

рования порожней пластмассовой потребительской тары (бутылок, банок) и упакованной в нее продукции.

Разработана эффективная технология формирования шестиугольных пакетов с применением технологических кассет и простейшего пакетоформирующего оборудования.

Коэффициент заполнения грузовых площадок транспортных средств такими пакетами на 10-15 % ниже в сравнении со стандартными пакетами прямоугольной формы, но по суммарным затратам на всех этапах процесса пакетирования и товарообращения шестиугольные пакеты являются более эффективными.

#### Литература

1. Шкурин В.А., Пладис Ф.А., Сурмаев Г.Э. Технические средства и оборудование для пакетирования продукции: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 256 с.
2. Шипинский В.Г. Пакетирующие оболочки из термоусадочной пленки // Технологии переработки и упаковки. – Мн. – 2002. – № 4. – С.43-47.
3. Шипинский В.Г. Пакетирование в растягивающуюся пленку // Тара и упаковка. – М. – 2002. – № 5. – С. 34-37.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Н.В. Друзик

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Рыженко М.М.

**Введение.** При анализе процесса формирования покрытия из жидких эпоксидных композиций необходимо учитывать реальную скорость растекания и смачивания металлической поверхности и иметь в виду, что любая реальная поверхность имеет определенный рельеф. А этот фактор, при различной вязкости полимера, также определяет условия формирования адгезионного контакта. Шероховатость любой поверхности оказывает влияние на смачивание. Полному смачиванию отвечает условие, когда угол смачивания равен нулю, а полному несмачиванию, - когда угол равен  $180^\circ$ . Между этими двумя крайними случаями наблюдается неполное смачивание, когда угол смачивания меньше  $180^\circ$ , но больше нуля [2].

Цель данной работы – исследовать и оценить зависимость скорости растекания капли эпоксидной композиции и механических свойств покрытия от шероховатости поверхности.

**Методика эксперимента.** Для приготовления композиций использовали эпоксидную жидкую смолу ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), которую отверждали 10 масс.ч. полиэтиленполиамина, в качестве модификатора применяли каучук СКН 26-1А (ТУ 38-103-16-78), а дисперсных наполнителей – аэросил А-175 (дисперсность 50-100 мкм), графит (дисперсность 50-100 мкм), порошок из оксида титана (дисперсность 50-160 мкм). Проводились исследования формирования защитных покрытий из эпоксидных композиций на металлической подложке (Ст. 3) с различным рельефом поверхности. Рельеф поверхности создавался токарной обработкой (шероховатость  $2,5\sqrt{-1,25\sqrt{-}}$ ), шлифованием (шероховатость  $0,63\sqrt{-0,32\sqrt{-}}$ ), пескоструйной обработкой (шероховатость  $R_z20$ ), полированием (шероховатость  $0,16\sqrt{-0,08\sqrt{-}}$ ). Шероховатость поверхности определялась с помощью профилографа-профилометра типа А1 (ГОСТ1929973 и

ГОСТ19300-73) модели 252. Перед нанесением покрытия обработанные металлические подложки подвергались обезжириванию ацетоном. Покрытия из жидкой эпоксидной композиции на стальные подложки 50x20x1 мм наносили в литевых формах методом литья под давлением в вакууме, который создавался инъекционным способом. Покрытия после отверждения на воздухе перед испытанием выдерживали в эксикаторах при температуре 293 К в течение 336 часов для снятия остаточных напряжений. Изменение остаточных напряжений в покрытии определяли по методике [4]. Прочность адгезионного соединения полимер-подложка определяли на машине ZD-20 при создании нагрузки со скоростью 10 мм/мин методом неравномерного отрыва. Ударную прочность проверяли на приборе У-1 ГОСТ 4765-73, способ основан на деформации покрытия, вызванной падением груза с определенной высоты.

**Результаты эксперимента и обсуждение.** Исследованиями установлено, что растекание капли характеризуется различной скоростью продвижения периметра смачивания и зависит от рельефа поверхности (см. рис. 1).

