

устройству для определения скорости подсчета частиц, отраженных от обода колеса. В дальнейшем скорость линейно возрастает с увеличением износа бандажа колеса. Устройство состоит из рельсов специального профиля, снабженных фотоэлектрическими элементами, которые регистрируют вертикальные перемещения гребня колеса. Формируемые этими элементами импульсы поступают на вход измерительной схемы, где они регистрируются и сравниваются [7]. Но этот метод не получил применения на железнодорожном транспорте из-за технически сложного исполнения и обслуживания во время эксплуатации.

В политехническом институте (г. Гливице, Польша) создан опытный образец системы бесконтактного измерения параметров колесных пар. Для замера используют лазерные датчики, установленные на пути под рельсами и направленные к центру колесной пары. В процессе измерений колесная пара должна занимать строго фиксированное поперечное положение, что обеспечивается тщательной рихтовкой основного рельсового пути и применением контрольных рельсов. Для колесных пар подвижного состава проанализированы возможные пределы ошибок и предложен метод прогнозирования износа на базе накопленной информации о предыдущих замерах. При этом ошибка измерений не превышает 0,4 мм.

Получено 10.12.2001

V. A. Demchenko. Measuring peculiarities of rolling stock wheels parameters used for increasing of trains motion safety.

In this article the grounds are given for the necessity of working out and introduction of automatized system of non-contact measuring of railway rolling.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2003. № 1(6)

УДК 541.64:539.23

В. П. КАЗАЧЕНКО, кандидат физико-математических наук; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ В ВАКУУМЕ

Проведен анализ основных методов формирования тонких органических покрытий в вакууме: плазмохимической полимеризации, полимеризации мономера на поверхности твердого тела под действием концентрированного потока энергии (КПЭ), нанесение покрытий из активной газовой фазы, формируемой диспергированием исходного материала КПЭ, а также комбинированных способов, активно развивающихся в последние годы. Особое внимание уделено двум последним направлениям, которые позволяют формировать многослойные и наноконпозиционные покрытия.

В связи с интенсивным развитием нанотехнологий и наноструктурированных материалов разработка способов получения тонких органических покрытий в вакууме получила новый импульс. Методы вакуумного осаждения органических слоев легко ин-

Анализируя приведенные выше данные, можно сделать вывод о том, что бесконтактные методы измерения геометрических параметров деталей применительно к железнодорожному транспорту практически не используются. Существующие методы неразрушающего контроля такие, как лазерные контурные измерительные системы, фотоэлектрические приборы могут быть применены при измерении параметров колесных пар. Это даст возможность получить экономию средств, значительно увеличив срок службы колесных пар при эксплуатации подвижного состава, при этом повысить безопасность движения.

Список литературы

- 1 *Медведев Н. Ф., Буйнов А. П.* Автоматизация измерения проката колесных пар электровозов // Железнодорожный транспорт. Сер. «Локомотивы и локомотивное хозяйство. Ремонт локомотивов». – 1991. – Вып.5. – С.9.
- 2 Автоматизированная система измерения профиля бандажа. // Железнодорожный транспорт. Сер. «Локомотивы и локомотивное хозяйство. Ремонт локомотивов». – 1991. – Вып.5. – С.10–14.
- 3 *Вагнер Е. Т.* Лазерные и оптические методы контроля. – М.: Машиностроение, 1977. – 176 с.
- 4 Неразрушающий контроль и техническая диагностика: Материалы конференции. – Днепропетровск, 1997. – 286 с.
- 5 *Билокур И.П.* Акустический контроль. – Киев, 1997. – 224 с.
- 6 *Клюев В. В.* Технические средства диагностирования: Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
- 7 Техническая эксплуатация подвижного состава и тяга поездов // Железные дороги мира. – 1996. – № 27. – С. 15–22).

Основными методами формирования тонких покрытий в вакууме являются плазмохимическая полимеризация, полимеризация мономера на поверхности твердого тела под действием КПЭ, нанесение покрытий из активной газовой фазы, формируемой диспергированием исходного материала КПЭ, а также комбинированные способы, активно развивающиеся в последние годы. Последние два направления позволяют формировать многослойные и нанокпозиционные покрытия на основе нерастворимых и термостойких полимеров, низкомолекулярных органических веществ, красителей, неорганических материалов, наночастиц.

