 1	574
	24,0	549	524 ± 15	
50	22,0	386	634 ± 11	643
	26,0	475	603 ± 17	
60	26,0	301	726 ± 7	712
	30,0	396	697 ± 11	
70	30,0	247	776 ± 9	780
	34,0	309	740 ± 19	
80	34,0	196	859 ± 9	849
	38,0	238	801 ± 16	
90	38,0	143	915 ± 7	917
	42,0	190	884 ± 9	
100	42,0	98	986 ± 4	986
	46,0	153	971 ± 9	

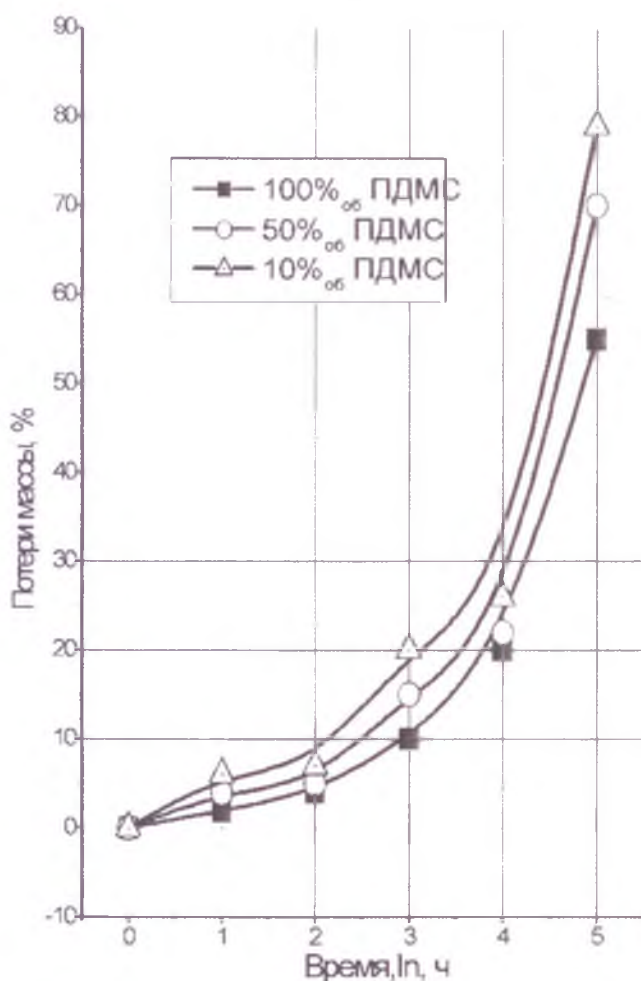


Рис. 2. Выделение растворителя в процессе сушки синтактного покрытия

сфер можно пренебречь, что позволяет значительно упростить описание кинетической схемы процесса.

Выбор оптимальных параметров отверждения

Для получения тонкослойных защитных покрытий перспективным считается метод напыления композиции на защищаемую поверхность.

Такой показатель как плотность наполненных композиций с достаточной степенью точности рассчитывается по следующей формуле:

$$\rho_m = \rho_{сф} (1 - \theta_{св}) + \rho_{св} \theta_{св} \quad (2)$$

где $\rho_{сф}$, $\rho_{св}$ — усредненная плотность микросфер и связующего соответственно; $\theta_{св}$ — объемная доля связующего.

Причем оптимальным составом считался тот, плотность (ρ) которого максимально приближалась к рассчитанной плотности.

Сравнительные характеристики тонкослойных СП (таблица 2) полученных из композиции с различной вязкостью показывают, что определяющим параметром для достижения расчетной плотности СП является вязкость системы. В связи с этим необходимо строго контролировать вязкость композиции в течение всего процесса напыления.

После добавления отверждающего агента композиция напылялась с помощью специализированного пневмораспылителя. Напыление производится послойно. Толщина первого слоя 90 – 150 мкм, толщина последующих слоев 200 – 400 мкм. Время выдержки каждого слоя на воздухе при температуре 298 К составляет 0,75 ч. После достижения заданной толщины пенопокрытие выдерживают до полного удаления растворителя. Скорость удаления растворителя из ЛПБ определяется в значительной степени содержанием ПСМ в композиции (рисунок 2). Это объясняется адсорбцией растворителя на поверхности микросфер. Данный процесс можно значительно ускорить, используя сушку при повышенных температурах.

