

УДК 544.46:665.75:662.7

ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОФОБНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М. Нажипкызы

Институт проблем горения, Алматы, Казахстан
Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

В сборнике, который посвящен профессору З.А. Мансурову представляется уместным обсуждение новых методов синтеза в пламени наноматериалов, вследствие успехов в области химической физики, процессов сажеобразования. Настоящая публикация является данью выдающемуся исследователю, одному из ведущих ученых в области химической физики. В 2010 году по предложению Зулхаира Аймухаметовича в ходе выполнения кандидатской диссертаций мною начаты экспериментальные исследования в области синтеза в пламени сажи, обладающей гидрофобными свойствами. За короткий срок нами получены супергидрофобные материалы, свойства которых превосходят, существующие в настоящее время.

Аннотация

В данной статье представлены результаты исследований процесса получения гидрофобной сажи в пламени, которая имеет свою специфику и перспективу, так как является непрерывным, технологичным и управляемым. Разработан метод получения гидрофобного песка на основе полученной сажи и приведены результаты исследований по созданию антиобледенительных покрытий.

Ключевые слова: гидрофобная сажа, пламя, гидрофобный песок

Введение

Об использовании сажи в технологических процессах известно давно. Впервые ее стали применять как красящий пигмент для изготовления чернил. В настоящее время сажа применяется в качестве активного наполнителя в резинах на основе синтетических каучуков для повышения механической прочности и срока службы. В электротехнической промышленности сажа применяется для производства розеток, выключателей, патронов и других изделий. В лакокрасочной промышленности сажа является важным сырьем для производства высококачественных красок и лаков. Разные отрасли промышленности применяют различные типы сажи, которая классифицируется по совокупности заданных признаков по способу получения. С появлением технологий нового поколения активизировались исследования, связанные с производством новых типов саж с упорядоченной структурностью и высокой дисперсностью для получения, которых используются сравнительно дешевое сырье. В настоящее время появилось много работ связанных с синтезом гидрофобных углеродных поверхностей в пламенах углеводородов [1-3]. Это связано с тем, что возросла актуальность вопроса связанного со снижением

себестоимости гидроизоляционных материалов, особенно применяемых в строительстве.

Супергидрофобные материалы и покрытия представляют большой практический интерес, поскольку обладают рядом уникальных функциональных характеристик. Наиболее важное из них водонепроницаемость, устойчивость к биообрастанию, к неорганическим, а в ряде случаев и к органическим загрязнениям, устойчивость к коррозии, скольжение жидкого потока вблизи гидрофобной поверхности, управляемые электроизоляционные характеристики [1].

Высока перспективность применения супергидрофобных покрытий как антиобледенительных в авиации. С обледенением воздушного судна связано около 7% авиационных происшествий. Например, для самолетов и вертолетов накопление льда приводит к изменению формы летательного аппарата, обтекающих его воздушных потоков и соответствующих аэродинамических сил, и моментов. Основные негативные последствия обледенения связаны с увеличением аэродинамического сопротивления, уменьшением угла сваливания и подъемной силы. Кроме того, обледенение измерительной и контрольной аппаратуры приводит к нарушению ее нормальной работы

и управляемости летательного аппарата. В последние десятилетия значительные усилия инженеров и исследователей были направлены как на более детальное понимание физико-химических явлений, определяющих процессы обледенения, так и на создание более эффективных систем для предотвращения обледенения и/или борьбы с его последствиями. Однако, несмотря на эти непрекращающиеся усилия, нарушения работы оборудования и авиакатастрофы, вызванные обледенением, продолжают происходить на всех классах воздушных судов. Ситуация по-прежнему настолько остра, что, например, Национальный совет США по безопасности на транспорте выделил проблему обледенения среди наиболее востребованных задач для улучшения безопасности в авиации. Результаты уже проведенных испытаний полученных покрытий показали, возможность решения двух проблем. Это, во-первых, предотвращение либо замедление перехода переохлажденных капель воды, попадающих на конструкционные элементы, в твердое состояние с последующим их удалением с поверхности под действием воздушных потоков. Во-вторых, это снижение адгезии уже образовавшихся ледяных отложений к поверхности конструкционных элементов и аппаратуры, что способствует удалению льда под действием аэродинамических сил [4].