Плазмохимическая полимеризация. Метод получения покрытий плазмохимической полимеризацией или полимеризацией в плазме известен с конца XIX века, когда при исследовании электрических разрядов в парах углеводородов наблюдали появление покрытий на внутренних поверхностях электроразрядных приборов. Метод заключается в том, что в плазмохимическом реакторе создается давление реакционноспособного газа порядка 10–1500 Па, иногда с добавлением различных неполимеризующихся газов, и зажигается разряд. Реакторы могут быть различной конструкции, применяться разряды постоянного и переменного тока, высокочастотные и СВЧ-разряды, электродные или безэлектродные. Формируемые плазмохимические покрытия, как правило, являются поперечно сшитыми, нерастворимыми, обладают значительной термостойкостью, высокой температурой плавления, аморфны, бездефектны. Первые целенаправленные попытки практического использования покрытий, полученных в плазме, появились в середине 50-х годов прошлого столетия.

В настоящее время проведен значительный объем исследований, накоплен огромный экспериментальный материал по плазменной полимеризации десятков мономеров, кинетике и механизму образования покрытий, их свойствам, областям практического применения [1]. Что касается механизма получения покрытий, то предполагается, что пленкообразование происходит в результате плазмоиницированной цепной полимеризации или ступенчатых процессов с участием химически активных частиц. Однако физико-химический механизм осаждения пленок в плазме весьма сложен и в настоящее время продолжается его интенсивное изучение [1, 2].

Полимеризация мономера. Вторым направлением является образование полимерных покрытий при воздействии на адсорбированные на подложке органические соединения электронов, ионов, УФ-излучения [3, 4]. В результате воздействия происходит возбуждение электронных уровней молекул, возникновение активных центров, с последующим протеканием реакций, приводящих к образованию

покрытий. Активными центрами могут быть, в частности, и свободные радикалы, инициирующие радикальную полимеризацию мономеров на поверхности. Следует отметить, что для данного метода при давлении паров в вакуумной камере 10^{-2} Па и ниже скорость роста покрытия мала и составляет величину порядка 1–10 нм/мин. В том случае, когда удастся увеличить скорость конденсации мономера, например, подняв давление мономера [5] или организовав его конденсацию на подложке в жидком виде [6], мощность энергетического воздействия на подложку, на которой происходит образование покрытия, скорость роста существенно возрастает.

Методы нанесения органических покрытий путем диспергирования исходного материала. Третье направление – нанесение покрытий из активной газовой фазы, формируемой диспергированием исходного материала в вакууме при воздействии на него КПЭ. Диспергирование может проводиться при термическом нагреве, при воздействии заряженных частиц, лазерного излучения.

Нанесение полимерных покрытий термическим диспергированием предполагает нагрев исходного полимера в вакууме за счет теплопроводности в испарителе. Вероятно, впервые опубликовали результаты по нанесению покрытия этим методом из полиэтилена A.G. Cooper и A.Keller в 1953 году, а из политетрафторэтилена J. H. Correll в 1964 г.

Комплексные исследования закономерностей получения покрытий при пиролизе полимеров в вакууме обобщены в монографии [7]. В них изучалась возможность получения покрытий из ПЭ, ПТФЭ, ПКА, ПА и других полимеров.

Процессы термической деструкции полимеров исследованы достаточно хорошо и могут быть описаны методами кинетики химических реакций. При высокоинтенсивном нагреве начинают играть роль релаксационные явления в полимерах. Это определяет зависимость интенсивности деструкции от скорости нагрева, приводит к возрастанию температуры начала термодеструкции и увеличению энергии активации процесса. Термическая деструкция полимеров в данном случае рассматривается как процесс физико-химической релаксации, обусловленной подвижностью структурных элементов молекулярной и надмолекулярной подсистем.

Отметим, что в отличие от процесса пиролиза, используемого при анализе полимеров методами пиролитической газовой хроматографии и термической деструкции, основное внимание при нанесении покрытий уделяется продуктам, конденсирующимся на подложке, имеющей температуру в интервале от температуры окружающей среды до температуры срыва конденсации, и, как правило, осуществляется режим высокоскоростного нагрева

полимера до температур, существенно превышающих температуру начала процесса термической деструкции для данного полимера. Это связано с тем, что повышение температуры испарителя ведет к увеличению молекулярной массы в газообразных продуктах деструкции полимеров. Так, увеличение температуры испарителя от 300 до 450°C ведет к возрастанию скорости роста пленки из ФТ-3 с 0,4 до 2,2 мкм/мин. При этом, в интервале температур подложки от 20 до 200°C скорость роста покрытия уменьшается по линейному закону, что объясняется тем, что с увеличением температуры подложки часть низкомолекулярных фрагментов не конденсируется на ней, а реиспаряется. Увеличение температуры подложки приводит также и к снижению молекулярного веса пленки, так как при этом уменьшается время жизни активных фрагментов [8].