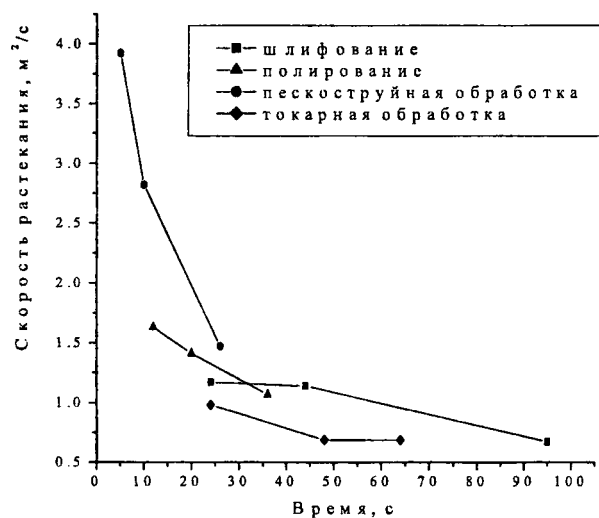


Рис. 1. Зависимость скорости растекания капли от времени

Например, на поверхностях, полученных токарной обработкой и шлифованием (рис. 2 а и б), капля теряет круглую форму и растекается преимущественно вдоль следов резания, преимущественно за счет капиллярного эффекта.

На опескоструенной и полированной поверхностях (рис. 2 в и г) капля имеет круговое растекание, т. к. отсутствуют направленные капиллярные полости. Но на первой, по сравнению со второй, наблюдается большая скорость растекания (при 24 с скорость растекания на опескоструенной поверхности — 1,45 м²/с, на полированной, соответственно, 1,35 м²/с), как следствие наличия большей плотности дислокаций и высокой поверхностной энергии [1].

Следует отметить, что и разрушение адгезионных соединений на этих поверхностях происходит не одинаково. У образцов, обработанных токарным способом, шлифованием, пескоструйной обработкой, наблюдается смешанное (адгезионно-когезионное) разрушение, а при отрыве покрытия от полированной поверхности преобладает адгезионное разрушение. В таблице 1 представлены данные о влиянии обработки поверхности на адгезионную прочность и прочность на сжатие эпоксид-

ной композиции при следующем соотношении компонентов, масс.ч: ЭД-20 – 100, каучук СКН 26 – 20, диоксид кремния – 15, отвердитель – 10.

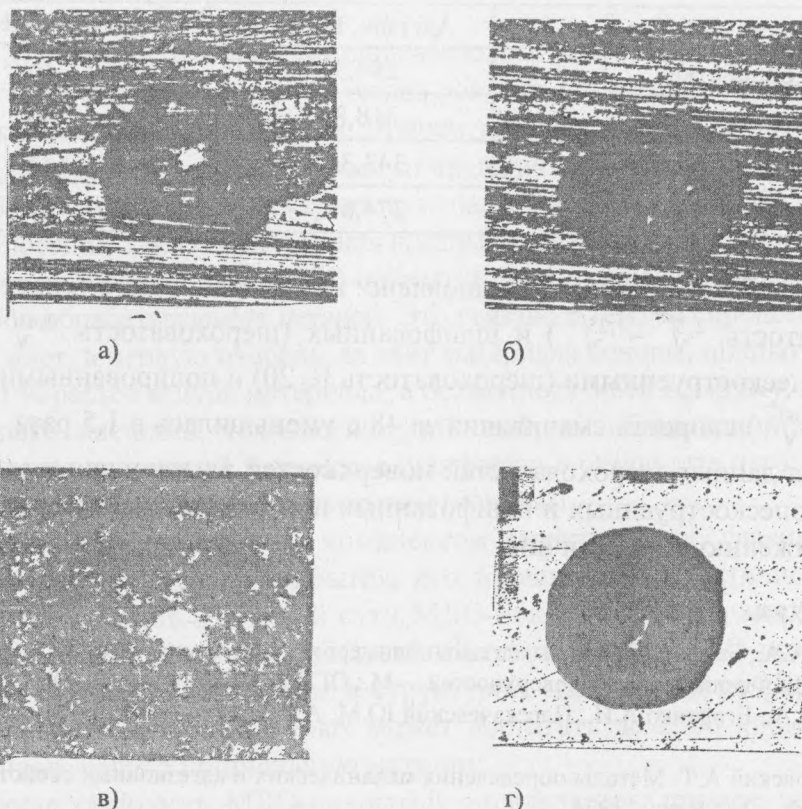


Рис. 2. Форма капли эпоксидной композиции на поверхности Ст3, обработанной: а) токарным способом; б) шлифованием; в) пескоструйным способом; г) полированием