При разработке противо-обледенительных систем для авиации, ветровых турбин или телекоммуникационных антенн сегодня меньше внимания уделяется стратегиям покрытий. Большинство исследований, связанных с покрытиями, сконцентрированы в основном на уменьшении силы слипания льда, и легком удалении льда при его образовании. В данном исследовании [5] внимание фокусируется на альтернативной стратегии, состоящей в создании условий для отталкивания жидкой воды как способа уменьшения общего количества воды, присутствующей на поверхности, которая может быть усилено модификацией смачиваемости поверхности, посредством применения супергидрофобных покрытий, т.е. водонепроницаемыми покрытиями, характеризующиеся слабыми силами адгезии воды.

Чтобы изучить эффект супергидрофобных покрытий на поверхности в условиях обледенения, были проведены испытания в ветровой трубе на стандартной аэродинамической поверхности NASA 0021 при двух разных условиях обледенения. В испытаниях были использованы три образца, каждая из них характеризовалась различными свойствами смачиваемо-

сти. Для моделирования присутствия противо-обледенительной системы, крыло было снабжено электрическим нагревателем на внутренней стороне ведущего края крыла.

Результаты испытаний в ветровой трубе показывают, что смачиваемость поверхности является важным регулирующим фактором не только для уменьшения прироста льда на крыле, но также и для сокращения на 80% энергии, требуемой во избежание прироста льда на крыле. Результаты тестов в ветровой трубе вместе с результатами предыдущей работы по отталкиванию капель подкрепили гипотезу о том, что отталкивание капель является ключевым регулирующим механизмом в стратегии эффективного уменьшения обледенения [5].

Термин супергидрофобности первыми ввели Джонсон и Детр [6] в 1964 году, используя грубые гидрофобные поверхности. Они разработали теоретическую модель, основанную на экспериментах со стеклянными шариками, покрытых парафином и политетрафторэтилена теломер, соответственно. Barthlott и Ehler [7] изучали самоочистку от супергидрофобных микро-наноструктурированных поверхностей в 1977 году, и они впервые описали такие самоочищающиеся и супергидрофобные свойства как "эффект лотоса". Супергидрофобное состояние поверхности определяется углом смачивания между каплей воды и поверхности материала, который имеет угол смачивания выше 150° . Супергидрофобные поверхности отображают эффект самоочистки (водоотталкивающей) широко известный как «эффект лотоса». Супергидрофобность может быть достигнута путем выбора низкой поверхностной энергией материалов путем введения шероховатости [7, 8].

В [7] представлен широко распространенный метод получения супергидрофобных покрытий, основанный на применении органических и неорганических наполнителей с многомодальным распределением частиц по размерам. В качестве наполнителей используют частицы оксида кремния, стеклянные шарики, фторидные латексы, полистирольные латексы и углеродные нанотрубки. После нанесения на поверхность подложки и испарения дисперсионной среды такие частицы либо самоорганизуются на поверхности в монослой, либо агрегируют с образованием многомодальной шероховатости.

Авторы работы [9] применяли частицы оксида кремния с первичным диаметром 16 нм. При нанесении таких частиц из дисперсии

в гексане в присутствии диметилдихлорсилана на поверхность стеклянной подложки происходила их агрегация. Вид агрегатов существенно зависел от структуры подложки. Так, на гладкой поверхности образовывалась островковая пленка из агрегированных частиц, а после предварительной шлифовки поверхности получалось однородное распределение агрегированных частиц по поверхности подложки с двумя характерными масштабами шероховатости - 0.2-1 мкм и 40-80 нм. Для гидрофобизации полученной текстуры на поверхность наносили полимерную пленку промышленного фобизатора FC735, представляющего собой смесь фторакрилатного полимера и фторалкилэфиров. Необходимо отметить, что только в случае однородного распределения агрегированных частиц по поверхности подложки удавалось достичь супергидрофобного состояния подложки с углом натекания 170° .

