

А. П. Завьялов^{1,2}, **К. В. Зобов**^{1,2}, **В. В. Сызранцев**¹, **С. П. Бардаханов**^{1,2,3}

¹ *Институт теоретической и прикладной механики
им. С. А. Христиановича СО РАН
ул. Институтская, 4/1, Новосибирск, 630090, Россия*

² *Новосибирский государственный университет
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия*

³ *Бурятский государственный университет
ул. Смолина, 24а, Улан-Удэ, 670000, Россия*

*Zav_Alexey@list.ru, zobov.kv@gmail.com
vvveliga@mail.ru, bard@itam.nsc.ru*

КОНЦЕПЦИЯ ПОЛНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ И ПРИМЕНЕНИИ НАНОПОРОШКА ДИОКСИДА КРЕМНИЯ*

Описана модель получения и проведен анализ применения нанопорошков диоксида кремния, полученных методом испарения электронным пучком. Авторами разрабатывается подход, согласно которому основное значение имеют величины удельной поверхности нанопорошков и полной вносимой поверхности, а не размер наночастиц. Представлены экспериментальные результаты и теоретические модели, подтверждающие эту концепцию. В частности указана связь прочности эпоксидной композиции с величиной суммарной внесенной в смесь поверхности. Также показано, что при производстве нанопорошка в больших объемах в связи с усреднением условий производства можно использовать модельные представления, позволяющие предсказывать непосредственно удельную поверхность из усредненных параметров производства.

Представлен определяющий фактор для конкретной производственной схемы в виде произведения массовой производительности на удельную поверхность. Его использование в сочетании с модельными представлениями оценки удельной поверхности позволяет оценить качество и эффективность производственного процесса. Указана универсальность суммарной поверхности нанопорошка как критерия сопоставимости различных режимов, а возможно, и производственных процессов, основанных на различных принципах.

Ключевые слова: удельная поверхность, размер наночастиц, получение нанопорошков, электронный пучок.

Введение

Порошки широко используются во многих производственных процессах как конечный продукт либо промежуточный материал. Поэтому они длительное время являются предметом интенсивных научных исследований. Однако проблемы предсказания ме-

ханических свойств и динамики движения нанопорошков различных веществ в различных ситуациях по-прежнему не поддаются решению в связи с трудностями теоретического и экспериментального моделирования. В частности, движущиеся порошки напоминают жидкости, но сложность описания взаимодействия составляющих их твердых

* Работа выполнена при частичной поддержке проекта № 8-4 по программе Президиума РАН № 8 и в рамках проектной части Государственного задания в сфере научной деятельности № 16.1930.2014/К.

Завьялов А. П., Зобов К. В., Сызранцев В. В., Бардаханов С. П. Концепция полной поверхности при получении и применении нанопорошка диоксида кремния // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Физика. 2014. Т. 9, вып. 4. С. 80–88.

частиц не позволяет успешно использовать модели механики сплошной среды. В свою очередь, разработанные для жидкостей и газов экспериментальные методы не могут быть напрямую использованы, особенно для изучения процессов внутри нанопорошков. К тому же нанопорошки в подавляющем числе случаев составлены из частиц различной формы и размеров, что влечет необходимость использования статистических представлений как в теории, так и в эксперименте. По нашему мнению, основной проблемой в создании теоретических моделей поведения сред с наночастицами и проведении экспериментальных исследований является стремление учитывать индивидуальные особенности всех компонентов ансамбля частиц.

Нанопорошки, как показывает общая практика, обладают специфическими свойствами, связанными с методикой их производства, материалом, внутренней структурой, что делает их параметры не унифицируемыми. Это препятствует проведению сравнения нанопорошков, полученных разными путями, а также проведению усреднения параметров по ансамблю частиц, так как велико взаимовлияние параметров.

В качестве основного параметра при их характеристике обычно используется размер первичных частиц. Но речь всегда идет о некотором эффективном размере наночастиц. В действительности любой нанопорошок обладает некоторым довольно широким распределением частиц по размерам. Монодисперсные нанопорошки на практике фактически не встречаются. Поэтому возникает неопределенность выбора эффективного размера: среднего по распределению, наиболее вероятного размера наночастиц или эффективного размера в каком-то ином смысле. При одном и том же распределении наночастиц по размерам значение эффективного размера оказывается различным для различных приложений.