Однако, как отмечается в [7], способ термического диспергирования полимеров при нанесении вакуумных покрытий имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, при контактном нагреве полимерного образца максимальная температура развивается на поверхности, граничащей с нагревателем. Поэтому поток паров попадает на покрываемую поверхность лишь после многократных отражений, при которых происходит дальнейшее диспергирование фрагментов и потеря их химической активности, что в итоге снижает пленкообразующую способность паров и не позволяет получать достаточно высокую молекулярную массу материала покрытия. Во-вторых, разогрев всей массы полимера приводит к интенсивным термодеструкционным процессам во всем объеме, в результате чего внутренние области образца к моменту выхода на поверхность нагрева оказываются в значительной мере подвергнутыми деструкции. В-третьих, следствием такого подвода энергии является относительно большая инерционность процесса. Некоторые из отмеченных недостатков могут быть убраны при использовании импульсного (взрывного) термонагрева полимера, который может быть осуществлен, например, при подаче с помощью дозатора небольшого количества материала на нагретый до высокой температуры испаритель. Однако и в этом случае трудно получить качественные покрытия, они, как правило, содержат капельную фазу, низкомолекулярны, имеют низкую адгезионную прочность.

Перспективными способами формирования вакуумных покрытий являются методы диспергирования полимеров концентрированным потоком энергии в виде лазерного излучения, ионного или электронного луча. В работах [7–10] довольно подробно рассмотрены и обобщены особенности взаимодействия лазерного излучения длиной волны 1,06 и 10,6 мкм с полимерами, структура и

свойства формируемых покрытий. В последнее время стали применять эксимерные лазеры с длиной волны 248 нм и импульсные твердотельные с длиной волны 532 нм [11–13].

Разновидностью лазерного импульсного метода нанесения органических и полимерных покрытий является метод MAPLE (The matrix assisted pulsed laser evaporation) импульсного лазерного испарения при помощи матрицы, появившийся в 1996 году [14, 15].

Сущность метода заключается в том, что импульсное лазерное излучение длиной волны 193 или 248 нм, плотностью потока 0,01...0,5 Дж/см² направляют на мишень из раствора полимера или органического материала, находящуюся при температуре 100...200 К. Лазерное излучение испаряет поверхностный слой мишени, летучий растворитель откачивается вакуумным насосом, а из органических молекул образуется покрытие.

Получение полимерных покрытий возможно и при ионном диспергировании органической мишени, которое предполагает воздействие потока ионов, как правило, инертного газа на полимерную мишень, при этом происходит образование летучих продуктов. Ионный поток формируется либо в специальном источнике, либо в ВЧ плазме или магнетроне. При ионно-плазменном, ионно-лучевом диспергировании полимеров в большинстве случаев получают покрытия из фторсодержащих полимеров [16, 17].

При электронно-лучевом воздействии на полимер в качестве исходного материала, как и при лазерном воздействии, может быть использован широкий круг полимеров, олигомеров, красителей, композиционных материалов, в том числе и наполненных наночастицами [18–23].

Воздействие электронов с энергией 500–2000 эВ на полимеры при получении покрытий методом электронно-лучевого диспергирования (ЭЛД) приводит к появлению процессов общих для всех материалов. Имеет место начальный индукционный период, в течение которого не наблюдается выделение летучих продуктов, происходит нагрев материала, в ряде случаев плавление, радиационно-термическое модифицирование поверхностного слоя. По истечению индукционного периода начинается интенсивное выделение летучих продуктов, плотность потока которых и скорость нанесения покрытия со временем стабилизируются и уменьшаются, а для ряда полимеров, вследствие формирования на поверхности карбонизированного слоя, могут снизиться до очень малых значений. При интенсивном выделении летучих продуктов происходит экранировка мишени от электронного потока, релаксационные процессы в газовом факеле, рассеяние энергии в органическом материале, что приводит к появлению пульсаций

