

## АДГЕЗИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК, ОБРАБОТАННЫХ КОРОННЫМ РАЗРЯДОМ

Дилшод РАВШАНОВ<sup>1\*</sup>, Абдулмусаввир КАРИМОВ<sup>1</sup>,  
Евгений БАБЛЮК<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан

<sup>2</sup>Московский политехнический университет, Москва, Россия

\*Автор корреспонденции: Равшанов, Дилшод, [234-56-57@mail.ru](mailto:234-56-57@mail.ru)

**Аннотация.** В отличие от традиционного запечатываемого материала – бумаги, полимерные пленки обладают особенностями физико-механических и поверхностных свойств, которые будут оказывать значительное влияние, как на качество печати, так и на сам процесс, особенно на прохождение пленки по лентопротяжному тракту полиграфического оборудования.

**Ключевые слова:** печать, полимер, качество, адгезия.

Бурное развитие упаковочной индустрии, выдвигает повышенные требования к качеству печати на поверхности полимерных пленок. Кроме того, интерес к печати на полимерных пленках значительно возрастет в связи с внедрением новых технологических процессов изготовления электронных микросхем полиграфическими методами. При разработке новых процессов, связанных с печатью на полимерных пленках их повышенная гидрофобность требует разработку методов повышения гидрофильности поверхности, и как следствие повышения адгезионной прочности на границе полимерная пленка – печатная краска [1].

### Методика эксперимента

Для увеличения поверхностной энергии полимеров, то есть улучшения адгезии, применяется несколько методов дополнительной обработки. Для пленок это, чаще всего, коронный разряд. При обработке коронным разрядом поверхность пленки подвергается воздействию разряда между заземленным электродом и электродом под высоким напряжением [2].

В качестве объектов исследования выбраны полимерные пленки, наиболее часто используемые в качестве упаковочных материалов. При проведении экспериментальных работ использовались промышленные образцы полимерных пленок из полипропилена и полиэтилентерефталата. Пленки из ПЭТФ использовались толщиной 25 мкм, полученные методом экструзии через плоскощелевую головку с последующей ориентацией аморфной заготовки в двух взаимно перпендикулярных направлениях и термофиксации. Коэффициенты вытяжки вдоль и поперек пленочного полотна равнялись 4,2. Степень кристалличности пленки составляла 45,5 %. Пленки из полипропилена были получены методом плоскощелевой экструзии с последующей ориентацией в 2-х взаимно-перпендикулярных направлениях. При этом коэффициенты вытяжки составляли – 8×8 вдоль и поперек. Толщина пленок из ПП составляла 24 мкм.

При оценке гидрофильности поверхности полимерных пленок по величине краевого угла смачивания, в качестве смачивающей жидкости использовалась дистиллированная вода. В качестве модельной композиции для оценки адгезионных свойств на границе пленка – краска использовались печатные краски как на водной основе (латексные), так и на основе органических растворителей (этанол, этилацетат). В частности, были выбраны водно-дисперсионная краска FlintGroup AquaFlex 007, нейтрализованная моноэтаноламином (МЭА) в смеси с пигментной пастой и краска на основе органических

растворителей FlintGroup Flexoplastol APF, основанная на смеси растворителей n-пропанола и этилацетата в смеси с пигментной пастой.

В представленных красках не использовались усиливающие адгезию присадки, такие как ТТА (Titanium Acetyl Acetate – комплексная соль титана с ацетилацетоном) или аналогичные цинковые соединения. Также не добавлялись низкокипящие растворители, такие как этиленгликоль, 1-метокси-2-пропанол, 1-этокси-2-пропанол, т.к. они медленно испаряются и, в конечном счете, мигрируют в поверхностный слой полимерной пленки и ухудшают адгезию.

### Конструктивные особенности установки, следующие

Образцы пленок предварительно активировались высокочастотным коронным разрядом [4]. Моделирование процессов флексографского способа печати осуществляли на специальном пробопечатном устройстве FlexiProof 100. Данное устройство позволяет производить пробную печать всеми видами флексографских красок на любых материалах с изменением большого количества параметров печати [3]. Оценку адгезионных свойств поверхностей полимерных пленок осуществляли путем испытания специально приготовленных адгезионных соединений методом нормального отрыва. При оценке адгезионной прочности в качестве силоизмерительного устройства использовалась разрывная машина РМ-50.

### Экспериментальные результаты

В таблице 1 представлены результаты оценки гидрофильности поверхности полимерных пленок по величине краевого угла смачивания до и после обработки коронным разрядом.