Кроме того, для малых частиц всегда присутствует эффект агломерации, дополнительно осложняющий выбор эффективных размеров. Агломерация превращает первичные частицы в группы значительно большего размера, вплоть до 2–3 порядков. Какой размер при этом считать определяющим (характерным)? Как контролировать этот размер и его распределение в процессе диспергирования и использования нанопорошков?

Эти вопросы в настоящий момент не имеют эффективного теоретического и практического решения.

Другим параметром, использование которого справедливо расширяется в характеристике нанопорошков, является величина удельной поверхности. Как известно, она определяется размером, формой и пористостью первичных наночастиц. Агломерация первичных частиц не изменяет величину удельной поверхности. Удельная поверхность не говорит о конкретных размерах частиц нанопорошка, однако характеризует «мелкость» нанопорошка в целом. Использование этого интегрального параметра, измеряемого вне зависимости от формы распределения частиц по размерам, устраняет неопределенность, связанную с понятием эффективного размера, и, по мнению авторов, является наиболее подходящим в качестве базовой характеристики нанопорошков.

На протяжении длительного периода работы с производством и применением нанопорошков у авторов сформировалась концепция, в которой порошок рассматривается не как набор частиц, а как обобщенная поверхность. Соответственно в качестве основных параметров вместо размера первичных наночастиц и их концентрации предлагается использовать удельную поверхность и интегральную характеристику – суммарную величину поверхности, вносимую наночастицами в ту или иную среду (полную площадь поверхности раздела компонент).

Составляющими такого подхода являются следующие положения.

1. Для наноразмерных частиц отношение величины поверхности к объему очень велико и является определяющим для процессов взаимодействия между наночастицами и окружающей средой.

2. Для размерного анализа используется величина удельной поверхности, непосредственно измеряемая адсорбционным методом (метод БЭТ, по именам Брунауэра, Эммета и Теллера – авторов метода).

3. В силу особенностей способов производства, использовавшихся при выработке подхода, нанопорошки являются рентгеноаморфными, поэтому взаимодействие наночастиц между собой и окружающей их средой не осложняется особенностями кристаллической структуры вещества наночастиц.

4. При производстве наноразмерных частиц различными способами их поверхность организуется по-разному, и это проявляется в различии эффектов при применении наночастиц. Причинами являются особенности строения атомных структур на поверхности, а также наличие, вид распределения и свойства поверхностных химических групп и другие физико-химические явления [1–3].

Целями настоящей работы являются: построение модели процесса получения нанопорошков диоксида кремния по методу, разработанному с участием авторов; описание полученных теоретических и экспериментальных данных, являющихся базой этой модели; оценка уровня влияния диспергированных наночастиц на параметры композиционных материалов.

Модельные представления о процессе формирования нанопорошка

В работе использована установка для получения нанопорошков, основанная на методе испарения исходного вещества непрерывным пучком электронов промышленного ускорителя с последующей конден-

сацией пара в твердые частицы в потоке газа атмосферного давления [4; 5].

Общая схема установки получения нанопорошков представлена на рис. 1. Пучок из ускорителя инжектируется в секционированный водоохлаждаемый сублиматор, оснащенный системой многоканального (по секциям) дистанционного контроля температуры охлаждающей воды с помощью терморезисторов и ее расхода.

Вследствие использования в качестве нагревателя пучка электронов метод не имеет ограничений на материал, из которого производится нанопорошок. Способ может быть использован для получения нанопорошков как чистых веществ, так и оксидов и нитридов с высокой производительностью до нескольких килограммов в час. В настоящей работе, в основном, приводятся результаты, полученные на опытной установке с производительностью при получении диоксида кремния до 140 г в час.

