

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 678.7:09.17

С. С. СИДОРСКИЙ, кандидат технических наук; г. Минск

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены основные тенденции развития вакуумных и плазменных процессов, использующихся при поверхностной обработке полимерных материалов. Приведена классификация вакуумно-плазменных методов обработки и дан технико-экономический анализ наиболее эффективных их применений.

В числе приоритетных направлений развития промышленного комплекса особое внимание уделяется проведению исследований и внедрению прогрессивных энерго- и ресурсосберегающих технологий обработки материалов, в том числе и полимерных, с целью придания им высоких служебных свойств. Применение современных методов обработки материалов позволяет, во-первых, на высоком технологическом уровне, со значительным экономическим эффектом проводить работы по повышению износостойкости и долговечности ответственных и, как правило, наиболее сложных узлов изделий машиностроения и, во-вторых, обеспечить необходимый уровень безопасности и надежности эксплуатации этих изделий [1 – 6].

Анализ основных тенденций развития машиностроительных технологий свидетельствует о перспективности и высокой эффективности плазменных, плазмохимических и ионно-лучевых методов обработки материалов [5,6]. Такие технологии заключаются в структурной и химической модификации поверхностных слоев, нанесении на рабочую поверхность тонких функциональных покрытий, что позволяет экономить материальные и трудовые ресурсы и, что особенно важно, получать изделия со значительно более высокими служебными свойствами.

Основной целью данной работы является анализ технико-экономических, экологических показателей вакуумно-плазменных технологий поверхностной обработки полимерных материалов, нанесения функциональных покрытий, выбор и обоснование наиболее перспективных методов модифицирования.

Использование современных электронно- и ионно-плазменных технологий при модификации материалов позволяет, как уже отмечалось, значительно изменить их химический состав, структуру поверхностных слоев и в ряде случаев придать им комплекс специфических, реализуемых только при такой обработке физико-химических свойств [5]. Обработка полимерных материалов потоками ионов и атомов используется для их травления [6], ионной очистки подложек, легирования путем имплантации [5], активации поверхностных слоев перед нанесением, например, вакуумных покрытий [7]. Классификация основных методов обработки полимеров представлена на рисунке 1.

При реализации практически всех методов важным является выбор оптимальных режимов и условий обработки, т. к. из-за сложности и многофакторности физико-химических процессов, протекающих в поверхностных слоях, влияние параметров ионного воздействия, его отдельных факторов на структуру и свойства поверхностных слоев не является однозначным. При этом эмпирический прием является основным при оптимизации режимов обработки. Это объясняется тем, что отсутствуют четкие представления о природе и механизмах физико-химических процессов, протекающих в поверхностных слоях полимерных материалов при одновременном воздействии основных факторов электрических разрядов (коронного, тлеющего при пониженном давлении, искрового) на макромолекулы полимера. В числе таких факторов отмечают воздействие на поверхность заряженных частиц, ультрафиолетового излучения, зарядку поверхностных слоев [6].



Рисунок 1 – Основные методы поверхностной обработки полимерных материалов

Если учесть, что условия и режимы воздействия этих факторов могут быть весьма различны, а результат воздействия при этом очень сильно зависит от природы материала, температуры, химического состава среды, то становится ясно, что эмпирический подход является неэффективным и актуальным является получение информации о механизме и природе протекающих относительно элементарных актов, среди которых важное место занимают ионно-стимулированные химические реакции. Вопросы ионной модификации поверхностных слоев материалов, в том числе и полимерных, достаточно активно занимают в НИЦ «Научно-исследовательский физико-химический институт им Карпова», Институте химической физики РАН, Ивановской государственной химико-технологической академии, Институте материалов (Кембридж, Англия) и других научных центрах. В настоящее время сформулированы основные представления о механизмах действия отдельных факторов, проявляющихся при обработке материалов в электрических разрядах, установлены закономерности протекания, например, процессов ионного травления, радикальных реакций в ряде полимерных систем. Вместе с тем отсутствуют единые

представления о природе активационного эффекта, проявляющегося в усилении межфазного взаимодействия при формировании адгезионного соединения полимеров с металлами, и эффективности его управления методами химической модификации поверхностных слоев в электрических разрядах.

К числу относительно новых и нерешенных проблем следует отнести и разработку основ технологии, оптимизацию режимов поверхностной модификации материалов из активной газовой фазы. Изучение закономерностей процессов воздействия ионов, электромагнитного излучения на адсорбированные молекулы в условиях генерации в слое полимера радикалов и других реакционно-способных фрагментов позволит предложить эффективные технологические приемы химической прививки молекул газовой среды, управления структурой и свойствами модифицированных поверхностных слоев. При воздействии частиц плазмы на поверхность твердых тел, в т. ч. и полимеров, протекают структурные, физико-химические изменения, происходит генерация в поверхностных слоях ионов, радикалов, возбужденных атомов и молекул, в ряде случаев образуются продукты химических реакций, что, в конечном счете, приводит к изменению свойств материалов. Данные процессы широко используются при активационной обработке полимерных материалов, например, перед вакуумной металлизацией, при формировании адгезионных соединений, композиционных материалов. Наибольшее распространение получила плазмохимическая обработка [5]. Это объясняется широкими функциональными возможностями данной обработки, достаточной технологической простотой ее реализации.