При этом при повышении температуры на 60 К, время полного удаления растворителя сокращается в 33 раза. Варьируя в небольших пределах концентрацию отвердителя можно без заметного ухудшения физико-механических характеристик наполненного материала регулировать время переработки композиции от 30 минут до 3 часов. Таким образом, проведенные в данной главе исследования позволяют получать защитные покрытия по оптимальным режимам и предварительно оценить свойства получаемых пеноматериалов.

Физико-механические характеристики материалов на основе полидиметилсилоксана

Физико-механические свойства СП определяются как природой связующего и наполнителя, так и технологией их получения.

Размер частиц и фракционный состав наполнителя в той или иной мере оказывает влияние на прочностные характеристики системы наполнитель – связующее. Экспериментально определенный фракционный состав ПСМ представлен на рисунке 3. Приведенные характеристики показывают, что фракционный состав ПСМ смещен в сторону мелких фракций.

Исходя из теоретических предпосылок и многочисленных исследований прочностных характеристик, фракционный состав исследуемой партии ПСМ не является оптимальным. Оптимальный фракционный состав предусматривает последовательное заполнение межсферного пространства

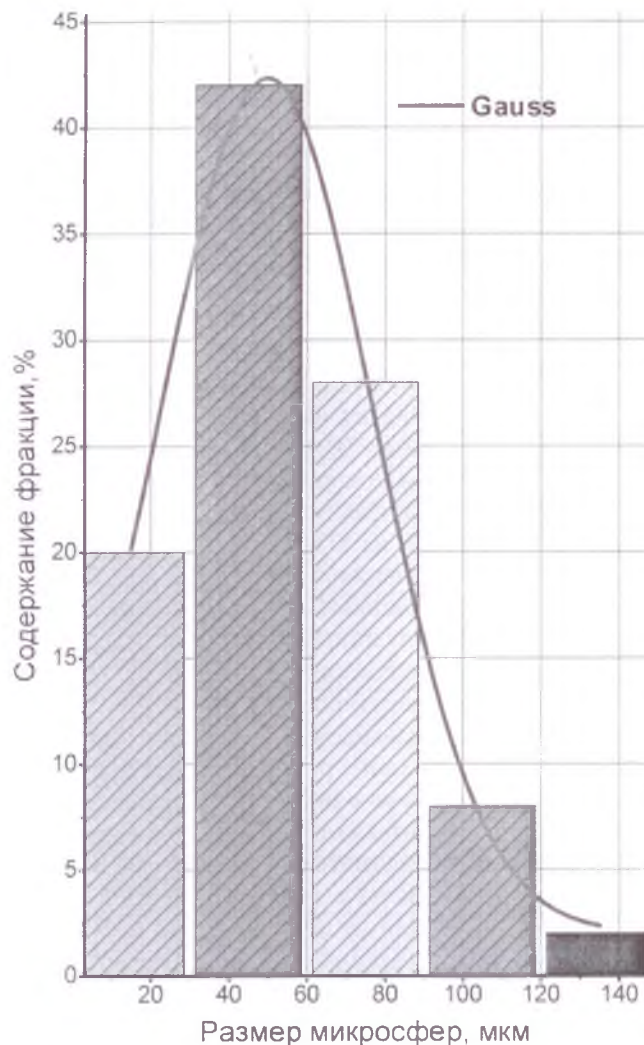


Рис. 3. Фракционный состав исследуемых порых стеклянных микросфер

крупных частиц наполнителя более мелкими и т.д. в соответствии с данными [8]. Однако при наполнении эластомеров отмечается возрастание прочности за счет увеличения удельной поверхности наполнителя. Следовательно, в нашем случае можно ожидать компенсации потери прочности за счет неоптимального гранулометрического состава увеличением удельной поверхности наполнителя. И действительно исследования предела прочности при растяжении показали (рисунок 4), что ЛПБ как со специально приготовленным оптимальным фракционным составом, так и с обычным не намного отличаются друг от друга.

В связи с этим при проведении дальнейших исследований и при получении опытных партий СП был использован наполнитель с обычным фракционным составом, так как для нашего случая изменение фракционного состава ПСМ в связи с их высокой стоимостью является экономически невы-

годным и с технической точки зрения мало эффективным.

