

УДК 546.28

## **ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ЗАЩИТНЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ**

Д. Л. КОВАЛЕНКО, кандидат физико-математических наук, доцент  
Н. А. АЛЕШКЕВИЧ, кандидат физико-математических наук, доцент  
В. Е. ГАЙШУН, кандидат физико-математических наук, доцент  
В. В. ВАСЬКЕВИЧ, аспирант

*Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины», Республика Беларусь*

Описана методика получения защитных золь-гель покрытий на основе металлоорганических соединений кремния с добавлением неорганических пигментов, посредством нанесения жидкой фракции на поверхность алюминия методом распыления с последующей поэтапной сушкой и отжигом. Показано, что полученные покрытия обладают хорошей адгезией, являются стойкими к механическим воздействиям и могут выполнять как защитные, так и декоративные функции.

**Ключевые слова:** золь-гель метод, адгезия, защитная пленка, ударопрочность, эластичность, механическая прочность.

### **Введение**

В настоящее время все большее внимание уделяется современным многофункциональным покрытиям для конструкционных материалов, используемых в различных отраслях науки и техники. Весьма актуальным здесь является создание защитных покрытий на поверхности металлов и сплавов, сочетающих в себе антикоррозионные свойства, термостойкость и высокую прочность. Достаточно перспективными в этом отношении являются процессы превращения золя в гель, а далее в твердое тело с определенными свойствами, на базе которых и разрабатываются принципиально новые золь-гель технологии [1]. Использование защитных золь-гель покрытий, в отличие от лакокрасочных позволяет объединить лучшие свойства – газонепроницаемость и гибкость с высокой прочностью и электрическим сопротивлением оксидных материалов [2], [3].

### **Основная часть**

Нами были получены защитные золь-гель покрытия на поверхности алюминия. В качестве исходных компонентов для получения золь-гелей были использованы металлоорганические соединения кремния, растворитель, 0,1 нормальный раствор азотной кислоты и неорганические пигменты. Полученные золи выдерживаем в течение 2–4 дней при комнатной температуре, а после их «созревания» в золь вводились неорганические пигменты. Для придания необходимых физико-химических свойств синтезируемым материалам в золи вводились модифицирующие добавки в виде неорганических пигментов.

Нанесение пленок на подложку осуществлялось методом аэрозольного распыления. Сущность пневматического распыления заключается в дроблении

пленкообразующего раствора струей сжатого воздуха до частиц размеров 10–60 мкм. Частицы аэрозоля переносятся струей сжатого воздуха к поверхности детали, прилипают к ней и растекаются. Важную роль при этом играет давление компрессора и расстояние от пистолета до подложки, поскольку при больших расстояниях золь на подложку попадает в виде капель, что вызывает зернистость пленки, а при малых происходит сдувание золя с подложки.

Преимуществом аэрозольного распыления пленкообразующего раствора является возможность нанесения покрытий на поверхности произвольной формы, размера и текстуры, а его основным недостатком – относительно высокая неоднородность пленки по толщине слоя.

После нанесения золя проводили поэтапную сушку: при температуре воздуха 18–23 °С в течение 20 мин; 60 мин при температуре 90–100 °С; отжиг в муфельной печи при температуре 270 °С в течение 30 мин. На рисунке 1 представлены некоторые из полученных защитных покрытий на поверхности алюминия.



Рисунок 1 – Защитные покрытия, нанесенные на поверхность алюминия

В целях определения свойств полученных покрытий и определения возможных областей их дальнейшего использования были проведены испытания их адгезионных и механических свойств.

Исследование адгезии проводили по методу параллельных надрезов. Сущность метода заключается в нанесении на готовое покрытие параллельных надрезов и визуальной оценке состояния покрытия по трехбалльной системе в соответствии с ГОСТ 15140–78.

Единичный размер стороны квадрата определялся в зависимости от толщины покрытия в соответствии с таблицей 1.

