

Вохидов А.С., к.э.н.;
Добровольский Л.О.
ООО «АВТОСТАНКОПРОМ»
Г. Санкт-Петербург

ОТ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ – К КАЧЕСТВУ ПОКРЫТИЯ

Разворачивание государственной технической политики в направлении поддержки инновационных проектов, связанных с нанотехнологиями и наноматериалами, обретает характер технической революции. Преодоление отставания в ряде отраслей промышленности предполагается осуществить на основе всестороннего, всепроникающего возрастания не столько уровня и масштабов новых научных исследований, сколько темпов сокращения ставшего традиционным отставания практики от науки. Выдвижение на передний план наукоёмких проектов уже сегодня сталкивается с серьёзными проблемами в части терминологического, метрологического, правового, организационного и т.д. обеспечения их реализации. Особую актуальность приобретают, в частности, вопросы физики и химии поверхностей, химии твёрдого тела, вопросы физико-химического взаимодействия тел (веществ) на грани раздела фаз, когда на первый план выступают такие характеристики, как адсорбция, адгезия и др., оказывающие существенное влияние на образование материалов с новыми свойствами.

Показательным в связи с этим может быть состояние науки и практики в изучении и получении сверхтонких плёнок (покрытий) фторПАВ – наноразмерных многофункциональных плёнок Ленгмюра-Блоджетт, находящих в последнее время всё более широкое применение в ряде отраслей промышленности, техники и науки. Технология эпиламирования относится к группе апробированных и широко применяемых техпроцессов в различных отраслях промышленности. Сущность технологии заключается в следующем: после попадания эпиламирующего состава на поверхность тела происходит испарение растворителя, а само фторПАВ вступает в реакцию с поверхностью, при этом молекулы фторсодержащего поверхностно-активного вещества (фторПАВ) создают структуры Ленгмюра (частокол Ленгмюра) в виде спиралей с нормально направленными к поверхностям осями, позволяющими не только надёжно удерживать смазочные среды, но служить своеобразным буфером между контактирующими поверхностями.

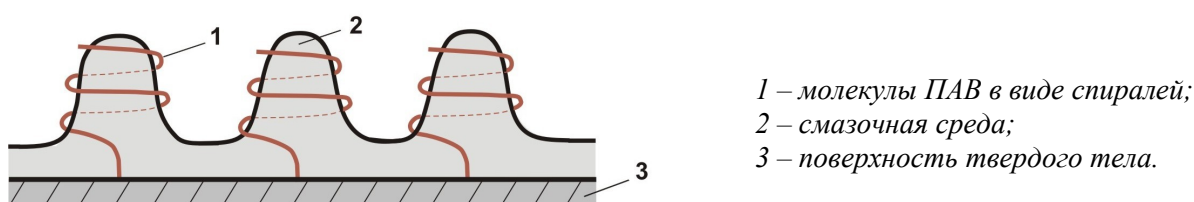


Рис.1. Фрагмент частокола Ленгмюра на эпиламированной поверхности твердого тела.

Здесь выдвигаются как проблема подготовки поверхности подложки, на которую планируется нанести плёнку (покрытие), так и проблема состояния поверхности самой плёнки, полученной на подложке. Решение задачи получения качественного покрытия зависит от многих факторов, в частности – от параметров, характеризующих состояние **поверхности подложки** (основания): химический состав материала подложки (основания), микроструктура (наношероховатость), микротвердость, трещиностойкость и др. и от характеристик **самого покрытия** (плёнки): прочность сцепления с подложкой, пористость покрытия, микроструктура (морфология, топология и пр.) покрытия, его микротвердость, трещиностойкость и т.д. Функциональность покрытий оценивается степенью соответствия полученных и ожидаемых эксплуатационных характеристик

(износостойкость, электропроводность, электрическая прочность, влагостойкость и гидрофобность, контактная усталость, оптические характеристики, цвет, наличие блеска, прозрачность и др.).

Адгезионные свойства поверхностей в настоящее время рассматриваются с позиций ряда теорий (адсорбционная, диффузионная, микрореологическая), что позволяет с разных сторон объяснить то или иное явление в процессе закрепления покрытия на подложке, при этом главенствующая роль в этих теориях отводится качеству подготовки поверхности.