Производственный процесс, несмотря на простоту принципов, сложен в исследовании, а именно в проведении измерений и контроле производственных параметров. Вследствие особенностей производственного метода, теоретические представления

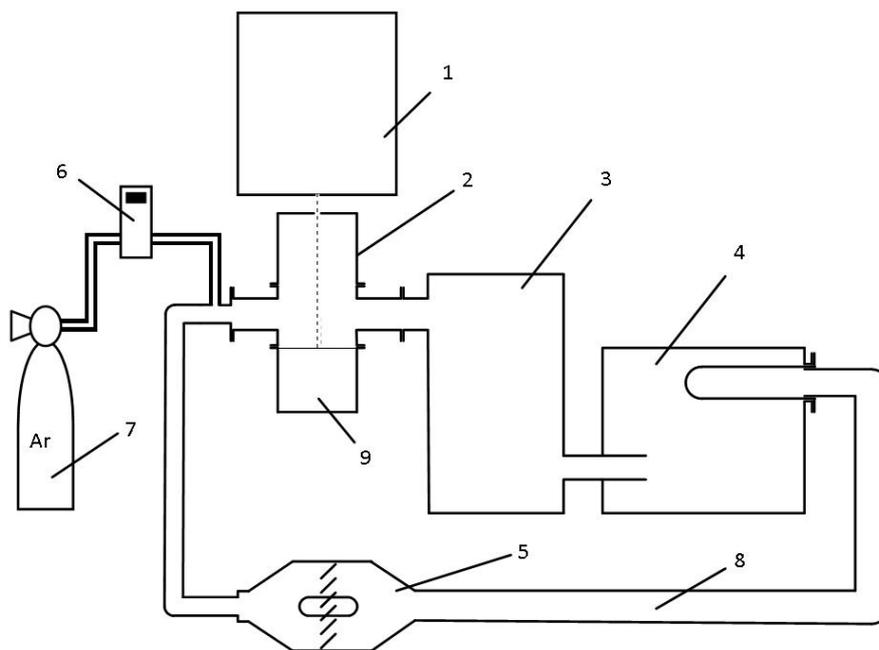


Рис. 1. Схема установки для получения наночастиц: 1 – ускоритель электронов; 2 – сублиматор; 3 – отсек отделения крупной фракции; 4 – бокс с фильтром; 5 – вентилятор; 6 – регулятор расхода газа; 7 – баллон с газом; 8 – трубы газового тракта; 9 – исходный материал (SiO₂)

о процессах, протекающих в установке, раз-
 зиты недостаточно. Тем не менее результа-
 ты работы позволили создать модельные
 представления на основе эксперименталь-
 ных данных и качественных представлений
 о влиянии параметров производства на
 удельную поверхность получаемого нано-
 порошка.

Ключевым в предлагаемой модели явля-
 ется предположение о высокой скорости
 охлаждения паров, генерируемых поверхно-
 стью расплава исходного вещества. Это
 приводит к тому, что практически каждое
 столкновение частиц пара друг с другом
 приводит к их объединению. Тогда можно
 предположить, что формирование наноча-
 стиц происходит непосредственно над по-
 верхностью расплава, и, в среднем, каждую
 наночастицу образуют все молекулы пара
 исходного вещества, находящиеся в некото-
 ром объеме порядка нескольких длин сво-
 бодного пробега V_{run} . Таким образом, сред-
 ний диаметр частиц D_{aver} можно связать с
 концентрацией паров исходного вещества
 над поверхностью расплава C следующим
 образом:

$$D_{aver} = \sqrt[3]{\frac{6}{\pi} \langle V \rangle} = \sqrt[3]{\frac{6}{\pi} v_1 N} = \sqrt[3]{\frac{6}{\pi} v_1 V_{run} C}, \quad (1)$$

где $\langle V \rangle = \pi \langle D^3 \rangle / 6$ – средний объем одной
 наночастицы; v_1 – объем, приходящийся на
 одну молекулу в составе наночастицы; N –
 среднее число молекул, составляющих на-
 ночастицу.