**Таблица 1– Зависимость размера стороны нарезаемого квадрата от толщины покрытия**

Размер единичного квадрата	Толщина покрытия
1 × 1 мм	менее 60 мкм
2 × 2 мм	от 60 до 120 мкм
3 × 3 мм	от 120 до 200 мкм

Адгезию с применением липкой ленты определяли на двух параллельных образцах и не менее чем на трех участках каждого образца. На каждом участке поверхности образца, на расстоянии от края пластины не менее 10 мм делали не менее пяти параллельных надрезов длиной не менее 20 мм до металла на расстоянии 1, 2 или 3 мм друг от друга с помощью режущего инструмента. Перпендикулярно надрезам накладывали полоску липкой ленты размером 10 × 100 мм и плотно ее прижимали, оставляя один конец полоски неприклеенным. Быстрым движением отрывали ленту перпендикулярно от покрытия. Адгезию по методу параллельных надрезов оценивали по трехбалльной шкале (таблица 2) [4].

Таблица 2 – Оценка адгезии по методу параллельных надрезов

Балл	Описание поверхности лакокрасочного покрытия после нанесения надрезов и снятия липкой ленты	Внешний вид покрытия
1 <sub>1</sub>	Края надрезов гладкие	
2 <sub>1</sub>	Незначительное отслаивание пленки по ширине полосы вдоль надрезов (не более 0,5 мм)	
3 <sub>1</sub>	Отслаивание покрытия полосами	

Проведенные в ходе испытаний оценки показали, что покрытия, нанесенные на алюминиевые подложки, имеют достаточно высокую степень адгезии, соответствующую одному баллу по приведенной выше методике.

Любое покрытие в процессе эксплуатации изделий подвергается различного рода воздействиям различных климатических условий окружающей среды, испытывает динамические и статические нагрузки, среди которых удар, изгиб, вибрация [5].

При исследовании на ударопрочность на жестко зафиксированный образец падала гиря массой 1 кг и диаметром 50 мм с высоты 1 м, имеющая специальный клиновидный выступ (боек). Визуально определялась степень повреждения покрытия, нанесенного бойком. Как видно из рисунка 3, образовавшийся после удара след имеет гладкие края, отсутствуют признаки отслаивания покрытия, что свидетельствует о его достаточно хороших ударопрочных свойствах.

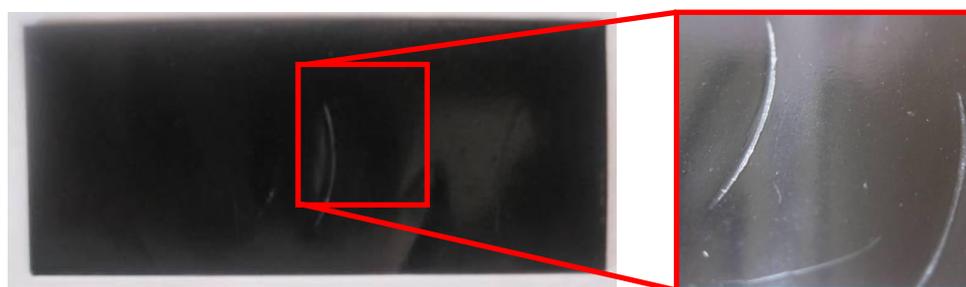


Рисунок 3 – Вид покрытия после проведения испытаний на ударопрочность

Исследование стойкости на изгиб проводилось при  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $(75 \pm 5) \%$  на стандартном устройстве для определения эластичности лакокрасочных покрытий в соответствии с ГОСТ 6806–73, представляющем собой панель, на которой расположены 12 стальных хромированных стержней различного диаметра, 9 из которых закреплены неподвижно.

Образцы для испытания представляли собой алюминиевые пластинки прямоугольной формы длиной 100 мм и шириной 50 мм, толщиной 1–1,1 мм с нанесенной на них однослойной золь-гель пленкой.

Пластинку накладывали на стержень наибольшего диаметра (20 мм) покрытием наружу и плотно прижимали к стержню, плавно изгибая на  $180^\circ$  вокруг стержня. Покрытие в месте изгиба рассматривали в лупу на наличие трещин и отслаивания. Если эти дефекты отсутствовали, то производили изгибание пластинки каждый раз в другом месте, последовательно переходя от стержня большего диаметра к меньшему до появления дефектов.