На сегодняшний день существует необходимость в гидрофобных композиционных материалах, производство которых было бы выгодно, а применение эффективно. В этой связи интересны работы, связанные с синтезированием гидрофобных углеродных поверхностей в пламенах [1-3, 11-13]. В них также сделан вывод о том, что в основе гидрофобных покрытий лежит регулярная структура из частиц субмикронного и нанометрового размера, выступов или острий, располагающихся подобно лесу на поверхности. Пространство между этими элементами занимает воздух или любой другой газ из атмосферы. Подобные поверхности получают химическим или ионным травлением. Известен способ выращивания в вакууме «ковровых» гидрофобных покрытий из углеродных волокон с применением катализаторов (как правило, никель). При таком процессе в глубоком вакууме, на подложке, из паров катализатора сначала выращивают зародыши-островки размером порядка 10-100 нанометров. Далее, в атмосфере углеродосодержащего газа (метан, ацетилен) происходит рост углеродных волокон на частицах катализатора. Структура волокон может варьироваться в зависимости от параметров процесса (давление газа, температура подложки и др.). Таким образом, вода на таком покрытии, имея контакт лишь с кончиками выступов или волокон, фрагментируется в капли силами поверхностного натяжения т.е., гидрофобность поверхности напрямую связана с ее наноразмерной шероховатостью. Методика быстрого осаждения углеродного слоя предложена I.K. Puri [1]. Этот метод синтеза позволяет получать крупные агрегаты, состоящие из от-

дельных частиц (нанобисеры) с размерами от 20 до 50 нм [10], но возможен синтез и более крупных частиц. В данной работе исследовалось горение ацетиленового пламени, а в качестве катализатора был использован никель [2]. Подложкой для создания углеродного слоя служила пластинка кремния. Она подвергалась воздействию пламени на расстоянии 10 мм при различных экспозициях времени. Установлено, что независимо от способа обработки поверхности, обращенной к пламени, синтезированные на них углеродные наноструктуры идентичны. Размер и состав областей образования углеродных наночастиц, названных авторами нанобисерами, зависит от времени экспозиции [13].

Показано, что радиус области наночастиц с особыми гидрофобными свойствами уменьшается с увеличением времени экспозиции. Так, для времени воздействия пламени 5 минут первая зона имеет границу 23 мм, а для 7,5 минут – 20 мм. Ближе к центру диска легче формируются большие углеродные цепочечные структуры – нанобисеры. Архитектура поверхности оказывает глубокое воздействие на смачиваемость [14]. Pozzato и другие [2] выяснили, что, когда капли воды образуют очень большие углы смачивания (более 150°), гидрофобность частиц позволяет капле легко скатываться с поверхности.

Электронно-микроскопические исследования поверхности кремниевой подложки, подвергшейся обработке в течение 5 минут, показывают, что углеродные нанобисеры связаны друг с другом. Поскольку процесс осаждения для них не каталитический, было предположено, что рост является результатом пиролиза топлива в газовой фазе. Продукты пиролиза, транспортируются в слое, прилегающем к относительно холодной поверхности кремния, на которых они конденсируются и образуют нанобисеры. Пиролизом паров камфоры при 1000°C в атмосфере аргона были синтезированы губчатые наноструктуры углерода [2]. В качестве катализатора использовали ферроцен. При этом были получены твердые и полые углеродные наночастицы двух размеров ≈ 250 нм и 500-800 нм. Они состояли из аморфных слоев, которые были покрыты графитовыми оболочками. Спектральный анализ энергетических потерь электронов показал, что внутренняя часть частиц (бусин) была аморфной. Рентгеновский анализ различных спектров показывает, что периферийная часть нанобисеров содержит по объему 98,1% углерода.

В работе [2] для получения супергидрофобного слоя, состоящего из однородных

нанобисеро́в углерода, осаждаемых на кремниевой подложке, использовалось этилен-воздушное диффузионное пламя. Полученные углеродные частицы нанобисера морфологически подобны наножемчугу углерода, синтезированному Левеском и его сотрудниками [1] с помощью диссоциации ацетилена при 700 °С на никелевых каталитических нанокластерах.

Особого внимания заслуживают работы, выполненные в институте проблем горения [15-21], в которых приведены результаты исследования процесса образования сажи, обладающей супергидрофобными свойствами и образующейся при горении углеводородов. Главным недостатком сажи является то, что ее взаимодействие с водой инициирует подвижность наноструктурных составляющих углерода и появляющиеся новые структурные образования приводят к потере гидрофобных свойств. Но если сажу, получать при определенных условиях сжигания топлив, то она сможет сохранять гидрофобные свойства после взаимодействия с водой, и такую сажу, в дальнейшем, можно использовать для придания различным материалам водостойкости и

