

А.В. Брагинец (ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)
Науч. рук. **Н.Н. Федосенко**, канд. техн. наук, доцент

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭНЕРГИИ ОПТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ ОКСИДОВ

Введение

Сложностью анализа поверхностной энергии твердых материалов на основе измерения краевого угла смачивания является правильный подбор тестовых жидкостей для получения максимально достоверных результатов. В большинстве случаев для неполярных поверхностей применяют неполярные жидкости и теории, которые не дают особо значения межмолекулярным взаимодействиям, для полярных поверхностей – применяются полярные жидкости и теории, основанные на взаимодействии активных центров поверхности с жидкой или газовой фазой.

На практике используются метод лежащей капли. В основе метода – определение параметров профиля капли, лежащей на плоской поверхности твердого тела. Каплю жидкости проецируют на экран и по фотографии определяют угол между касательной к капле в точке контакта трех фаз и поверхностью образца. Точность такого определения оценивается в 1-5 градусов. Данный метод сочетает в себе простоту процесса и низкую стоимость оборудования и материалов.

Методика определения поверхностной энергии

Исследование поверхностной энергии покрытий производили на основании результатов измерений краевых углов смачивания поверхности образцов различными жидкостями.

В качестве тестовых жидкостей использовали глицерин и воду, поверхностное натяжение и ее компоненты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Поверхностное натяжение тестовых жидкостей и ее компоненты

Жидкость	Дисперсионный компонент, мДж/м ²	Полярный компонент, мДж/м ²	Поверхностное натяжение, мДж/м ²
Вода	21,8	50,8	72,6
Глицерин	37	26,4	63,4

На поверхность покрытий наносится жидкость в виде капли, в процессе исследования используют две жидкости глицерин и воду, после нанесения капли делается снимок образовавшиеся капли, по которому определяется угол смачивания. Захват и распознавание изображения лежащей капли жидкости проводился с помощью специально разработанной программно-аппаратной системы «Капля-2» на базе микроскопа МБС-6 с частотой 1 Гц в течение 1,5 мин. При нанесении капли на поверхность твердого тела можно наблюдать два результата. В первом случае нанесенная жидкость остается на поверхности другой фазы в виде капли, принявшей при установившемся равновесии определенную форму. Во втором случае капля растекается по поверхности.

В результате изучения поверхностной энергии, были проведены исследования влияния термообработки на оптические и гидрофобные свойства многослойных покрытий. Термообработка проводилась на воздухе при температуре 500 °С и 700 °С в течение часа.

Таблица 2 – Краевой угол смачивания и поверхностная энергия многослойных покрытий на основе оксидов металлов

Образец	Угол смачивания глицерина, градусы	Угол смачивания водой, градусы	Поверхностная энергия, мДж/м ²
ZrO ₂ /SiO ₂ /ZrO ₂	84	79	28,521
ZrO ₂ /SiO ₂ /ZrO ₂ 500 °С	41	49	50,478
ZrO ₂ /SiO ₂ /ZrO ₂ 700 °С	31	43	55,77

Из таблицы 2 видно, что после отжига значения краевого угла смачивания снижаются, что вызвано, по всей видимости, структурными превращениями. В случае покрытия на основе ZrO₂ с увеличением температуры отжига наблюдается смещение максимумов поглощения влево, что вызвано, по все видимости, снижением толщины покрытия.

Следующим этапом в исследовании было измерение и анализ значений краевых углов смачивания поверхностей покрытий ZrO₂/SiO₂, ZrO₂/SiO₂/ПММА. Рассчитанные значения поверхностной энергии и ее составляющих представлены в таблице 3.

Для исследуемых покрытий ZrO₂/SiO₂ наибольший вклад в величину поверхностной энергии вносит полярная составляющая. Увеличение дисперсионной составляющей с 3,15 мДж/м² до 9,61 мДж/м² может свидетельствовать о более пористой поверхности покрытия

ZrO₂/SiO₂, осажденного на пластины монокристалла кремния, по сравнению с покрытием ZrO₂/SiO₂, осажденного на оптическое стекло. Также покрытие ZrO₂/SiO₂, осажденное на пластины монокристалла кремния, характеризуется наибольшим смачиванием.