За результат испытания принимают минимальный диаметр стержня в миллиметрах, при изгибании образца на котором испытываемая пленка осталась неповрежденной.

В ходе испытаний производили изгиб образцов на стержнях диаметром от 20 до 5 мм. На рисунке 4 представлен вид защитного покрытия при максимальном изгибе на стержне 5 мм. Отсутствие дефектов свидетельствует о высокой гибкости полученного покрытия и дает возможность наносить данные покрытия на изделия сложной формы еще в процессе их изготовления.

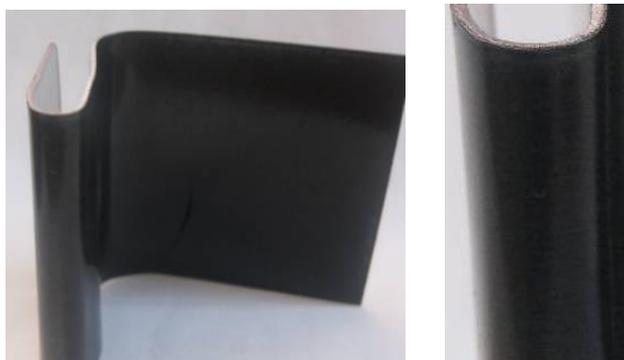


Рисунок 4 – Вид покрытия после исследования стойкости на изгиб

Были проведены испытания механической прочности полученных покрытий к истиранию. Прочность определялась методом истирания резиновым наконечником, изготовленным из пищевой резины плотностью 1 200–1 500 кг/м<sup>3</sup>, через батистовую прокладку при частоте вращения от 30 до 100 мин<sup>-1</sup> и нагрузке на наконечник 100 г. Результаты исследований показали, что исследуемые покрытия выдерживают до 2 000 циклов с нагрузкой 100 г, что свидетельствует о достаточно высокой стойкости к истиранию.

### **Заключение**

Таким образом, синтезированные золь-гель методом защитные покрытия на основе металлоорганических соединений кремния обладают хорошей адгезией к поверхности алюминия, являются ударопрочными и стойкими к механическим воздействиям. Полученные покрытия могут использоваться для защиты рабочих поверхностей от механического воздействия и защиты металлических деталей и инструмента от коррозии, могут наноситься на корпуса бытовой техники, детали электроосветительных и электронных приборов, повышая их износостойкость и сроки эксплуатации, а наличие окраски дает возможность использовать их в качестве декоративных покрытий.

### **Литература**

- 1 Суйковская, Н. В. Химические методы получения тонких прозрачных пленок / Н. В. Суйковская. – Л. : Химия, 1971.
- 2 Calvert, J. M. A new approach to ultralow-k dielectrics / J. M. Calvert, M. K. Gallagher // J. Semiconductor International. – 2003. – Vol. 26, № 12. – P. 56–60.
- 3 Васильев, В. А. Получение, структура и свойства силикатных пленок, модифицированных различными органическими группами / В. А. Васильев, К. А. Воротилов, А. С. Сигов // Межфазная релаксация в поли-материалах : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – М., 2001. – С. 43–49.
- 4 ГОСТ 15140–78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.

5 Карякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. – М. : Химия, 1988. – 272 с.

*Поступила в редакцию 05.10.2012*

**D. L. Kovalenko, N. A. Aleshkevich, V. E. Gaishun, V. V. Vaskevich**  
**SYNTHESIS AND PROPERTIES OF SOL-GEL PROTECTIVE COATINGS**  
**ON THE METAL SURFACE**

A technique for obtaining protective sol-gel coatings based on metal-organic silicon compounds with the addition of inorganic pigments by means of the application of the liquid fraction on the aluminum surface by spraying with subsequent gradual drying and annealing.

It is shown that the obtained coatings possess give good adhesion, are resistant to mechanical stress and can are carried as protective and decorative functions..