Анализ основных физико-химических процессов, протекающих при плазмохимической обработке, дает основание условно разделить все известные методы на две группы (рисунок 2).

К первой группе можно отнести методы, которые реализуются в среде неполимеризующихся газов. В этом случае не происходит формирование слоев, состав которых существенно отличается от состава обрабатываемого полимера. Возможно образование модифицированных структур с участием атомов воздушной среды (кислорода, паров воды, азота), однако химические соединения являются низкомолекулярными и толщина слоев ~ 50 нм [5]. Ко второй группе относятся методы обработки в среде полимеризующихся газов, при их реализации химический состав поверхности значительно отличается от состава материала. Это объясняется тем, что на обрабатываемой поверхности происходит полимеризация паров и, в конечном счете, осаждается покрытие.

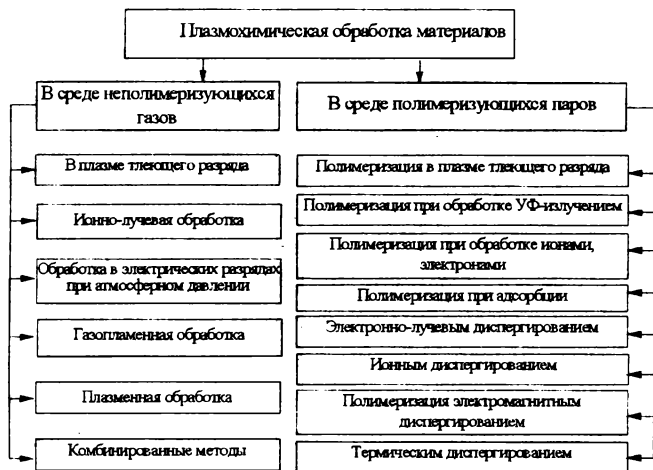


Рисунок 2 – Классификация методов плазмохимической обработки материалов

Данная классификация обоснована еще по одному критерию. Дело в том, что методы первой группы, как правило, используются в качестве промежуточной, подготовительной операции. За их проведением следует, например, вакуумная металлизация, склеивание, нанесение покрытий и т. д. Методы же второй группы можно рассматривать как финишные. В результате их использования возможно решение ряда важнейших проблем, в числе которых создание металлизированных пластиков различного назначения, значительное повышение износостойкости рабочих поверхностей трения путем формирования сверхтвердых поверхностных слоев, разработка экологически чистых процессов поверхностной обработки и ряда других. Основные тенденции развития данных методов характеризуются расширением номенклатуры используемых материалов, оптимизацией условий и режимов их реализации, созданием «адресных» технологических процессов, направленных на решение строго определенных технических проблем. Их дальнейшее развитие, совершенствование требует систематического изучения особенностей протекания основных стадий процесса, исследования влияния условий и режимов их протекания на структуру и свойства осаждаемых слоев.

В числе важных практических задач, решение которых возможно путем применения методов поверхностной модификации, можно отметить повышение адгезионной прочности соединений материалов различной природы, снижение коэффициента трения и износа прецизионных узлов трения, в частности, резинометаллических сопряжений, плунжерных пар и других. Важной проблемой является разработка новых, экологически безопасных технологий аппретирования волокнисто-тканевых материалов с целью придания им специальных служебных свойств: гидрофобности (или гидрофильности), несминаемости, электропроводности и других.

В результате анализа патентной и научно-технической информации, относящейся к обработке материалов методами плазмохимической и вакуумной технологии, можно сделать следующие выводы:

1 Основные тенденции развития в данной области – разработка новых методов осаждения слоев сложного состава с градиентом концентрации по толщине слоя, повышение поверхностной однородности покрытия, производительности и надежности оборудования, уменьшение производственных потерь напыляемого материала.

2 В последние годы получают существенное развитие методы высокоскоростного напыления, используя которые возможно создание покрытий большой площади и осаждение устойчивых к истиранию твердых пленок.

3 Уникальные по своим свойствам покрытия могут быть достигнуты при использовании плазменных и плазменно-химических процессов, реализующих возможность осуществления в процессе осаждения химических реакций с участием соединений активной газовой фазы и поверхностных слоев подложки.