физических параметров и возникновению автоколебательного режима диспергирования. При этом происходит периодическое изменение плотности потока энергии на мишень, скорости диспергирования. В случае значительного повышения давления в вакуумной камере возможно зажигание разряда в объеме луча, инициируемого первичными электронами и/или вблизи поверхности мишени, где давление летучих продуктов максимально. Для каждого конкретного полимера, параметров электронного потока и вакуумной системы кинетика диспергирования и нанесения покрытия, колебательные процессы в системе электронного луча – летучие продукты имеют свои особенности. Продукты, выделяющиеся в газовую фазу, дополнительно активируются первичными и вторичными электронами. Образующиеся заряженные частицы с помощью электрических и магнитных полей могут быть направлены на подложку, что дополнительно позволяет воздействовать на процессы образования покрытия.

Основные особенности метода ЭЛД можно сформулировать следующим образом: поверхностное воздействие КПЭ; совместное радиационное и термическое действие КПЭ на исходный материал; активация продуктов диспергирования в процессе их генерации и адсорбции на поверхности; возможность использования широкого спектра материалов для нанесения покрытий; формирование композиционных и многослойных систем; легкость регулирования параметров КПЭ в широком диапазоне значений и, следовательно, возможность автоматизации технологического процесса; простота, надежность, большой ресурс работы, низкая стоимость оборудования для диспергирования. Как правило, источник КПЭ располагается непосредственно в рабочей камере, вследствие этого имеются ограничения на верхний предел рабочих давлений, а также необходимо учитывать зарядку поверхности диэлектрических мишеней.

Комплексное исследование процессов ЭЛД полимеров, органических красителей, особенностей нанесения покрытий из активной газовой фазы, разработка конструкции электронно-лучевых испарителей и серии пилотных вакуумных установок позволило спроектировать и изготовить опытную установку для аппретирования и окрашивания рулонных волокнисто-тканевых материалов, схема вакуумной камеры которой приведена на рисунке 1.

В вакуумной камере установки, где создается минимальное остаточное давление $5 \cdot 10^{-3}$ Па, возможна обработки пленки, ткани шириной до 1800 мм, длиной до 300 м, со скоростью 5–50 м/мин. В ней предусмотрена система для создания газового разряда и радиационного нагрева обрабатываемого материала. Десять электронно-лучевых испарителей, установленные в два ряда, позволяют форми-

ровать покрытия из полимеров, органических красителей.

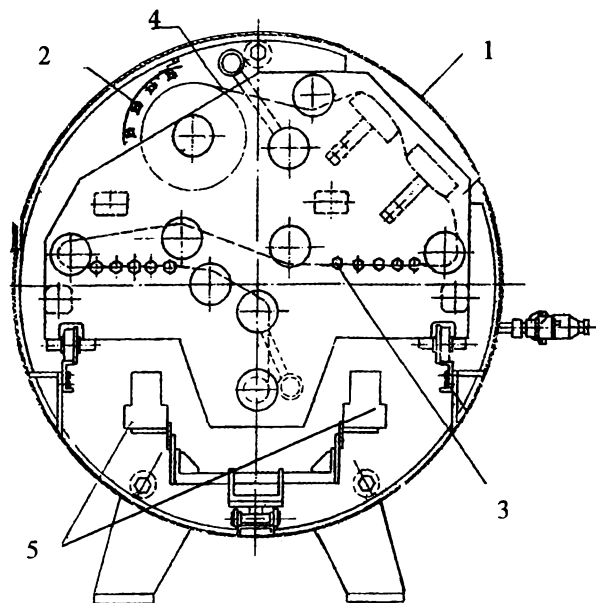


Рисунок 1 – Схема вакуумной камеры установки ВУ-ТК: 1–цилиндрическая вакуумная камера; 2–радиационный нагреватель; 3–электродная система для создания газового разряда; 4–система перемотки; 5–десять электронно-лучевых испарителей.

Комбинированные методы. В последнее время активно развиваются комбинированные методы, сочетающие в себе элементы трех основных направлений. При этом, как правило, имеет место совместное использование методов третьего и первого, а также третьего и второго направлений. Так, диспергирование органических материалов и получение летучих продуктов производится термическим, лазерным или электронно-лучевым методом, а для их дополнительной активации применяется газовый разряд. Растущее на подложке покрытие или летучие продукты диспергирования могут обрабатываться потоком электронов, осуществляться термический нагрев подложки.