При введении наполнителя в эластомер наблюдается возрастание предела прочности материала (рисунок 4). Упрочнение можно объяснить, используя модель скольжения молекул эластомера по поверхности наполнителя (модель Даннеберга [9]). При отсутствии наполнителя вначале рвутся короткие цепи, а при его наличии число нагруженных цепей возрастает и соответственно происходит перераспределение нагрузки. При уменьшении объемной доли ПДМС менее 30 %, наблюдается резкое снижение предела прочности СП, обусловленное недостатком связующего в межсферном пространстве. Кроме того, эффект усиления возможен так же за счет образования химических связей между связующим и наполнителем, например не прореагировавшими гидроксильными группами ПДМС и силанольными группами на поверхности стеклянного наполнителя.

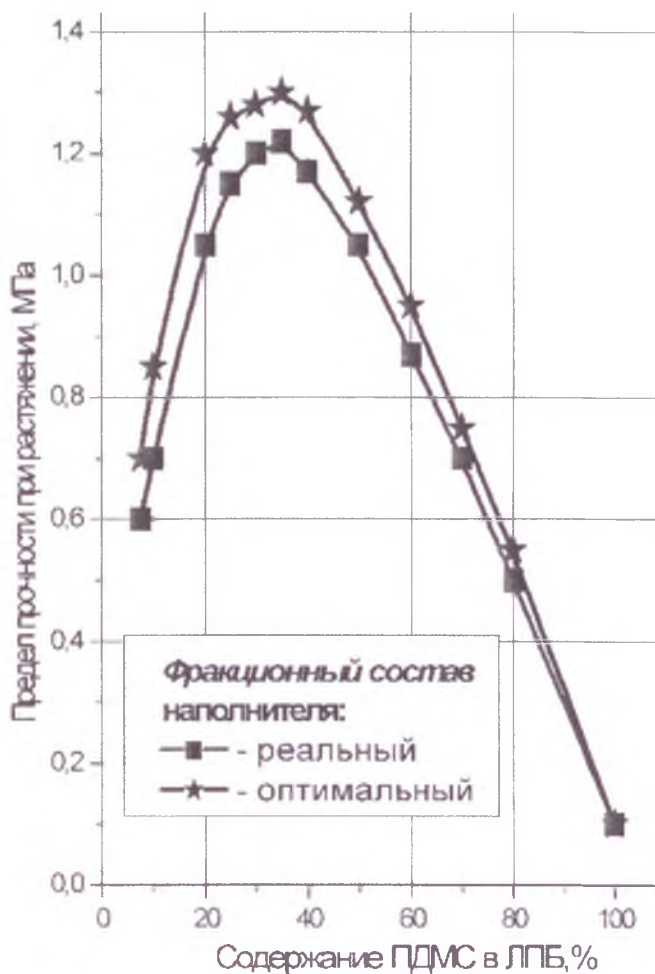


Рис. 4. Зависимость предела прочности при растяжении от содержания ПДМС в СП

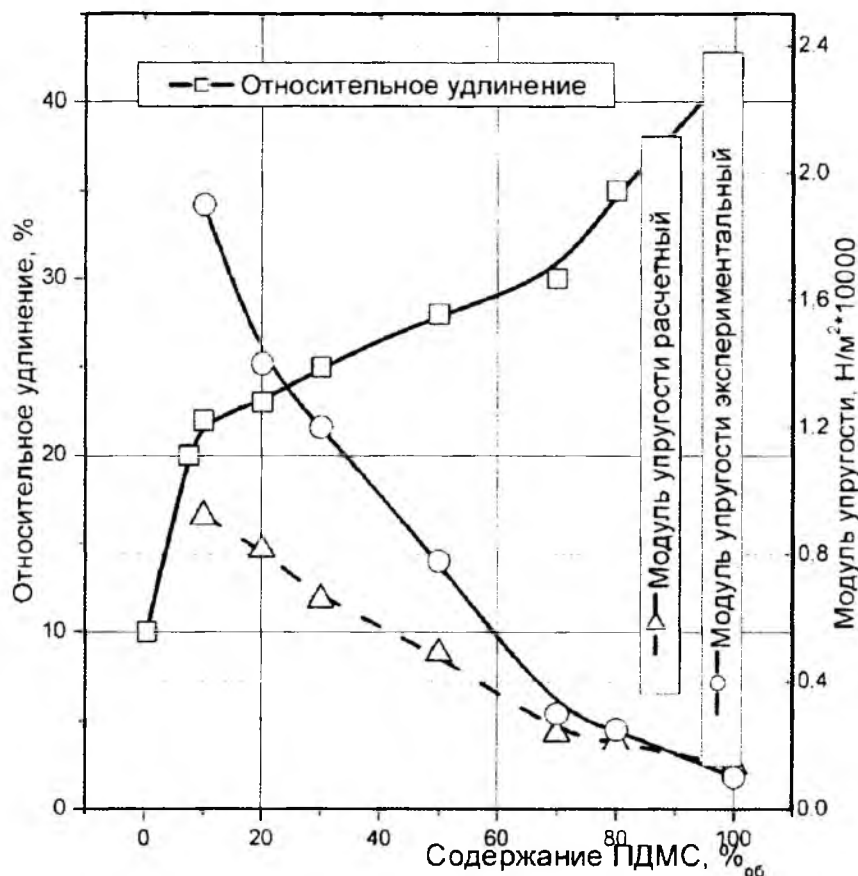


Рис. 5. Зависимость относительного удлинения и модуля упругости от содержания ПДМС в СП

Модуль упругости системы эластомер – сферический наполнитель определяется, прежде всего, количеством наполнителя, увеличивающего жесткость материала. Модуль упругости таких композиций можно определить из уравнения Гута и Голда [10]:

$$E = E_0(1 + 2,5C + 14,1C^2) \quad (3)$$

где E и E_0 – модули наполненного и не наполненного эластомера; C – объемная концентрация наполнителя.

Сравнение экспериментальных и расчетных данных показывает значительные расхождения значений модуля упругости рассчитанных по уравнению 4.2 для расчета модуля упругости с реальными значениями (рисунок 5).