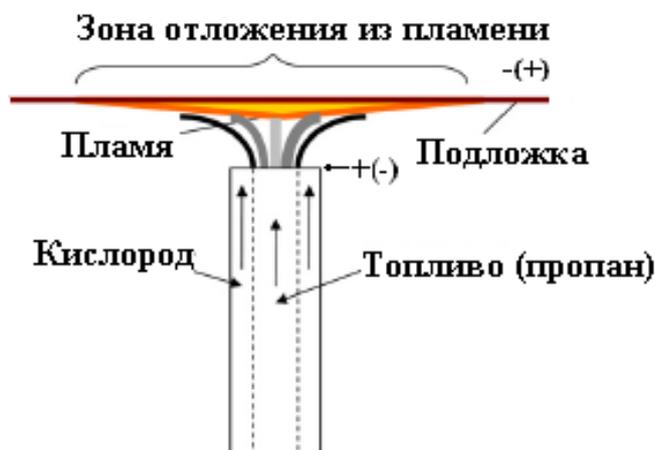
непромокаемости. Так, установлено, что формирование гидрофобной сажевой частицы можно стабилизировать на определенном уровне процесса ее образования. При горении пропан – кислородного пламени образующуюся сажу осаждали на кремниевую пластину. Полученные данные показывают, что сажа, осевшая на поверхности подложки в определенных зонах, обладает супергидрофобными свойствами. В работах [19, 21] были проведены исследования по применению полученной сажи для создания гидрофобных композиционных материалов.

Получение супергидрофобной углеродной поверхности при горении пропана

В данной работе нами было проведено экспериментальное исследование горения пропан – кислородной смеси. Мы использовали кремниевую пластину в качестве подложки. При горении сажа осаждалась на подложку (рис. 1).



а)



б)

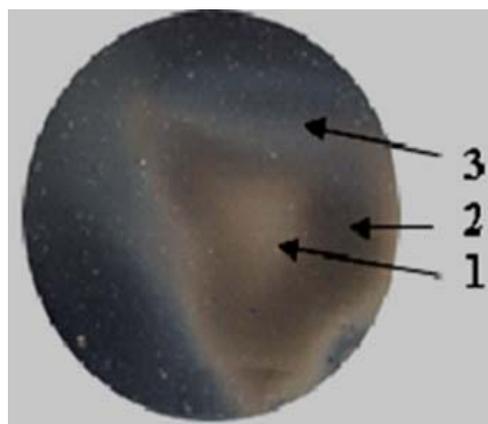
Рис. 1 – Фотография и схема экспериментальной установки

Si диск подвергался воздействию пламени от 2 мин до 10 мин. В результате на поверхности диска наблюдалось три зоны сажи (рис. 2). Центральная серая область (1) была окружена коричневой зоной (2), которая, в свою очередь, была охвачена внешней черной закопченной зоной (3).

Подложки помещались на расстоянии 2 см от горелки. Расход пропана был 51 см³/с, а кислорода 260 см³/мин, время экспозиций $\tau = 6$ мин, температура пламени 900 °С.

После завершения цикла проведенных

экспериментов, пробы, полученных саж собирались, взвешивались и исследовались физико-химическими методами. Количественный и качественный анализ состава саж и их экстрактов проводили на спектрометре ИК-Фурье фирмы «Perkin Elmer». Рентгенографический анализ фазового состава получаемых образцов проводили на дифрактометре ДРОН-3М и ДРОН-4, а электронно-микроскопические исследования на электронных микроскопах типа Jem-100CX (x360000) и Jem-3010 (x1500000).



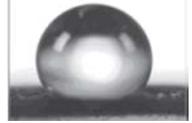
| Зона | Угол смачивания, θ | Капля воды на поверхности |
|------|---------------------------|---|
| 1 | 135° |  |
| 2 | 155° |  |
| 3 | 145° |  |

Рис. 2 – Образец диска, который был подвержен воздействию пламени

Получение гидрофобного песка

Наша работа заключается в создании гидрофобного композиционного строительного материала, полученного с применением гидрофобной сажи. На начальном этапе исследований стоит задача по получению сыпучего материала с выраженными водоотталкивающими свойствами.

Технология производства этого материала включает в себя двухкомпонентное покрытие основного заполнителя (песка). В первую очередь производится нагрев основного материала.

Песок должен содержать не более чем 1% мас./мас. влаги, следовательно, чтобы обеспечить однородное покрытие частиц, его высушивают до этой степени перед процедурой покрытия.