Сочетание метода термического диспергирования исходного органического вещества из открытого источника или ячейки Кнудсена с ионизацией летучих продуктов и ионной обработкой растущего покрытия имеет место в методе IAD (The ionization– assisted deposition) [24, 25]. Ионизация производится электронами эмитированными, с нагретого катода и ускоренными до энергии 50–100 эВ. Концентрация ионов в летучих продуктах составляет величину 1–0,1 % от наносимого материала, их энергия определяется ускоряющим напряжением и имеет величину несколько сот электронвольт. Покрытия могут наноситься из одного или нескольких источников. В вакуумной камере поддерживается высокий вакуум и поэтому газовый разряд при нанесении не зажигается.

Еще одна модификация метода термического диспергирования с активации электронным ударом

летучих продуктов, в частности, продуктов термического диспергирования политетрафторэтилена, приведена в [26]. На основании изучения зависимости скорости роста пленок от давления на разном расстоянии от подложки и масс-спектров летучих продуктов при термическом разложении и при различных токах активации предполагается, что рост покрытий определяется поступлением на подложку свободных радикалов CF_3 и C_3F_3 .

Модификация метода термического нанесения полимерных покрытий развивается в работах [27,28]. Схема установки, в которой реализуется метод нанесения на твердую подложку тонких полимерных пленок толщиной 0,015... 0,5 мкм с использованием плазмы газового разряда низкого давления, где в качестве газопаровой смеси использовались продукты термодеструкции полимеров, приведена на рисунке 2.

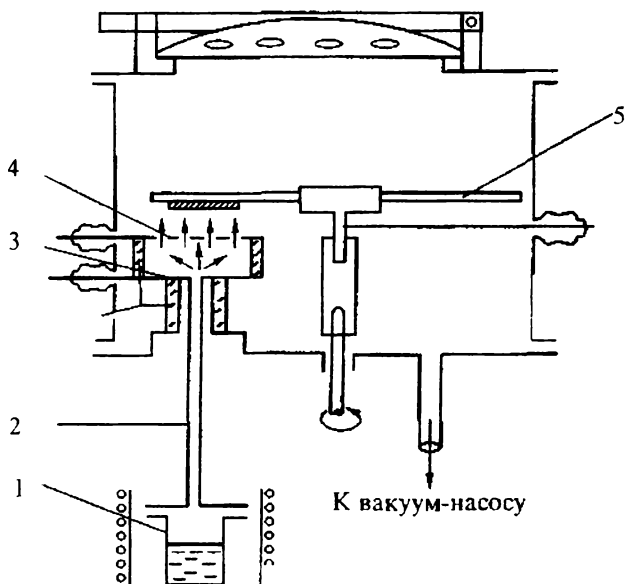


Рисунок 2 – Схема плазмохимической установки для получения полимерных покрытий

Величина потока парогазовой смеси, наличие в ней микрокапель (фрагментов макромолекул), их концентрация и распределение по размерам определяются температурой реактора 1 и нагреваемого капилляра 2. Пары и фрагменты макромолекул в парогазовой смеси, попадая в зону разряда между плоским анодом 3 и сетчатым катодом 4, частично ионизируются и в постоянном электрическом поле приобретают дополнительное направленное движение к подложке, расположенной на держателе образцов 5, где формируется полимерная пленка. Давление в камере 66–133 Па, а без потока – 7 Па. В качестве исходного деструктирующего полимера используется полипропилен. Отмечается [28], что имеется зависимость начальной скорости пленкообразования от потенциала подложки относительно катода. Создание на подложке заметного положительного (относительно катода) потенциала

(более 50 В) вызывает снижение скорости пленкообразования, что, по мнению авторов, свидетельствует об определенной роли потока положительно заряженных частиц в процессе роста пленки.

Рост пленки с постоянной скоростью при неизменных условиях разряда происходит до толщины 0,3 – 0,4 мкм. После этого скорость пленкообразования значительно снижается. Авторами обнаружено, что даже кратковременное включение разряда ведет к изменению морфологии покрытия. Структурные образования размером порядка одного микрометра при этом не обнаруживаются.

Пленки, получаемые при конденсации активированной плазмой микрокапельных потоков продуктов термической деструкции ПП, являются аморфными, обладают хорошей адгезионной прочностью к подложке (не хуже 0,15 МПа), высокой однородностью, не имеют сквозных пор, размер которых превышал бы 1,5 нм, обладают высокой термической стабильностью в вакууме (более 850°C), модулем Юнга, достигающим значения 20 ГПа. Такие покрытия представляют собой композицию из полимерной матрицы с включениями более плотной, возможно, алмазоподобной углеродной фазы [28].