Концентрация паров над поверхностью
 расплава есть количество молекул в едини-
 це объема. Этот параметр определяется
 двумя конкурирующими потоками вещест-
 ва, контролируемые в процессе производ-
 ства: генерацией паров поверхностью рас-
 плава и удалением паров проходящим
 потоком воздуха. Расход проходящего пото-
 ка воздуха задается электронным регулято-
 ром расхода, а генерация паров поверхно-
 стью расплава определяется плотностью
 мощности, подводимой электронным пуч-
 ком. Чтобы понять, каким именно образом
 концентрация определяется этими парамет-
 рами, можно представить ее следующим
 образом:

$$C = \frac{dN}{dV} = \frac{dN/dSdt}{dV/dSdt}. \quad (2)$$

Эта формула выражает тот факт, что
 концентрация равна отношению количества
 молекул, генерируемых единицей поверхно-
 сти в единицу времени, к объему воздуха,
 проходящему в эту же единицу времени над
 этой же единицей поверхности. Величина в
 знаменателе выражения (2), пропорцио-
 нальная расходу воздуха в системе Q , явля-
 ется скоростью потока и определяется пол-
 ным сечением канала сублиматора.

Для того чтобы определиться с величи-
 ной в числителе, рассмотрим потоки энер-
 гии в поверхностном элементе расплава.
 Поступающая энергия электронного пучка
 расходуется на излучение от обрабатывае-
 мого материала, на передачу тепла соседним
 элементам через механизм теплопроводно-
 сти (в конечном счете, к водоохлаждаемым
 стенкам сублиматора), на передачу тепла
 потоку воздуха, с которым контактирует
 поверхность расплава, и на испарение. Та-
 ким образом, можно ввести некую величину
 η , определяющую часть энергии пучка элек-
 тронов, уходящую на испарение. Тогда ве-
 личину в числителе выражения (2) можно
 представить следующим образом:

$$\frac{dN}{dSdt} = \eta \frac{dW/dS}{\varepsilon_1} \propto \frac{W}{\varepsilon_1 S},$$

где dW/dS – плотность мощности пучка элек-
 тронов; ε_1 – энергия, необходимая для испа-
 рение одной молекулы исходного вещества;
 W – мощность пучка электронов; S – площадь
 поверхности ванны с расплавом. В итоге по-
 лучаем:

$$C \propto \frac{W}{QS}. \quad (3)$$

Самый простой и быстрый способ полу-
 чить представление о размерах продукта –
 это измерить удельную поверхность $S_{y\theta}$ по-
 лучаемых нанопорошков, являющуюся от-
 ношением полной поверхности нанопорош-
 ка к его массе. Эту величину можно связать
 с некоторым средним диаметром частиц a ,
 если представить нанопорошок состоящим
 из наночастиц одинаковых размеров и счи-
 тать плотность материала наночастиц ρ не
 зависящей от их размеров:

$$S_{y\theta} = \frac{\int_0^{+\infty} \pi D^2 f(D) dD}{\int_0^{+\infty} \rho \frac{\pi}{6} D^3 f(D) dD} =$$

$$= \frac{\pi \langle D^2 \rangle}{\rho \frac{\pi}{6} \langle D^3 \rangle} = \frac{6}{\rho a}, \quad (4)$$

где $f(D)$ – распределение наночастиц по размерам, а ρ при расчетах, как правило, принимается равной плотности макровещества (2,2 г/см³).

Следует понимать, что размер a , фигурирующий в выражении (4), не является «настоящим» средним размером, т. е. первым моментом распределения частиц по размерам, а лишь отношением третьего и второго моментов этого распределения с некоторым коэффициентом. В то же время средний размер D_{aver} , указанный в выражении (1), также является лишь кубическим корнем из третьего момента этого распределения.

Если предположить, что средние размеры в выражениях (1) и (4) пропорциональны друг другу, то в согласии с выражениями (1), (3) и (4) получим зависимость удельной поверхности производимых нанопорошков от условий получения в следующем виде:

$$S_{yo} \propto \sqrt[3]{\frac{QS}{W}}.$$

Здесь S – это площадь, с которой происходит испарение вещества. Для диоксида кремния ее диаметр практически совпадает с диаметром пучка электронов d , попадающего на поверхность исходного вещества. Непосредственно в эксперименте нет возможности измерить этот размер, однако до и после эксперимента можно измерять расстояние H , которое проходит пучок в атмосфере до попадания на мишень. В первом приближении можно считать пучок электронов расходящимся по конусу ввиду особенностей устройства выпускной системы [6].