Основной материал обычно высушивают при температуре в интервале между 90 и 120 °С, предпочтительно примерно при 100 °С. После того как он высушен, его можно использовать горячим или можно хранить в закрытом сосуде, а затем покрывать холодным. Вторым этапом наносится клеевая основа, третьим шагом является обработка гидрофобным мелкодисперсным порошком. Далее следует процесс отверждения.

В качестве основного заполнителя используется кварцевый песок, имеющий размер частиц между 600 и 800 мкм, клеевую основу составляет пленкообразующий агент-полиуретан, гидрофобный песок первоначально был получен при смешивании ее с сажой, полученной при сгорании пропана. Клейкий слой служит в качестве первого слоя покры-

тия, депонированного на основном материале, который закрепляет на нем гидрофобное внешнее покрытие.

Кварцевый песок первоначально проходил стадию измельчения для получения тонкой пылевидной фракции, что на конечном этапе приводит к усилению водоотталкивающего эффекта за счет уменьшения расстояния между частицами покрытыми гидрофобным слоем и, следовательно, уменьшает размер капилляров, через которые может просочиться вода.

Впоследствии для упрощения и удешевления технологии было решено проводить измельчение основного заполнителя одновременно с перемешиванием его с клеевым агентом и далее с гидрофобным компонентом. Клейкий слой наносят на основной заполнитель путем растворения пленкообразующего агента в летучем растворителе, так чтобы образовался гомогенный состав, и обеспечивают равномерное депонирование клейкого слоя на поверхности. Поскольку летучий растворитель функционирует исключительно в качестве носителя для депонирования клейкого слоя на материале заполнителя, можно использовать фактически любой летучий растворитель, в котором растворимы компоненты клейкого слоя.

Однако предпочтительнее растворители включающие продукты перегонки нефти, такие как минеральные спирты или растворитель красок, которые имеют температуру кипения между примерно 80 °С и примерно 200 °С. Показательным примером предпочтительного летучего растворителя являются толуол, либо этилацетат, которые легко выпариваются при относительно низких температурах, что при-

водит в результате к быстрому распределению смеси на материалах заполнителя.

В качестве растворителя мы использовали этилацетат, не требующий для выпаривания специального нагрева свыше комнатной температуры.

Клейкий слой с основным материалом подвергают интенсивному перемешиванию, в это время летучий растворитель выпаривается. Затем в мешалку добавляется порошок, содержащий сажу с гидрофобными свойствами. Во время перемешивания кварцевый песок обволакивается им, затем проходит отверждение при комнатной температуре.

Таким образом успешно был проведен ряд экспериментов по получению гидрофобного слоя на песчинках с использованием сажи обладающей гидрофобными свойствами (рис 3).



Рис. 3 – Фотография капли воды на поверхности песка

В данной работе рассматривается альтернативный подход, который основан на использовании супергидрофобных покрытий, т.е. водоотталкивающих покрытий. Идея использования супергидрофобных покрытий заключается в использовании преимуществ водоотталкивания и низком прилипанию капель в жидком состоянии к таким покрытиям для уменьшения накопления воды на поверхности прежде чем вода может замерзнуть.

Экспериментальный образец представляет собой 2D крыло с NASA 0021 симметричной аэродинамической поверхностью. Крыло состояло из двух компонентов: основное тело для крыла из алюминиевого листа и заменя-

Антиобледенение

На поверхностях, подвергающихся условиям обледенения, следует устанавливать полностью испарительные антиобледенительные систем не только во избежание прироста льда на площадях, где присутствуют антиобледенительные системы (обычно, в точке застывания потока, например, крыло или ведущие края кабины, где сбор капель наиболее высок), но также для избежания прироста льда вниз по потоку, где и присутствуют антиобледенительные системы и стекающая вода может замерзнуть. Однако, этот метод требует больше количества энергии, требующейся для испарения жидкой воды на поверхности. В случае с гидрофобным покрытием (СГП), большая часть собранной воды либо отскакивает вскоре после удара, либо может быть быстро сброшена с поверхности, так что на поверхности остается небольшое количество, которое требуется испарить антиобледенительными системами. Таким образом, уменьшение воды на поверхности приводит к уменьшению энергии.

мая вкладка. Центральная часть основного тела спроектирована таким образом, чтобы можно было вставить испытуемый образец (рис. 4).