Это вероятно связано со значительным полидисперсным составом ПСМ. Анализ зависимости модуля упругости от содержания ПДМС в СП выявил возможность описания данной зависимости с достаточной степенью точности следующей полиномиальной зависимостью:

$$Y = 2,21 - 0,039 \cdot X + 0,0018 \cdot X^2 \quad (4)$$

Использование в качестве аргумента концентрации связующего, а не наполнителя, как в урав-

нении Гута и Голда, объясняется тем, что для высоконаполненных систем, какими являются СП, это более удобно при проведении расчетов.

Исследования прочности при отрыве напыленного СП от подложек различной природы показали, что зависимость данной величины от содержания связующего носит ярко выраженный экстремальный характер (рисунок 6). Оптимальное соединение СП с подложкой достигается при содержании связующего 30 ÷ 45% об. При введении ПДМС до 30% об наблюдается возрастание прочностных характеристик при отрыве за счет возрастания предела прочности материала.

Характер разрушения СП при данных значениях когезионный, что свидетельствует о высокой адгезии материала к подложке. При дальнейшем увеличении содержания ПДМС характер отрыва в основном смешанный. Повышение содержания ПДМС свыше 45% об приводит к снижению прочностных показателей при отрыве. Это можно объяснить тем, что в композиции наблюдается снижение количества поляризованных гидроксильных групп, образующихся за счет введения наполнителя, и соответственно уменьшение количества водородных связей между СП и подложкой, обеспе-

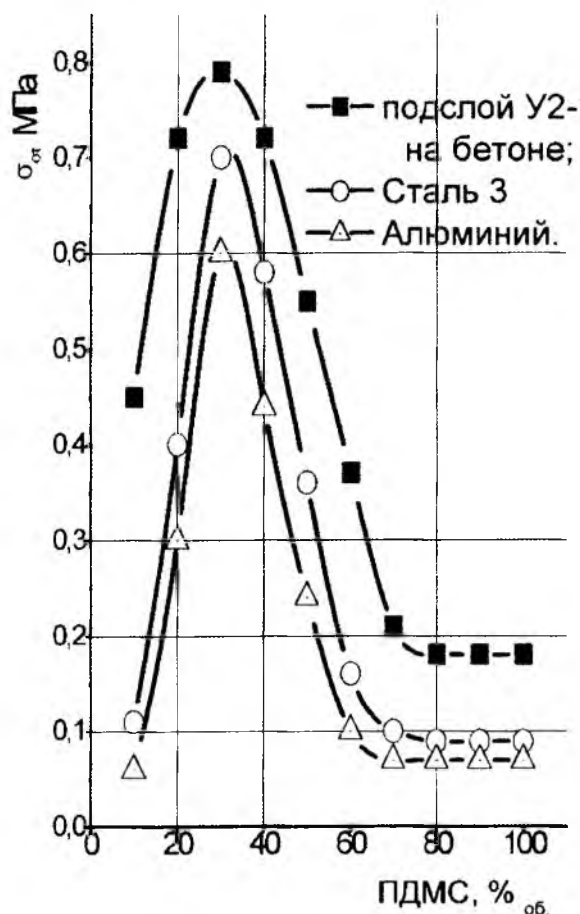


Рис. 6. Зависимость предела прочности при отрыве от содержания ПДМС в СП

чивающих адгезию материала [11-12]. Характер отрыва материала от подложки при таком содержании связующего как правило адгезионный.