Тогда площадь поверхности ванны расплава S , с которой происходит испарение вещества, будет пропорциональна квадрату расстояния, пройденного пучком в атмосфере, и окончательно получим соотношение

$$S_{yo} \propto \sqrt[3]{\frac{QH^2}{W}}. \quad (5)$$

В трех сериях экспериментов по производству нанопорошка диоксида кремния варьировались различные указанные в формуле (5) параметры производства и измерялась удельная поверхность получаемых образцов. Для проверки гипотезы на рис. 2 изображена зависимость куба удельной по-

верхности S_{yo}^3 от комбинации параметров производства QH^2/W . Как видно, экспериментальные точки группируются вблизи линейной зависимости, а потому описанные модельные представления можно считать верными.

Таким образом, используя некоторый усредненный параметр, описывающий производимый продукт, такой как удельная поверхность, можно описать экспериментальные данные и в будущем создать точную модель, позволяющую прогнозировать параметры продукта по заданным параметрам производства.

Целевая особенность продукта производства (нанопорошка) – высокая удельная поверхность (малые размеры первичных частиц). Эта характеристика является параметром качества производственного процесса. Другим параметром, как и для любого производства, является количество производимого продукта, которое в нашем случае выражается в единицах массы, произведенной за единицу времени (г/ч).

Применение двух параметров одновременно для характеристики производственного процесса осложнено тем, что существует взаимное влияние этих параметров друг на друга. Естественное желание произвести большую массу продукта в условиях конкретной конфигурации имеет ограничение на минимальный размер наночастиц. В общем случае это объясняется следующим образом: повышение мощности электронного пучка, естественным образом ведет к увеличению генерации паров над расплавом материала мишени, что приводит к увеличению производительности; однако это же приводит и к повышению концентрации паров в зоне формирования наночастиц, что также естественным образом при отсутствии запаса по расходу газа увеличивает их размеры и уменьшает удельную поверхность получаемого нанопорошка.

Результаты долговременных пусков по производству нанопорошка диоксида кремния на двух режимах на модельной установке при достижении максимальной производительности по массе свидетельствуют о пропорциональном уменьшении удельной поверхности (см. таблицу). Это говорит о наличии лимитирующего фактора для определенной конфигурации процесса в виде произведения производительности на максимальное значение получаемой удельной

поверхности. Конфигурация может включать как качества исходного материала, так и конфигурацию модулей производственного тракта, в особенности конструкцию сублиматора.

По этой причине авторы предлагают ввести новый параметр – «добротность» процесса производства Ω , – равный произведению удельной поверхности $S_{уд}$ (в м²/г) на производительность dM/dt (в г/ч). Он означает количество поверхности, производимое в единицу времени (измеряется в м²/ч). Разрабатывая производственный процесс, необходимо максимизировать именно его добротность. Сам по себе параметр Ω позволяет понять, сколько нанопорошка заданного качества можно произвести на данной установке, и чем он выше, тем шире ее возможности. Иначе говоря, качеством нанопорошка можно управлять путем варьирования параметров установки.

Пример из таблицы представляет два режима производства с различными значениями параметров, различной производительностью и качеством продукта, однако с близкими значениями добротности.

Тем не менее не всегда может достигаться именно этот максимум, и производительность в рамках одной конфигурации может быть ниже. В процессе исследований были выявлены основные параметры, влияющие на производительность и качество получаемого нанопорошка. На основе этих параметров были построены модельные представления, описывающие соотношение между параметрами процесса и характеристиками производимого нанопорошка. Для того чтобы понять, каким образом параметры производства определяют его добротность, необходимо иметь более глубокие представления относительно процессов формирования наночастиц. При использовании