Метод вакуумного формирования полимерных покрытий, сочетающий в себе элементы всех трех направлений и названный авторами полимерным многослойным процессом (The polymer multilayer (PML) process), развивается с конца 70-х годов прошлого века. Однако первые публикации, в которых приводятся данные по этому методу, появились в середине 90-х годов [6, 29, 30]. Он реализован в опытно-промышленной установке, в которой возможно осуществление двух способов формирования полимерного слоя. Первый способ – это PML процесс, когда происходит мгновенное испарение мономера в испарителе путем впрыскивания его после дегазации в нагреваемый до температуры 100...500°C объем и направление образующихся летучих продуктов на подложку через расширяющееся сопло, конденсация их в виде жидкой пленки с последующим сшиванием под действие электронного пучка или УФ излучения. Технологическое оборудование в этой установке перемещается в любое положение вокруг центрального охлаждаемого барабана. Он имеет диаметр 1,22 м и ширину 17,75 см. Общий диаметр камеры 3,2 м, глубина 76 см.

Второй процесс (The liquid multilayer (LML) process) предполагает вакуумное нанесение жидких мономеров, растворов, смесей традиционными методами экструзии, распыления, печати с последующим отверждением слоя электронным пучком, плазмой, УФ излучением. В этом случае формируются пленки толщиной не менее 10 мкм.

В многофункциональной установке реализованы несколько технологических процессов, позволяю-

щих формировать многослойные системы, состоящие из полимерных, металлических, оксидных слоев, в частности, технологии изготовления: конденсаторов, состоящих из несколько тысяч полимерных слоев и слоев алюминия; оптических интерференционных и отражающих покрытий; слоев, поглощающих радиоизлучение; барьерных слоев для упаковки; обработки бумаги, нанесения полимерных электролитов и для ряда других применений.

Наиболее перспективными методами формирования тонких органических покрытий в вакууме являются методы, в которых используются способы осаждения из газовой фазы, генерируемой воздействием концентрированного потока энергии на исходный материал. Такие методы позволяют формировать композиционные и многослойные покрытия из полимеров, органических материалов, наночастиц, т.е. материалов с существенно различными физико-химическими характеристиками, получать тонкие слои из органических материалов, из которых нанести покрытия другими методами затруднительно или невозможно, особенно на подложки, чувствительные к действию температуры, растворителей, агрессивных сред.