Таблица 1

#### Результаты измерения краевого угла смачивания полимерной пленки (среднее значение)

Наименование пленки	Значение краевого угла смачивания, град.		
	До обработки	Режим обр. -1*	Режим обр.-2**
ПП	86	56	52
ПЭТФ	72	34	30

\* Обработка коронным разрядом силой тока 60 мА

\*\* Обработка коронным разрядом силой тока 85 мА

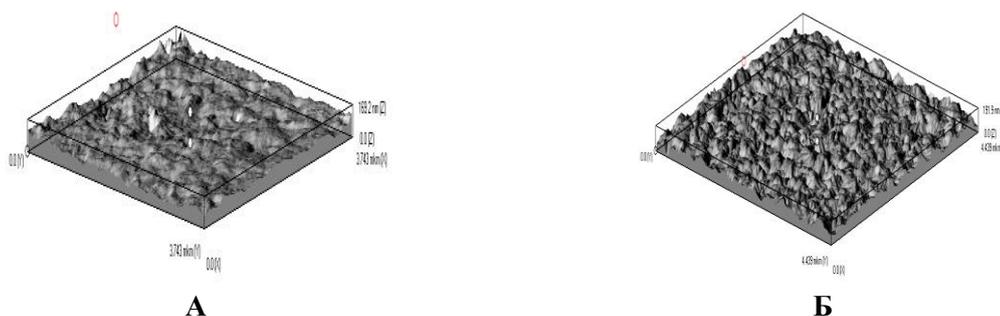
На образцах полимерных пленок, активированных и не активированных коронным разрядом, было произведена оценка адгезионной прочности методом нормального отрыва. Результаты оценки величины адгезионной прочности методом нормального отрыва для различных красок представлены в таблице 2. Адгезионная прочность оценивалась как среднее значение из десяти измерений. Анализ результатов, представленных в таблице 3, позволяет сделать вывод, что во всех случаях после обработки коронным разрядом достигается высокий уровень адгезионной прочности. Вместе с тем, и тип краски и тип полимерной пленки влияют на адгезионную прочность. Так, например, для пленок из ПЭТФ, был обнаружен более высокий уровень адгезионной прочности. Это, по-видимому, связано, во-первых, с начально более высокой поверхностной энергией, чем для ПП, во вторых – обработка коронным разрядом для ПЭТФ более эффективна, чем для ПП.

Для сравнения целесообразно привести данные по оценке адгезионной прочности для необработанных пленок из ПЭТФ и ПП. Эти результаты представлены в 2-х последних строках таблицы 2. С использованием методов атомно-силовой микроскопии была исследована топология поверхности, как исходных полимерных пленок, так и пленок, подвергнутых модификации поверхности.

**Адгезионная прочность на границе полимерная пленка –краска**

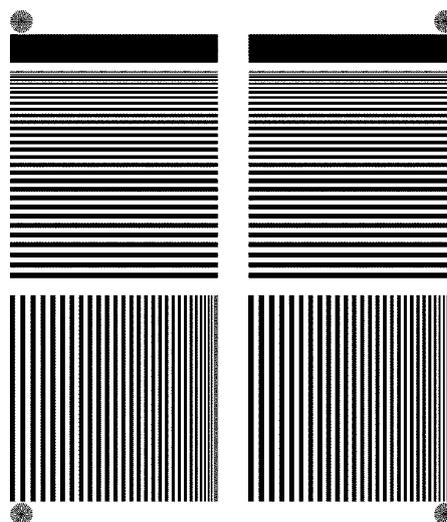
Тип пленки	Тип краски	Тип разрушения	Адгезионная прочность, Н/см <sup>2</sup>
ПЭТФ	спиртовая	Адгезионный на границе краска-полимерная пленка	15,1
ПЭТФ	водно-дисперсионная	Адгезионный на границе краска-полимерная пленка	18,0
ПЭТФ	УФ-отверждения	Адгезионный на границе краска-полимерная пленка	26,0
ПП	спиртовая	Адгезионный на границе краска-полимерная пленка	13,8
ПП	водно-дисперсионная	Адгезионный на границе краска-полимерная пленка	20,3
ПП	УФ-отверждения	Адгезионный на границе краска-полимерная пленка	18,4
ПЭТФ без обр.	УФ-отверждения		2,1
ПП без обр.	УФ-отверждения		1,2

Характерные результаты этих исследований представлены ниже (рисунок 1). Аналогичные исследования были проведены и для пленки из ПЭТФ. Как видно из микрофотографий, представленных на рисунок 1, обработка коронным разрядом способствует появлению более четкого микро рельефа поверхности [5].