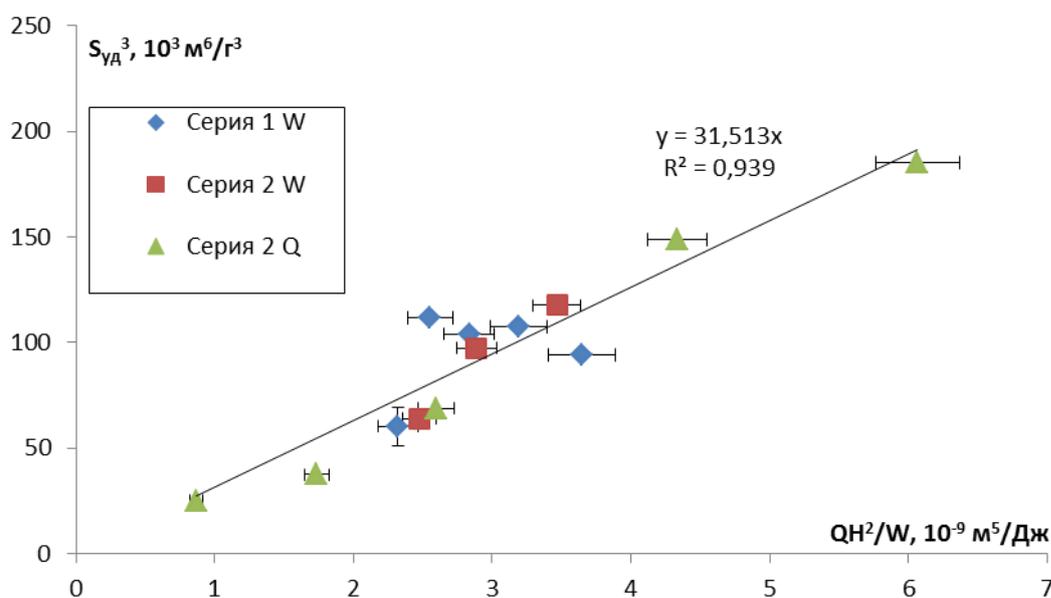


Рис. 2. Аппроксимация экспериментальных точек на удельную поверхность с помощью соотношения, полученного из модельных представлений. Серии 1 и 2 различаются расстоянием H , пройденным пучком в атмосфере; « W » в названии серии означает варьирование по мощности пучка, « Q » – по расходу воздуха

Параметры производства *

Q , л/мин	H , см	I , мА	$S_{уд}$, м ² /г	dM/dt , г/ч	Ω , м ² /ч
98	17,5	10	35	61	2 135
42	23,5	15	18	136	2 448

* Q – расход газа-носителя (воздуха), H – расстояние, пройденное электронным пучком в атмосфере, I – ток пучка электронов. Характеристики процесса: $S_{уд}$ – удельная поверхность нанопорошка, dM/dt – производительность, Ω – добротность процесса.

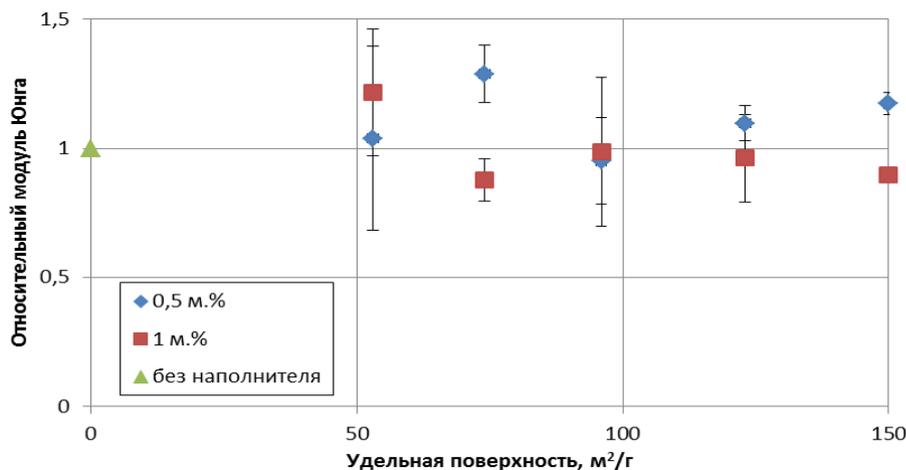


Рис. 3. Зависимость относительного изменения модуля Юнга смолы (ЭД-20 + ПЭПА) от удельной поверхности вводимого гидрофильного наполнителя для двух массовых концентраций в сравнении с образцом без наполнителя.