Таблица 3 – Краевой угол смачивания и поверхностная энергия многослойных оптических покрытий ZrO₂/SiO₂ и ZrO₂/SiO₂/ПММА

№ образца	Описание образца	Угол смачивания глицерина, град.	Угол смачивания водой, град.	Работа адгезии глицерина, мДж	Работа адгезии воды, мДж	Дисперсионный компонент п.э. мДж/м ²	Полярный компонент п.э. мДж/м ²	Поверхностная энергия, мДж/м ²
1	Подложка стекло без покрытия	46	39	107,44	129,38	6,92	53,84	60,76
2	ZrO ₂ /SiO ₂ (подл.: стекло)	49	35	104,99	132,43	3,15	65,79	68,94
3	Подложка Si без покр.	42	38	110,52	130,17	9,55	50,29	59,85
4	ZrO ₂ /SiO ₂ (подл.: Si)	28	17	119,38	142,41	9,61	63,12	72,72
5	ZrO ₂ /SiO ₂ / ПММА (подл.: стекло)	66	75	89,19	91,64	18,23	13,13	31,36
6	ZrO ₂ /SiO ₂ / ПММА (подл.: Si)	65	74	90,19	92,86	18,43	13,65	32,08

Видно, что нанесение слоя полиметилметакрилата на оптическое покрытие ZrO₂/SiO₂ приводит к снижению поверхностной энергии с 68,94 мДж/м² до 31,36 мДж/м² (подложка: оптическое стекло) и с 72,72 мДж/м² до 32,08 мДж/м² (подложка: пластины монокристалла кремния).

Нанесение слоя полиметилметакрилата обуславливает снижение полярной составляющей поверхности покрытия, что приводит к меньшему взаимодействию поверхности поляризатора с окружающей средой, препятствует загрязнению покрытия ZrO₂/SiO₂/ПММА.

Таким образом, использование заключительного слоя полиметилметакрилата является достаточно перспективным способом защиты оптического поляризатора от воздействия окружающей среды без значительного изменения оптических свойств.

Литература

1. Дерягин, Б.В. Поверхностные силы / Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, В.М. Муллер. – М.: Наука, 1985. – 398 с.
2. Ролдунгин, В.И. Физикохимия поверхности: Учебник-монография. – Долгопрудный: Изд. Дом «Интеллект», 2008. – 508 с.

М.М. Войтович, Р.А. Линько, О.К. Ермак
(ГрГУ имени Я. Купалы, Гродно)
Науч. рук. **А.А. Пивоварчик**, канд. техн. наук, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Известно [1-3], что очень большое влияние на износ шин оказывают климатические условия: температура и влажность окружающего воздуха и дороги. Так, износ шин зимой на твердом дорожном покрытии примерно на 25-30 % меньше, чем в летний период эксплуатации транспортных средств. Чем выше температура окружающего воздуха, тем больше теплообразование в шинах, тем быстрее изнашивается протектор и уменьшается срок службы шин. С увеличением температуры окружающего воздуха происходит понижение герметичности шины вследствие увеличения диффузии воздуха через стенки камеры. Низкая температура окружающего воздуха уменьшает температуру в работающих шинах, благодаря чему уменьшается общий их износ. Однако и в условиях низкой температуры возможен преждевременный износ шин вследствие потери резиной эластичности и появления хрупкости.

Целью данной работы является исследование величины износа автомобильных шин различных производителей в зависимости от величины пробега транспортного средства и климатических условий.

Исследования величины износа автомобильных шин проводили на пяти грузовых автомобилях марки Hyundai HD 78. Для качественного измерения высоты протектора шины выполняли следующие действия: на задних правых колёсах транспортных средств было нанесено белым несмываемым маркером 5 равноудаленных отметок. С целью исключения влияния деформации шины на показания измерений, водитель по команде подъезжал вперед, для того, чтобы измерять высоту протектора в одном и том же месте относительно транспортного средства. Таким измерительным местом было выбрано окончание крыла