

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОФСЕТНЫХ РЕЗИНОТКАНЕВЫХ ПОЛОТЕН ПО ПАРАМЕТРАМ ОБРАТНОГО УПРУГОГО ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ

Байдаков Д.И.

Московский политехнический университет

Abstract

It is proposed to evaluate the quality of the offset rubber fabric on the residual deformation and the speed of recovery of the size of the web after a complete release of the printing pressure

Key words: *Offset rubber fabric, quality, printing pressure, reverse elastic aftereffect, residual deformation, size recovery rate*

Офсетное резинотканевое полотно (ОРТП) в ротационном аппарате испытывает циклические деформации сжатия в зоне силового контакта (зоне печати). Величина давления, при котором осуществляется стабильный переход краски на запечатываемый материал, составляет 8 кгс/см². После выхода офсетного полотна из зоны печатного контакта происходит восстановление его размеров в результате сброса давления на полотно. Релаксационное восстановление размеров при полном прекращении внешнего воздействия названо обратным упругим последствием [1].

Деформация сжатия $\epsilon_{\text{сум}}$ включает три составляющих различной физической природы: упругой $\epsilon_{\text{упр}}$, высокоэластической $\epsilon_{\text{вэл}}$ и остаточной $\epsilon_{\text{ост}}$. Современные ОРТП имеют следующее соотношение составляющих суммарной деформации сжатия: $\epsilon_{\text{упр}} \approx 75\%$; $\epsilon_{\text{вэл}} \approx 10\%$; $\epsilon_{\text{ост}} \approx 15\%$. Такое соотношение деформаций является свидетельством высокого качества ОРТП [2].

По рекомендациям работы [3] остаточную деформацию ОРТП определяют в статических условиях без полного снятия сжимающего усилия. После выдержки образца под давлением 8 кгс/см² в течение 15 мин давление снижают до 1 кгс/см². Восстановление размеров образца под этим давлением идет в течение 15 мин, по истечении которых замеряют его толщину и рассчитывают так называемую «остаточную деформацию». Необходимо отметить, что под общепринятым понятием «остаточная деформация» понимают деформацию, сохранившуюся при полном снятии внешнего воздействия [4].

Ранее было показано, что определение упругоэластичных свойств и оценка качества ОРТП с применением толщиномеров с нормированным измерительным усилием, а также нахождение остаточных деформаций при сохранении воздействия на образец приводит к ошибочным результатам [5].

В работе [6] был предложен способ изучения упругоэластичных свойств ОРТП, основанный на анализе цифровых микроизображений торцевых срезов образцов, специально названный «оптическим». Микрофотографии получают в ходе различных релаксационных процессов, в том числе прямого и обратного упругого последействия, на установке, включающей толщиномер с измерительным усилием 2 кгс/см², создающий деформацию сжатия, и регистрирующие приборы, в качестве которых применены цифровой USB микроскоп Microsafe ShinyVision MM-2288-5X-S и персональный компьютер. Измерительное усилие толщиномера создавало на квадратный образец площадью 0,25 см² давление 8 кгс/см², соответствующее давлению печати.

Полученные фотоснимки и/или отдельные кадры видеофайлов торцевых срезов образцов дают возможность определять толщину полотна как в свободном состоянии, так и при сжатии (рис. 1).

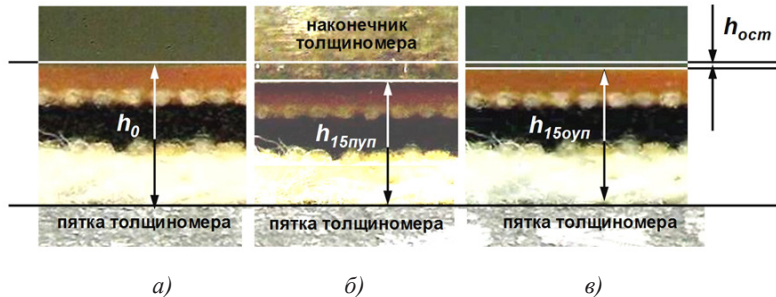


Рис. 1. Изображения торцевого среза образца ОРТП Atlas Web:
 а – в исходном состоянии;
 б – в конце 15-минутного прямого упругого последействия;
 в – в конце 15-минутного обратного упругого последействия

На рис. 1 горизонтальные линии соответствуют нижнему нулевому уровню и верхнему краю образца в различные временные промежутки процесса. Они необходимы для расчета деформаций образца по методике, приведенной в работе в [7]. Расстояния между соседними линиями соответствуют толщине образца h_0 до деформации, $h_{15\text{пуп}}$ и $h_{15\text{оуп}}$ –

соответственно после 15-минутного прямого и обратного упругого последействия.