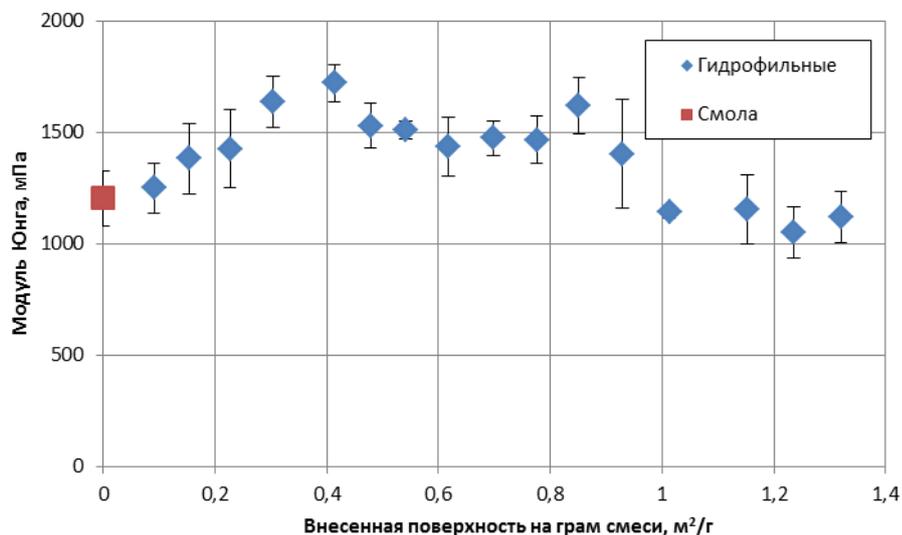


Рис. 4. Зависимость относительного изменения модуля Юнга смолы (ЭД-20 + ПЭПА) от внесенной поверхности вводимого гидрофильного наполнителя

добротности не учитываются размеры частиц, но при использовании конкретного метода производства вид функции распределения частиц по размерам можно считать постоянным.

Применение нанопорошков для модификации эпоксидной смолы

Возможность использования в качестве основного параметра значение удельной поверхности продукта (без учета распределения частиц по размерам) следует рассматривать на примере применения нанопорошков, скажем,

для модификации прочностных свойств полимерных материалов.

Были проведены эксперименты по применению нанопорошков диоксида кремния для увеличения модуля Юнга эпоксидного композита. Результаты приведены в работе [7]. Рассмотрим главные выводы в соответствии с нашей концепцией.

Проведены измерения модуля Юнга эпоксидной смолы ЭД-20 холодного отверждения с добавлением нанопорошков диоксида кремния марки Таркосил. Для отверждения в смолу добавлялся полиэтиленполиамин (ПЭПА) (1 часть к 6 частям смолы), отверждение проводилось при 25 °С.

При добавлении нанопорошка варьировались массовая концентрация и удельная поверхность порошка. При использовании наполнителей с различной удельной поверхностью при двух массовых концентрациях были получены следующие данные о величине относительного изменения модуля Юнга (рис. 3). Так, для массовой концентрации 0,5 % имеется некоторый максимум в области удельной поверхности 74 м²/г, в то время как для массовой концентрации 1 % в целом наблюдается тенденция уменьшения относительного модуля Юнга с увеличением удельной поверхности.

Было предложено использовать по аналогии с производственным процессом величину суммарной внесенной поверхности на грамм смеси (произведение массовой концентрации на удельную поверхность). Такой подход позволил объединить данные и выявил определенную зависимость, пример которой приведен на рис. 4.

В представлении суммарной внесенной поверхности эффект упрочнения имеет более гладкое поведение, предоставляя возможность предсказать величину модуля Юнга в зависимости от того, сколько и какого порошка используется для модификации.

Видно, что существует максимум в области 0,45 м² внесенной поверхности на грамм композита, составивший около 40 % увеличения модуля Юнга. Введение более одного квадратного метра поверхности на грамм смеси негативно сказывается на модуле Юнга композита. Наблюдается идущий до 0,8 м²/г размытый пик.