Список литературы

- 1 Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Вводный том. – М.: Наука/Интерпериодика, 2000. – Т. 4. – с.505.
- 2 Biederman H, Slavinska D. Plasma polymer films and their future prospects// Surface and Coatings Technology, 2000.– N125.– P. 371–376.
- 3 Ткачук Б. В., Колотыркин В. М. Получение тонких полимерных пленок из газовой фазы. – М.: Химия, 1977. – 216 с.
- 4 Брук М. А., Павлов С. А. Полимеризация на поверхности твердых тел. – М.: Химия, 1990. – 130 с.
- 5 Осаждение тонких полимерных пленок путем полимеризации мономеров из газовой фазы под действием электронного луча // М. А. Брук, Е. Н. Жихарев, А. В. Спириин, В. А. Кальнов, И. А. Волегова, А. И. Бузин / Сборник докладов Международного научно-практического симпозиума «Функциональные покрытия на стеклах». – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2003. – С.25–28.
- 6 Affinito J.D., Gross M.E., Coconado C.A. Graff G.L. Greenwell E.N. Martin P.M. A new method for fabricating transparent barrier layers// Thin Solid Films 1996.– N291.– P. 63–67.
- 7 Красовский А. М., Толстомятов Е. М. Получение тонких пленок распылением полимеров в вакууме / Под ред. В. А. Белого. – Мн: Наука и техника, 1989. – 181с.
- 8 Задорожный В. Г. Получение тонких пленок и покрытий из фторполимеров в вакууме и исследование их свойств: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.02.01. – Л., 1978. – 24 с.
- 9 Толстомятов Е. М. Формирование тонких пленок лазерным распылением полимеров в вакууме: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук; 01.04.19/НИФХИ им. Карпова.– М., 1985.–22 с.
- 10 Иванов Л. Ф. Физика и технология лазерной переработки политетрафторэтилена в волокнисто-пористых материалах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук; 01.04.19: 05.17.06/ИММС НАНБ.– Гомель, 1998. –24 с.
- 11 Jiang W., Norton M. Pulsed- laser deposition of polytetrafluoroethylene// J.Mater.Res.– 1995.– V.10, No 4.– P.1038–1042.
- 12 Das A., Bera S., Joseph M., Sivakumar N., Patnaik A. Deposition of laser ablated poly(p- phenylenesulfide) thin films//Appl.Surf.Sci.– 1998.– N.135.– P. 37–45.
- 13 Deposition of fluoropolymer thin films by vacuum-ultraviolet laser ablation. / Shingo I., Takeo F., Yoshiaki U., Fumihiko K. // J. Photopolym. Sci. Technol. – 1994. – Vol. 7, № 2. – P. 373 – 380.
- 14 Growth of organic thin films by the matrix assisted pulsed laser evaporation (MAPLE) technique /A. Pique, R.A. McGill, D.B. Chrisey, D. Leonhardt, T.E. Mslna, B.J. Spargo, J.H. Callahan, R.W. Vachet, R. Chung, M.A. Bucaro // Thin Solid Films.– 1999.– V.355–356.– P.536–541
- 15 Piqué A., McGill R. A., Chrisey D. B. A New Way to Deposit Organic Thin Films //The Industrial Physicist – 2000. – No.10. – P. 20 – 23.
- 16 Deposition of PTFE thin films by ion beam sputtering and a study of the ion bombardment effect/ J.L. He, W.Z. Li, L.D. Wang, J. Wang, H.D. Li// Nuclear Instruments and Methods in Physics Research.– 1998.– B 135.– P.512–516.
- 17 Plasma polymers prepared by RF sputtering of polyethylene / I. Kholodkov, H. Biederman, D. Slavnska, e.a. // Vacuum. – 2003. – Vol. 70, № 4. – P. 505–509.
- 18 De Wilde W. Evaporation of polytetrafluoroethylene by electron bombardment of the bulk material //Thin Solid Films. – 1974. – Vol.24, № 1. – P.101 – 111.
- 19 Казаченко В. П. Кинетика электронно-лучевого диспергирования полимеров в вакууме, структура, свойства покрытий, полученных осаждением летучих продуктов. Дис... канд. физ.-мат. наук: 02.00.04. – М.: НИФХИ, 1992 – 162 с.
- 20 Егоров А. И. Физико-химические закономерности процессов массопереноса при плазмохимическом окрашивании и аппретировании полиэтилентерефталата: Автореф. дис. ... канд. техн. наук; 01.04.19/ ИММС НАНБ.– Гомель, 1999. – 24 с.
- 21 Казаченко В. П., Рогачев А. В. Закономерности диспергирования политетрафторэтилена потоком электронов средних энергий // ХВЭ.– 1999.– Т. 34, № 4.– С. 270–273 .
- 22 Рогачев А. В., Егоров А. И., Казаченко В. П., Сидорский С. С. Влияние технологических режимов электронно-лучевого диспергирования политетрафторэтилена на скорость роста покрытий из газовой фазы // Материал, технология, индустриал. – 2000.– Т. 5, № 2.– С. 77–80.
- 23 Патент РБ 1569, МКИ С1, D 06P 5/20, D 06M 10/08 D 06M 10/10 Способ обработки волокнисто- тканевого материала/ А.В. Рогачев, В.П. Казаченко, О.И. Палий – № 1934 ; Заявл. 23.05.1994 г. Опубл. 30.09.1994 г.// Афиційны бюлетэнь. Вынаходніцтвы, карысныя мадэлі, прамысловыя узоры.– 1994, № 2. – С.17.
- 24 Usui H. Polymeric film deposition by ionization- assisted method for optical and optoelectronic applications// Thin Solid Films.– 2000.– No.365.– P. 22– 29.
- 25 Usui H, Kameda H., Tanaka K. Ionization- assisted deposition of Alq3 films // Thin Solid Films.– 1996.– No.288.– P. 229–234.
- 26 Гриценко К. П. Механизм роста пленок политетрафторэтилена в вакууме // Укр. хим. журн. – 1991. – Т. 57, № 7. – С. 782 – 784.
- 27 Савенков Г. Н., Байдаровцев Ю. П., Янчивенко К. Н., Пономарев А. Н. Плазмохимическое формирование полимерных пленок на твердых поверхностях с использованием продуктов термической деструкции // Химия высоких энергий.– 1996.– Т. 30, № 1.– С. 65–67
- 28 Байдаровцев Ю. П., Савенков Г. Н., Образцова Е. Д., Шевченко В. В., Шульга Ю. М. Термоструктурирование пленок, полученных методом плазменной активации микрокапельных потоков полипропилена // ВМС. Серия А. –2000. – Т.42, № 9. – С. 1524–1530.