Как видно из таблицы 1, наличие на поверхности канавок при токарной обработке умеренно повышает адгезионную и ударную прочность по отношению к образцам с полированной поверхностью. Это можно объяснить тем, что при растекании вязкой эпоксидной композиции по поверхности, обработанной токарным способом, происходит защемление воздуха в канавках и микродефектах (трещины, газовая пористость и др.), который приводит к пористости и снижению адгезии при затвердевании покрытия. В данном случае также играет роль связь между длиной макромолекулы и расстоянием между вершинами дефектов. Опескоструенная и шлифованная же поверхности образцов существенно повышают адгезионную прочность покрытия (соответственно,  $343,35 \text{ Н/см}^2$  и  $318,8 \text{ Н/см}^2$ ), что можно объяснить повышением удельной поверхностной энергии, увеличением плотности дефектов и развитости площади контакта покрытия из эпоксидной композиции с металлической подложкой [1]. В данном случае решающую роль играет механическая и адсорбционная адгезии. Снижение адгезионной прочности на полированных образцах можно объяснить аномальностью свойств полированных металлов, т. е. беспорядочным атомным строением, что было доказано проведенными электронографическими и рентгеновскими исследованиями. Таким образом, между металлом и покрытием находится переходной слой металла с высокодисперсной кристаллической структурой [3].

Таблица 1

## Влияние на адгезию способа обработки поверхности металла

№	Способ обработки	Адгезия, Н/см <sup>2</sup>	Ударная прочность, кДж/м <sup>2</sup>
1	Токарная обработка	294,3	16
2	Шлифование	318,8	20
3	Пескоструйная обработка	343,35	25
4	Полирование	274,68	14

Заключение. Таким образом, установлено: на поверхностях с токарной обработкой (шероховатость  $2,5\sqrt{\text{мкм}} - 1,25\sqrt{\text{мкм}}$ ) и шлифованных (шероховатость  $0,63\sqrt{\text{мкм}} - 0,32\sqrt{\text{мкм}}$ ) по сравнению с опескоструенными (шероховатость  $R_z 20$ ) и полированными (шероховатость  $0,16\sqrt{\text{мкм}} - 0,08\sqrt{\text{мкм}}$ ) скорость смачивания за 48 с уменьшилась в 1,5 раза, а также выявлено, что для данных шероховатостей поверхностей адгезионная и ударная прочности выше у опескоструенных и шлифованных поверхностей, а токарная обработка приводит к снижению этих величин.

## Литература

1. Берлин А.А., Басин В.Е. Основы адгезии полимеров. – М.: Химия, 1969.
2. Адам Н.К. Физика и химия поверхностей. – М.: ОГИЗ ГОСТЕХИЗДАТ, 1947.
3. Белый В.А., Егоренко А.И., Плескачевский Ю.М. Адгезия полимеров. – Мн.: Наука и техника, 1971.
4. Санжаровский А.Т. Методы определения механических и адгезионных свойств полимерных покрытий. – М.: Наука, 1974.
5. Чернин И.З., Смехов Ю.В., Жердов Ф.М. Эпоксидные полимерные композиции. – М.: Химия, 1983.

## МИКРОДУГОВОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ

И.А. Пецевич, В.Ю. Терех

Учреждение образования «Белорусский национальный  
технический университет», г. Минск

Научный руководитель Станкевич М.В.

В данной работе рассмотрен метод микродугового оксидирования (МДО), позволяющий без какой-либо дополнительной обработки получать на легких сплавах упрочненный поверхностный слой толщиной до 300...400 мкм, используемый в настоящее время для упрочнения практически всех марок алюминиевых сплавов. Микродуговое оксидирование относится к электрическим процессам, но его отличительной особенностью является использование энергии электрических микрозарядов в электролите на поверхности обрабатываемых изделий для получения особых свойств покрытий. Целью исследований является получение керамикоподобных покрытий с регулируемым в широком диапазоне составом, структурой и свойствами и использовать их в качестве износ- и коррозионностойких, электроизоляционных и теплостойких, а также как декоративные покрытия.

Микродуговое оксидирование имеет ряд особенностей, а именно: процесс ведется при напряжениях на порядок выше (до 1000 В); используется в основном не постоянный, а переменный и импульсный ток; применяются в основном не кислотные, а слабощелочные электролиты. Наибольшее распространение МДО-процесс получил