Таким образом, можно видеть, что в ситуации использования нанопорошков на практике суммарная поверхность имеет большое значение. При равномерном распределении нанопорошка в среде его поведение приобретает характеристики сплошной среды, поэтому становятся важны интегральные параметры, а эффекты дисперсности отходят на второй план.

Выводы

Показано, что описание посредством поверхности может быть эффективнее, чем описание посредством размера частиц.

При производстве нанопорошка в больших объемах в связи с усреднением условий производства можно использовать модель-

ные представления, позволяющие предсказывать непосредственно удельную поверхность из усредненных параметров производства.

Представлен определяющий фактор для конкретной производственной схемы в виде произведения массовой производительности на удельную поверхность продукта. Его использование в сочетании с модельными представлениями позволяет быстро и точно оценить качество и эффективность производственного процесса.

Указана связь прочности эпоксидной композиции с величиной суммарной внесенной в смесь поверхности.

Указана универсальность суммарной поверхности нанопорошка как критерия сопоставимости различных режимов, а возможно, и производственных процессов, основанных на различных принципах.

Список литературы

1. Айлер Р. Химия кремнезема. М.: Мир, 1982. Т. 2. 1127 с.
2. Bardakhanov S. P., Vasiljeva I. V., Kuskhanov N. K., Mjakin S. V. Surface functionality features of nanosized silica obtained by electron beam evaporation at ambient pressure // *Advances in Materials Science and Engineering*. Hindawi Publishing Corp., 2010. Article ID 241695. 5 p. doi:10.1155/2010/241695.
3. Syzrantsev V. V., Zavyalov A. P., Bardakhanov S. P. The role of associated liquid layer at nanoparticles and its influence on nanofluids viscosity // *Int. J. of Heat and Mass Transfer*. 2014. Vol. 72. P. 501–506.
4. Бардаханов С. П., Корчагин А. И., Куксанов Н. К., Лаврухин А. В., Салимов Р. А., Фадеев С. Н., Черепков В. В. Получение нанопорошков испарением исходных веществ на ускорителе электронов при атмосферном давлении // *Докл. Академии наук*. 2006. Т. 409, № 36. С. 320–323.
5. Bardakhanov S. P., Korchagin A. I., Kuskhanov N. K., Lavrukhin A. V., Salimov R. A., Fadeev S. N., Cherepkov V. V. Nanopowder production based on technology of solid raw substances evaporation by electron beam accelerator // *Materials Science and Engineering: B*. 2006. Vol. 132. No. 1–2. P. 204–208.
6. Корчагин А. И. Электронно-лучевая технология получения нанодисперсных порошков диоксида кремния при атмосферном

давлении: Дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2003.

7. Брусенцева Т. А., Зобов К. В., Филипов А. А., Базарова Д. Ж., Лхасаранов С. А., Чермошенцева А. С., Сызранцев В. В. Влияние модификации поверхности нанопорош-

ков на механические свойства композитных материалов на основе эпоксидных смол // Наноиндустрия. 2013. Вып. 3. С. 24–31.

Материал поступил в редколлегию 08.10.2014

A. P. Zavjalov, K. V. Zobov, V. V. Syzrantsev, S. P. Bardakhanov

CONCEPT OF FULL SURFACE AT SYNTHESIS AND APPLICATION OF SILICA NANOPOWDER

The paper describes a model of synthesis and analysis of the application of nano-silica obtained by electron beam evaporation. The authors developed the approach that shows of the specific and fully surfaces of nanopowders to have more significance than the size of the nanoparticles. The experimental results and theoretical models supporting this concept are presented. In particular, the connection between the strength of the epoxy and the total surface value dispersed into epoxy is shown.

In the synthesis of large quantities of nanopowder we can use the model concepts to predict specific surface directly from the averaged parameters of synthesis.

The main factor for a used synthesis scheme is presented: the multiplication a product of mass performance on specific surface area. The combination of this factor with the model representations of specific surface evaluation allows to estimate the quality and efficiency of the synthesis process.

The nanopowder total surface versatility as a criterion of comparability of different modes, and possibly synthesis processes is shown.

Keywords: special surface, particle size, synthesis of nanoparticles, electron beam.