Прочностные характеристики СП при отрыве в значительной степени зависят от материала подложки. Так адгезия СП на подложке из стали 3 (кривая 2), выше, чем на подложке из алюминия (кривая 1). Это отражено на рисунке 6. По всей видимости, это связано с наличием оксидной пленки на поверхности алюминия и соответственно различием в количестве гидроксильных групп на поверхности материалов.

С целью повышения адгезионных свойств СП на поверхность подложки предварительно наносился подслоем герметика Виксинт 28 представляющего собой низкомолекулярный силиконовый каучук СКТН-1 наполненный оксидом железа (редоксайдом) [13-14] толщиной 40 – 50 мкм. Подслой наносился пневмораспылителем в виде 40 % раствора герметика в толуоле с добавками отверждающего агента и последующим отверждением при комнатной температуре в течение 72 часов. Применение адгезионного подслоя значительно увеличи-

Таблица 3. Ударная прочность СП

Тип связующего	Содержание связующего, %об	Ударная прочность, см/кг
СКТН-1	10	21
СКТН-1	20	37
СКТН-1	30	42
СКТН-1+аэросил (Виксинт-18)	10	28
СКТН-1+аэросил (Виксинт-18)	20	42
СКТН-1+аэросил (Виксинт-18)	30	47
СКТН-1+редоксайт (Виксинт 28)	10	32
СКТН-1+редоксайт (Виксинт 28)	20	45
СКТН-1+редоксайт (Виксинт 28)	30	54

чивает предел прочности СП при отрыве независимо от используемых материалов подложки.

В целом ряде случаев большое значение играет ударная прочность, характеризующая устойчивость тонкослойного покрытия к ударным воздействиям. Испытания показали, что ударная прочность образцов чрезвычайно высокая и зависит в значительной степени от объемного содержания связующего в СП (таблица 3).

Высокие значения ударной прочности объясняются значительной демпфирующей способностью эластомерного связующего. Причём использование связующих Виксинт 18 и Виксинт 28 приводит к повышению ударной прочности, что вероятно связано с усиливающим действием содержащихся в них активных наполнителей: высокодисперстного диоксида кремния (аэросила) и оксида железа (редоксайта).

Таким образом, варьируя соотношение связующего и наполнителя можно в широких пределах менять и физико-механические свойства синтактного пенопласта.

Выводы

Таким образом, для получения покрытия с минимальным подвспениванием и соответственно с наибольшей плотностью упаковки микросфер и с

наилучшими физико-механическими свойствами, необходимо соблюдать следующие условия:

- покрытие необходимо наносить в несколько слоев, причем толщина первого слоя должна быть минимальной;
- время живучести композиции должно быть достаточным для полного удаления из нее воздуха;
- температура отверждения должна быть много ниже температуры кипения растворителя, так как возможно подвспенивание материала интенсивно выделяющимися парами жидкости.

Условные обозначения

ОДМС	олигодиметилсилоксан
ТЭОС	тэтраэтоксисилан
ПСМ	полюе стеклянные микросферы
СП	синтактные пенопласты
ПДМС	полидиметилсилоксан

Библиография

1. Батяев Е.А., Харитонов Н.П., Кузинец А.С., Бессонов А.А. Исследование газопроницаемости и защитных свойств отвержденных пленок немодифицированного полидиметилфенилсилоксана // ЖПХ, 1981, Т. LIV, №8.-С.1927-1929.
2. Chukhlanov V., O. Lebedeva. «Curing Kinetics of the binder in the light sferoplastik», Set of scientific papers based on international scientific and practical conference, 2010, Т. 7, № 4, с. 77-79.
3. Харитонов Н.П. Кремнийорганические материалы Л.: Наука, 1971.- 268 с.
4. Chukhlanov V.Y., Panov Y.T., Ilina E.S.. «Curing kinetics modeling of oligoorganosiloksan», Butlerov Communications. V.31. № 8. 2012, с. 95-100
5. Соболев В.М., Бородина И.В. Промышленные синтетические каучуки.- М.: Химия, 1977.- 392 с.
6. Брык М.Т., Липатова Т.Э. Физико-химия многокомпонентных полимерных систем.- Киев: Наукова думка, 1986.- 345 с.
7. Брык М.Т. Деструкция наполненных полимеров. – М.: Химия, 1989. – 192 с
8. Справочник по композиционным материалам/ Под ред. Дж. Любина: Пер. с англ./ Под ред. Б.Б. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. Кн.2. – 614 с.
9. Вишняков Н.И. Усиление эластомеров//Итоги науки и техники. Химия и технология ВМС, 1975, № 7.- С.130-146.
10. Сысоев Э.П., Чухланов В.Ю. Применение полых микросфер в кремнийорганических синтактных пенопластах // Стекло и керамика, 2000, №2. – С.11-12
11. Алексеенко А.Н., Чухланов В.Ю. Применение синтактных пенопластов с кремнийорганическими связующими в строительстве// Строительные материалы, 2001, №6. – С.26-27.
12. Адгезия и прочность адгезионных соединений/ Под ред. М.Г. Драновского.– М.: МДНТП им. Ф.Э. Дзержинского, 1988. – 327 с.

13. Соболевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов./ Под ред. М.В. Соболевского. – М.: Химия, 1975. – 296 с.
14. Chukhlanov V. Y. and Tereshina E. N. «Polyorganosiloxane-Based Heat-Resistant Sealant with Improved Dielectric Characteristics» Polymer Science, Ser. C, 2007, Vol. 49, No. 3, pp. 288- 291

References

1. Batyaev E.A., Kharitonov N.P., Kuzinets A.S., Bessonov A.A. Issledovanie gazopronitsaemosti i zashchitnykh svoystv otverzhdennykh plenok nemodifitsirovannogo polidimetilfenilsiloksana// ZhPKh, 1981, T.LIV, №8.-S.1927-1929.
2. Chukhlanov V., O. Lebedeva. «Curing Kinetics of the binder in the light sferoplastik», Set of scientific papers based on international scientific and practical conference, 2010, Т. 7, № 4, s. 77-79.
3. Kharitonov N.P. Kremniyorganicheskie materialy L.: Nauka, 1971.- 268 s.
4. Chukhlanov V.Y., Panov Y.T., Ilina E.S.. «Curing kinetics modeling of oligoorganosiloksan», Butlerov Communications. V.31. № 8. 2012, s. 95-100
5. Sobolev V.M., Borodina I.V. Promyshlennyye sinteticheskie kauchuki.- M.: Khimiya, 1977.– 392 s.
6. Bryk M.T., Lipatova T.E. Fiziko-khimiya mnogokomponentnykh polimernykh sistem.- Kiev: Naukova dumka, 1986.- 345 s.
7. Bryk M.T. Destruktsiya napolnennykh polimerov. – M.: Khimiya, 1989. – 192 s
8. Spravochnik po kompozitsionnym materialam/ Pod red. Dzh. Lyubina: Per. s angl./ Pod red. B.B. Gellera. – M.: Mashinostroenie, 1988. Kn.2. – 614 s.
9. Vishnyakov N.I. Usilenie elastomerov//Itogi nauki i tekhniki. Khimiya i tekhnologiya VMS, 1975, № 7.- S.130-146.
10. Sysoev E.P., Chukhlanov V.Yu. Primenenie polykh mikrosfer v kremniyorganicheskikh sintaktnykh penoplastakh // Steklo i keramika, 2000, №2. – S.11-12
11. Alekseenko A.N., Chukhlanov V.Yu. Primenenie sintaktnykh penoplastov s kremniyorganicheskimi svyazuyushchimi v stroitel'stve// Stroitel'nye materialy, 2001, №6. – S.26-27.
12. Adgeziya i prochnost' adgezionnykh soedineniy/ Pod red. M.G. Dranovskogo.– M.: MDNTP im. F.E. Dzerzhinskogo, 1988. – 327 s.
13. Soboлевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов./ Под ред. М.В. Соболевского. – М.: Химия, 1975. – 296 с.
14. Chukhlanov V. Y. and Tereshina E. N. «Polyorganosiloxane-Based Heat-Resistant Sealant with Improved Dielectric Characteristics» Polymer Science, Ser. C, 2007, Vol. 49, No. 3, pp. 288- 291

Авторы

Чухланов Владимир Юрьевич

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, профессор кафедры химических технологий.
Тел. раб.: 8 (4922) 479-783
e-mail: Vladsilan@mail.ru

Криушенко Сергей Сергеевич

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, аспирант кафедры химических технологий.
e-mail: Sergey.kriushenko@yandex.ru