Эксперименты в различных условиях обледенения показали, что применение супергидрофобного покрытия дает множественные выгоды:

- во первых, значительное сокращение энергии нагрева, необходимое для поддержания ведущего края крыла свободным от льда (экономия до 80% энергии);
- во вторых, значительное уменьшение или полное предотвращение образования стекающего льда.



Рис. 4. Фотографии экспериментальной установки и капель воды на антиобледенительном покрытии

Эффективность метода смягчения еще яснее в условиях обледенения, который может испытывать обычно самолет. Также предлагается механизм для объяснения эффективности стратегии покрытий водоотталкивающими покрытиями. На гидрофильной поверхности вода не замерзает на участках, где температура поверхности поддерживается выше температуры замерзания воды, например, ведущий край крыла. Однако, силы прилипания между жидкостью и поверхностью высоки, а мобильность жидкости на поверхности низкая и, когда стекает вниз из-за аэродинамической тяги, вода замерзает там, где температура падает ниже температуры замерзания, вызывая образование стекающего льда. А на СГП, где сила прилипания между жидкостью и поверхностью низкая, большая часть жидкой воды сбрасывается с поверхности из-за отскока капли или благодаря аэродинамической тяги, что заставляет капли скатываться с поверхности. Вот таким образом жидкая вода удаляется с поверхности прежде чем она может стечь вниз и замерзнуть на необработанных площадях.

Результаты показывают, что применение стратегии покрытий позволяет значительно сократить энергию нагрева на поверхностях, подвергнутых условиям обледенения. Например, эффективная работа аэродинамических поверхностей обычно требует, чтобы антиобледенительные системы работали как полностью испарительные системы, так чтобы жидкая вода испарялась на нагретой поверхности и жидкая вода не стекла вниз для

избежания прироста стекающего льда. Если используется стратегия покрытия, то требуется гораздо меньше энергии, потому что энергия нагрева подается только для поддержания температуры выше точки замерзания в зоне сбора капель воды, а не обеспечивать латентное тепло, необходимое для испарения воды [21].

Литература

1. Levesque A., Binh V.T., Semet V., Guillot D., Fillit R.Y., Brookes M.D., et al. Mono disperse carbon nanopearls in a foam-like arrangement: a new carbon nano-compound for cold cathodes. // *Thin Solid Films*. – 2004. № 464–465. – P. 308-314.
2. Naha S., Sen S., Puri I.K. Flame synthesis of superhydrophobic amorphous carbon surfaces // *Carbon*. – 2007. – Vol.45 – P. 1696-1716.
3. Sayangdev Naha, Swarnendu Sen, Ishwar K. Puri. Flame synthesis of superhydrophobic amorphous carbon surfaces. // *Carbon*. – 2007. – V. 45 – P. 1969-1716.
4. Л.Б. Бойнович, А.М. Емельяненко. Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение. *Успехи химии*, 77(7). – 2008. – С. 619-638.
5. C. Antonini, M. Innocenti, T. Hornb, M. Marengo, A, Amirfazli. Understanding the effect of superhydrophobic coatings on energy reduction in anti-icing systems, *Cold Regions Science and Technology* 67 (2011) 58-67.
6. Johnson R.E., Dettre R.H. Contact angle hysteresis. In: Fowkes FM, Zisman WA, eds. *Contact Angle, Wettability, and Adhesion (Ad-*

vances in Chemistry Series Vol. 43), American Chemical Society, Washington, DC, 112 (1964). <http://dx.doi.org/10.1021/ba-1964-0043.ch007>.

7. Barthlott W., Ehler N. Raster-Elektronenmikroskopie der Epidermis-Oberflächen von Spermatophyten (Tropische und subtropische Pflanzenwelt Vol. 19), Akademie der Wiss. u.d. Literatur, Mainz (1977).

8. Celia E., Darmanin T., Taffin de Givenchy E., Amigoni S., Guittard F. Recent advances in designing superhydrophobic surfaces. *J Colloid Interface Sci*, 402, 1 (2013). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2013.03.041>.

9. M. Ferrari, F. Ravera, L. Liggieri. Surfactants adsorption at hydrophobic and superhydrophobic solid surfaces. *Appl. Phys. Lett.*, 88, 203125, 2006.

10. Sen S., Puri I.K. Flame synthesis of carbon nanofibers and nanofiber composites containing encapsulated metal particles // *Nanotechnology*, 2004. №15(3). – P. 264-268.