4 В технологическом плане актуальным является разработка высокопроизводительных и экологически безопасных установок, позволяющих получать покрытия с воспроизводимыми свойствами

Анализ основных технико-экономических, экологических показателей технологии поверхностной обработки машиностроительных материалов, нанесения функциональных покрытий показывает, что применение современных (плазменных, электронно-лучевых, лазерных и др.) методов модификации поверхностных слоев, нанесения функциональных покрытий, замена ими традиционных технологий (гальванического осаждения, химических методов обработки) позволяет получить значительную экономию электроэнергии, цветных металлов и, что особенно актуально, практически исключить вредное воздействие на окружающую среду, снизить затраты на очистные и регенерационные сооружения, улучшить условия работы персонала. Так, при нанесении защитно-декоративных вакуумных покрытий на различные изделия при годовом объеме 15000 м^2 достигается экономия электроэнергии 236000 кВт. ч , цветных металлов $1,3\text{--}1,5 \text{ т}$, экономический эффект составляет более 200000 дол. США [5].

Нанесение тонких органических покрытий на поверхность волокнисто-тканевых материалов (втом), плазмохимическая обработка, позволяющая производить их аппретирование, окраску [8,9], в сравнении с известными, широко используемыми методами характеризуется рядом преимуществ.

Прежде всего она позволяет исключить из техпроцесса жидкие, химически активные среды, т.к. процесс проводится в газовой фазе. При этом достигается значительная экономия материальных и энергетических ресурсов (при осуществлении крашения растворной технологией потребляется воды – 140–200 л на 1 кг полотна, пара – 2,8–41 кг/кг, в стоки на стадии промывки сбрасывается до 40 % красителя). Плазмохимическая технология обработки ВТМ не требует применения дорогостоящих очистных и регенерационных систем. Кроме этого, при обработке в газовой фазе предоставляется возможность значительно улучшить специальные свойства ВТМ, например, гидрофобные, при сохранении высокой проницаемости воздуха. Вместе

с тем, отсутствие полной информации о кинетике, особенностях протекания основных процессов, имеющих место при обработке ВТМ в активной газовой фазе, не позволяет предложить и обосновать оптимальные технологические режимы процесса, разработать научно обоснованные рекомендации по его совершенствованию.

Отметим, что дальнейшее изучение особенностей реализации вакуумно-плазменных технологий должно носить комплексный характер, включать исследования природы и механизма элементарных процессов, протекающих на всех стадиях обработки, их влияния на эксплуатационные свойства тонкопленочных систем.

Список литературы

1 Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник/ Н. Н. Рыкалин, А. А. Узлов, И. В. Зуев, А. Н. Кокора. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

2 Абельсон Г. Н., Голубов В. С. Основные проблемы лазерной технологии и технологических лазеров. – Троицк: НИЦТЛ АН СССР, 1981. – 40 с.

3 Научно-технический прогресс в машиностроении. Вып.9. Современные методы упрочнения поверхностей деталей машин/Под редакцией К. В. Фролова. – М.: Институт машиноведения АН СССР, 1989. – 286 с.

4 Ивановский Г. Ф., Петров В. И. Ионно-плазменная обработка материалов. – М.: Радио и связь, 1986. – 562 с.

5 Бердичевский М. Г., Марусин В. В. Нанесение покрытий. Травление и модифицирование полимеров с использова-

нием низкоэнтальпийной неравновесной плазмы: Обзор/РАН Сиб. отд-ние. Ин-т теплофизики. – Новосибирск, 1993. – 107 с.

6 Липин Ю. В., Рогачев А. В., Сидорский С. С., Харитонов В. В. Технология вакуумной металлизации полимерных материалов. – Гомель: БИТА, 1994. – 206 с.

7 Рогачев А. В., Сидорский С. С. Физико-химические особенности вакуумной металлизации полимерных материалов// Вакуумная металлизация. – Харьков, ННЦ ХФТИ, 1996. – С.42.

8 Мельников Б. Н., Блиничева И. Б. Применение низкотемпературной плазмы при обработке текстильных материалов //Хим. волокна. – 1996. – № 4. – С.48 – 51.

9 Сидорский С. С., Рогачев А. В. Ресурсосберегающие технологии поверхностной обработки полимерных материалов// Современные проблемы машиноведения. – Гомель: ГГТУ, 2000. – С. 28 – 32.

Получено 29.04.2002

S. S. Sidorsky. Condition and prospect of vacuum – plasma methods of polymer materials processing.

There were considered main trends of vacuum and plasma processes used for polymer materials surface processing. It was made classification of vacuum plasma methods of processing and technical-economical analysis of the most efficient applications is given.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2002. № 1(4)

УДК 502:625.1(476)

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, кандидат технических наук; Ю. Г. САМОДУМ, научный сотрудник; Б. С. ФРЕНКЕЛЬ, аспирант; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ

Приведены сведения о результатах работы, выполняемой на кафедре «Тепловозы и тепловые двигатели» и в Научно-исследовательском центре экологической безопасности и энергосбережения на транспорте Белорусского государственного университета транспорта, направленной на снижение расхода дизельного топлива при эксплуатации железнодорожного подвижного состава.

В условиях перехода к рыночным отношениям актуальность и важность работ, направленных на топливо- и энергосбережение, многократно возрастает. Поскольку железнодорожный

транспорт и, в частности, локомотивное хозяйство является одним из крупнейших потребителей топлива, работы, обеспечивающие топливосбережение, чрезвычайно важны.