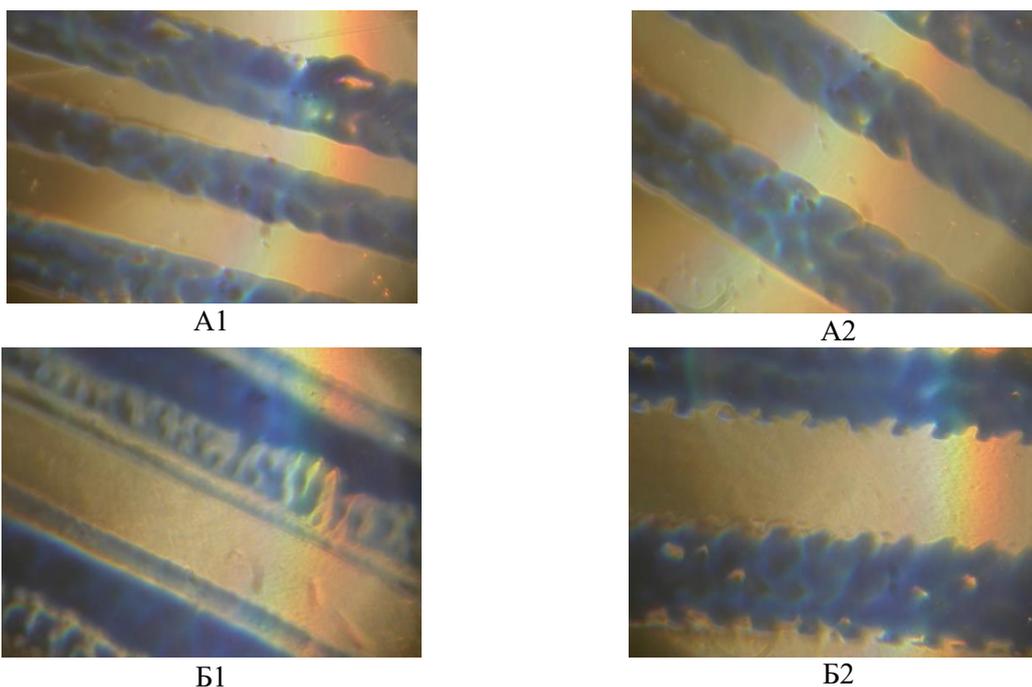
**А** **Б**  
**Рисунок 1. Микроструктура поверхности пленки из ПП до обработки коронным разрядом –А, и после – Б**

Качество печати оценивалось путем исследования микроизображений на запечатанном материале до и после «скотч-теста».



**Рисунок 2. Изображение штрихового теста, нанесенного флексографским способом на поверхность образцов из ПП и ПЭТФ пленок**

На микрофотографии (рис. 3) представлены участки с изображением штрихового теста на обработанной коронным разрядом различной мощности поверхности пленок.



**Рисунок 3. Микрофотографии поверхности ПЭТФ (А1 и А2) и ПП (Б1 и Б2) пленок с отпечатанным участком штрихового теста УФ-отверждаемой краской при различной продолжительности обработки пленок коронным разрядом (А1 и Б1 – 20 с) и (А2 и Б2 – 60 с). Увеличение 150<sup>х</sup>**

Как видно из представленных микрофотографий на ПЭТФ пленке получаются более четкие изображения штрихов. По-видимому, для ПП режим обработки не является оптимальным. Вместе с тем увеличение продолжительности обработки до 60 с. для пленки из ПП значительно улучшает качество изображения штрихов. Для ПЭТФ пленки даже обработка в течение 20 с. является достаточной, для получения качественного изображения.

### Литература

1. РАВШАНОВ, Д.Ч., ХОДЖАНАЗАРОВ, Х.М. Оценка адгезионных свойств полимерных плёнок. Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2017. № 4 (40). С. 31-44.
2. РАВШАНОВ, Д.Ч., БАБЛЮК, Е.Б. Особенности печатания на полимерных пленках. Вестник МГУП имени Ивана Федорова. 2012. № 6. С. 51-56.
3. РАВШАНОВ, Д.Ч. Получение оттисков на пробопечатном устройстве. В сборнике: Информация: передача, обработка, восприятие. Материалы международной научно-практической конференции. Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. 2016. С. 55-61.
4. РАВШАНОВ, Д.Ч. Исследование свойства поверхности полимерных пленок из ПП и ПЭ, активированных коронным разрядом. В сборнике: Передача, обработка, восприятие текстовой и графической информации. Научный редактор: А. Г. Тягунов. 2015. С. 135-142.
5. РАВШАНОВ, Д.Ч. Обоснование параметров оборудования для обработки полимерных запечатываемых материалов коронным разрядом /Д.Ч. Равшанов // диссертация кандидата технических наук. –М.: [Московский государственный университет печати имени Ивана Федорова] - Москва, 2013. - 127 с.