11. Robertson J. Diamond – like amorphous carbon // *Mater Sci Eng R.* – 2002. V. 379 (4-6). – P. 129-281.

12. Zhou Y, Wang B, Song X, Li E, Li G, Zhao S, Yan H. Control over the wettability of amorphous carbon films in a large range from hydrophilicity to super hydrophobicity // *Applied Surfaces Science.* – 2006. № 253 (5). – P. 2690-2694.

13. Mazumdera Sonal, Ghoshb Suvojit and Puri Ishwar K. Nonpremixed Flame Synthesis of Hydrophobic Carbon Nanostructured Surfaces, Virginia 24061, USA. – P. 14

14. He B., Patankar N.A., Lee J. Multiple Equilibrium Droplet Shapes and Design Criterion for Rough Hydrophobic Surfaces. *Langmuir*, 19, 4999, 2003

15. Назипкызы М., Мансуров З.А., Пури И.К., Лесбаев Б.Т., Шабанова Т.А., Цыганов И.А. Получение супергидрофобной углерод-

ной поверхности при горении пропана // *Нефть и газ.* – 2010. – №5. – С. 27-33.

16. Mansurov Z.A., Nazhipkyzy M., Lesbayev B.T., Prikhodko N.G., Auyelkhanqyzy M., Puri I.K. Synthesis Of Superhydrophobic Carbon Surface During Combustion Propane // *Eurasian Chemico-Technological Journal.* – 2012. – Vol. 14, № 1. – P. 19-23.

17. Mansurov Z.A., Nazhipkyzy M., Lesbayev B.T., Prikhodko N.G., Chernoglazova T.V., Chenchik D.I., Smagulova G.T. Synthesis at Superhydrophobic Soot Flames and its Applied Aspects // *World (Int.) Conf. on Carbon.* – Krakow, Poland, 2012. – P. 68.

18. Nazhipkyzy M., Lesbayev B.T., Mansurov Z.A., Arapova A.K., Baidaulova D.K., Solovyova M.G., Prikhodko N.G. Creation based on superhydrophobic soot waterproofing materials obtained in flames // *Advanced Materials Research.* – 2012. – Vol. 535-537. – P. 1437-1440.

19. Назипкызы М., Соловьева М.Г., Баққара А.Е., Смагулова Г.Т., Турешева Г.О., Лесбаев Б.Т., Приходько Н.Г., Алиев Е.Т., Мансуров З.А. Получение гидрофобного песка на основе сажи // VII Международный симпозиум «Физика и химия углеродных материалов / Наноинженерия». – Алматы, 2012. – С. 98-10.

20. М. Нәжіпқызы, Б.Т. Лесбаев, З.А. Мансуров, Г.О. Төрешева, Д.А. Әлімбаев. Гидрофобты күйенің түзілу шарттары. *Изв. НАН РК, серия химии и технологии*, №2, 2015, С. 86-94.

21. Nazhipkyzy M., Mansurov Z.A., Amirfazli A., Esbosin A., Temirgaliyeva T.S., Lesbayev B.T., Aliyev E.T., Prikhodko N.G. The influence of superhydrophobic properties on the de-icing. «*Journal of Engineering physics and thermophysics*» (IF: 0.224). November-December 2016. №6. – V.89. – pp.1498-1503.

OBTAINING HYDROPHOBIC MATERIALS

M. Nazhipkyzy

Institute of combustion problems, Almaty
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty

Abstract

This article presents the results of research the process of obtaining hydrophobic soot in a flame, which has its own specifics and prospects as a continuous technological and manageable. A method of producing a hydrophobic sand on the basis of obtained soot and results of creating anti-icing coatings were studied.

Keywords: hydrophobic soot, flames, hydrophobic sand

ГИДРОФОБТЫ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ

М. Нажипкызы

Жану проблемалары институты, Алматы
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы

Аннотация

Ұсынылып отырған мақалада гидрофобты күйені алу үдерісінің нәтижелері келтірілген. Ол үздіксіз, технологиялық және басқарылатын болғандықтан, өз ерекшелігі мен келешегі зор. Алынған күйе негізінде гидрофобты құмды алу әдістері өңделген және мұздануға қарсы жабындыларды жасау нәтижелері келтірілген.

Түйінді сөздер: гидрофобты техкөміртек, жалын, гидрофобты құм