29 High rate vacuum deposition of polymer electrolytes Affinito J. D., Gross M. E., Coronado C. A., Dunham G. C., and Martin P. M. J. Vac. Sci. Technol. A, 1996.– Vol. 14, No. 3. – P.733– 738
30 Affinito J. D., Gross M. E., Mounier P. A., Shi M.– K.,

and Graff G. L. Ultrahigh rate, wide area, plasma polymerized films from high molecular weight/low vapor pressure liquid or solid monomer precursors// J. Vac. Sci. Technol. A, 1999.– Vol. 17, No. 4.– P.1974– 1981.

Получено 10.12.2002

V.P. Kazachenko. Deposition methods of polymer coatings in vacuum.

In the review basic methods of the thin polymer coatings deposition in vacuum are analyzed: plasma polymerization, polymerization of the monomer on the surface of solid substance by concentrated flow of energy (CFE), coatings deposition from active gas phase forming by disintegration of initial material by CFE, combined methods developed last years. We concentrated attention on last two methods, it's used for deposition of nanocomposite and multilayer coatings.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2003. № 1(6)

УДК 677.027

В. Т. ГАВРИЛЬЧИК, соискатель; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО АППРЕТИРОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Приведены данные о влиянии режимов и условий аппретирования бумаги на ее устойчивость к истиранию, адсорбционные свойства. Показано, что наиболее значительное улучшение служебных свойств достигается при проведении комплексной обработки, включающей предварительную активацию бумаги в плазме барьерного разряда и последующее нанесение тонкого полимерного покрытия.

Нанесение тонких полимерных покрытий на поверхность различных материалов является эффективным приемом придания им специфических поверхностных свойств [1–3]. Это обусловлено благоприятным, подчас уникальным сочетанием физико-механических свойств аппретированных материалов: высокой химической стойкости; хороших диэлектрических характеристик; гидрофобности (или гидрофильности); низкого коэффициента трения; эластичности и ряда других показателей.

Одним из перспективных, принципиально новых направлений совершенствования технологии аппретирования полимерных волокнисто-пленочных материалов является замена жидкой технологической среды на активную газовую [1]. Однако при обработке в газовой фазе создаются специфические условия, существенно изменяющие протекание химико-физических, в том числе и адсорбционных процессов [4]. Так, например, при реализации данной технологии осуществляется непосредственное взаимодействие молекул красящего или аппретирующего вещества с поверхностью обрабатываемого материала, свободной от адсорбированных веществ жидких технологических сред. При этом молекулы аппрета находятся, как правило, в возбужденном состоянии, что определяет их высокую химическую активность и сказывается на природе, структуре поверхностных слоев и, в конечном счете, на свойствах обработанных материалов.

Основной целью данной работы является исследование влияния условий и режимов плазмохимической обработки бумаги в активной газовой фазе на ее гидрофобные свойства, устойчивость к истиранию.

Методика исследования. Плазмохимическая обработка бумаги проводилась путем осаждения тонких покрытий политетрафторэтилена (ПТФЭ) и полиимида (ПИ) из активной газовой фазы, генерируемой методом электронно-лучевого диспергирования исходных полимеров по методике, приведенной в [3]. Контроль толщины наносимого покрытия осуществлялся при помощи кварцевого резонатора. Схема устройства, с помощью которого проводилось аппретирование материалов, представлена на рисунке 1.

При проведении экспериментов использовалась бумага офсетная книжная плотностью 0,6 г/дм². Методика исследования устойчивости модифицированной бумаги к истиранию включала следующие этапы: предварительная обработка бумаги в плазме барьерного разряда (при необходимости); печатание текста; нанесение покрытия в активной газовой фазе; истирание; сканирование текста; автоматическое распознавание текста; подсчет ошибок при распознавании текста. Текст размером 80x25 мм, состоящий из 361 символа, наносился на лист писчей бумаги с помощью лазерного принтера.