Применительно к созданию наноразмерных плёнок на базе фторПАВ (эпиламов) технология подготовки поверхностей под эпиламирование включает этапы: механической подготовки (очистки от механических частиц и примесей на поверхности), физико-механической очистки ультразвуком, химико-механической очистки – обезжиривание, просушка поверхностей при соблюдении условий, предотвращающих появление окисных плёнок. Качество подготовки поверхностей прямо влияет на адсорбционную способность фторПАВ на границах раздела фаз (жидкость – твёрдое тело); одной из основных характеристик адсорбентов и адсорбционных взаимодействий является изотерма адсорбции. Скорость адсорбции описывается уравнением

$$\alpha = 0,856 \cdot 10^{-11} + 8,900 \cdot 10^{-7} C,$$

что соответствует прямолинейной зависимости в области изотермы Генри, т.е. начальной стадии, в которой формируется первый адсорбционный слой. Простейшее уравнение изотермы адсорбции, называемое изотермой Генри, применимо при минимальных степенях заполнения поверхности адсорбатом при малых давлениях и имеет вид $a = Kp$. Величина адсорбции a отнесена к единице поверхности. Коэффициент пропорциональности K – константа Генри – можно рассматривать как константу термодинамического равновесия. Представленное уравнение – предельная форма всех теоретических изотерм адсорбции и основа стандартизации термодинамических функций, характеризующих адсорбцию. Поверхностная энергия твердого тела с нанесенным на него мономолекулярным слоем фторПАВ понижается до 2-6 мН/м, независимо от первоначального значения.

Понижение поверхностной энергии твердых тел, например, в узлах трения, позволяет:

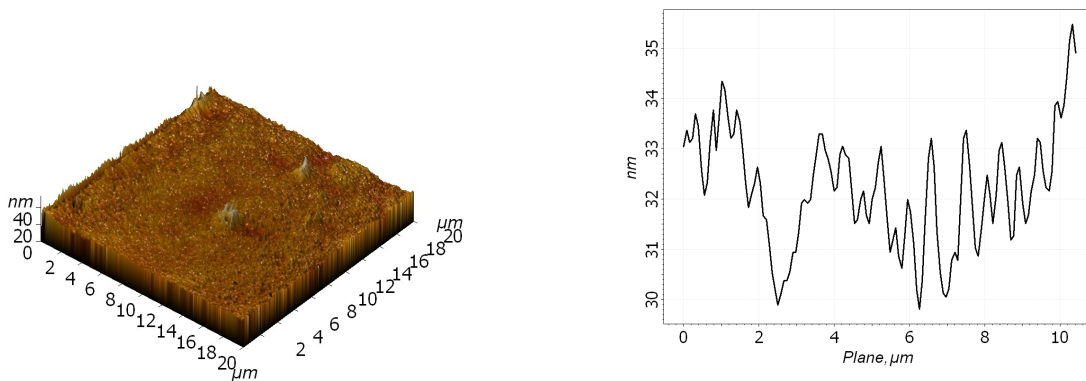
- подавить адгезионное взаимодействие твердых тел;
- снизить их износ и момент трения покоя;
- снизить коэффициент трения;
- снизить адсорбционную способность агрессивных жидкостей и газов, и, т.о. защитить изделия от окислительно – коррозионного воздействия газов;
- подавить газовыделение и газосорбцию любых твердых тел, в т.ч. полимерных материалов.

Технология эпиламирования – нанесения мономолекулярных пленок фторПАВ – проста и доступна в реализации любым предприятием без крупных вложений.

Нанесение пленки фторПАВ из раствора в органическом растворителе осуществляется методами: погружения в раствор, кипячением в растворе при атмосферном давлении и при избыточном давлении, под воздействием ультразвука, тампонированием, аэрозольным напылением, кистью и т.п. Сами пленки не изменяют своих эксплуатационных характеристик в интервале температур от -200°C до $+400^{\circ}\text{C}$, поэтому они могут быть использованы в изделиях различных отраслей, включая космическую тематику.

В ряде исследований, а также в технологических процессах многих производств собственно подготовка поверхностей (в общем контексте техдокументации) занимает существенную долю трудозатрат и финансовых средств, учитывая сложность и высокую стоимость специального оборудования. В связи с этим широкое распространение

приобретает практика сотрудничества предприятий и организаций на принципах внешней кооперации. Сеть центров коллективного пользования сегодня даёт возможность любому предприятию, в том числе любому малому предприятию, без особых затрат осуществить проведение целого комплекса исследований. Так, методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) проведена проверка качества нанесения эпилама на поверхность кварцевого стекла КУ-1, получено подтверждение соответствия теоретических представлений о структуре и морфологии покрытия и, учитывая наноразмерность плёнки, подтвердилось также и высокое качество подготовки подложки.



а б
Рис.2 Изображение поверхности плёнки «эпилам»: а–3D–формат, б–профилограмма

При формировании слоя плёнки происходит упорядочение определённым образом пространственной ориентации молекул фторПАВ, радикально меняются физико-химические свойства поверхности. Высокое качество подготовки поверхности подложки на участке нанесения покрытия размером 20x20 мкм дало возможность получить покрытие с высотой «ворса» (частотол Ленгмюра) 1...3 нм, покрытие на участке равномерное, без видимых всплесков. Шероховатость поверхности плёночного покрытия: среднеквадратичная – 2 нм, среднеарифметическая – 1,6 нм.

Прогресс в установлении новых взаимоотношений учреждений науки, образования, исследовательских центров и промышленных предприятий вселяет уверенность в возможность реализации смелых проектов, в том числе в решении фундаментальных вопросов физики и химии поверхностей в широком спектре проблем.

Санкт-Петербург