Результаты оценки качества по доле остаточных деформаций ОРТП в максимальной деформации, возникающей под воздействием давления печати представлены в табл. 1. Оценка качества произведена двумя методами:

– методом, рекомендованным в работе [3], когда начальная толщина и остаточные деформации образца определяют при сохранении на него давления;

– оптическим методом, когда начальная толщина и остаточные деформации образца были определены при полном отсутствии на него давления.

Таблица 1.

Оценка качества ОРТП по отношению остаточной деформации к максимальной деформации сжатия давлением 8 кгс/см², %

Метод оценки качества ОРТП	ОРТП		
	Atlas Web	DotMaster	Jupiter UV
1. Начальная толщина и остаточная деформация определены при давлении 1 кгс/см ² на образец [3]	27	25	24
2. Начальная толщина и остаточная деформация определены при отсутствии давления на образец [6]	16	9	20

Отличия в характеристиках, приведенных в табл. 1, наибольшие для ОРТП DotMaster. Для этого полотна, имеющего наибольший по толщине компрессионный слой, ошибки, вносимые толщиномерами в определение деформационных показателей и в оценку качества полотна по этим показателям, оказываются наибольшими. Более того, образец Jupiter UV, имеющий наилучший показатель качества, определенный по первому методу, оказывается наихудшим в том случае, когда его качество определено при отсутствии внешнего воздействия.

Таким образом, применяя оптический метод определения начальной толщины и остаточной деформации ОРТП при полном отсутствии давления на образец, исследователь получает достоверные результаты,

согласующиеся с теоретическими представлениями о связи упругоэластических свойств материала с его строением, и достоверную оценку его качества.

На рис. 2 на примере ОРТП Atlas Web представлен начальный участок кинетической кривой изменения относительной деформаций полотна после полного сброса давления печати (обратное упругое последствие). Для раскадровки видеофайла, записанного с помощью микроскопа с частотой 30 кадров в секунду, применен видеоредактор VirtualDubMod 1.5.10.2 [8]. Временной интервал между соседними кадрами видеоредактора составлял 0,246 с.

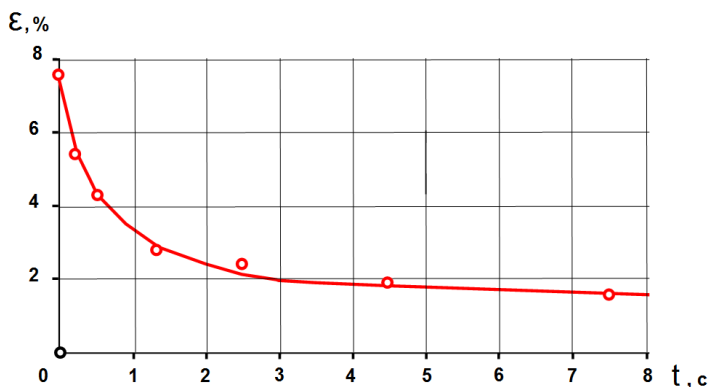


Рис. 2. Кинетика деформации образца ОРТП Atlas Web при обратном упругом последствии

В процессе печати ОРТП испытывает циклические деформации. После выхода полотна из зоны сжатия происходит восстановление его размеров в результате сброса давления на полотно. Очевидно, что практический интерес представляет получение количественных показателей, характеризующих скорость и степень восстановления размеров полотна после его выхода из зоны печатного контакта, по которым можно будет судить о его качестве.

Деформации на рис. 2 состоят из высокоэластической и остаточной деформаций. Упругие деформации исчезают в полотне за время, не превышающее нескольких микросекунд [9]. Высокоэластическую деформацию во время релаксационного процесса, представим как разность между текущей ϵ_t и остаточной деформацией ϵ_∞ и обозначим $\Delta\epsilon_t$:

$$\Delta\varepsilon_t = \varepsilon_t - \varepsilon_\infty, \quad (1)$$

Изменение какого-либо параметра в ходе релаксационного процесса чаще описывают экспоненциальными зависимостями [10]:

$$\Delta\varepsilon_t = \Delta\varepsilon_0 \cdot e^{-t/\tau}, \quad (2)$$

где $\Delta\varepsilon_0$ – это $\Delta\varepsilon_t$ при $t = 0$;
 τ – время релаксации.

Однако в полулוגарифмических координатах зависимость $\Delta\varepsilon_t$ от времени нелинейная (рис. 3, позиция 1), что затрудняет применение экспонент для получения практически значимых результатов, поскольку возникает необходимость трудоемкого нахождения спектра времен релаксации.

Далее все количественные значения показателей принадлежат образцу ОРТП Atlas Web. За равновесную (остаточную) деформацию ε_∞ принята, согласно [3], деформация образца к 15 мин обратного упругого последействия $\varepsilon_\infty = 1,2\%$. Тогда $\Delta\varepsilon_0 = 6,4\%$.

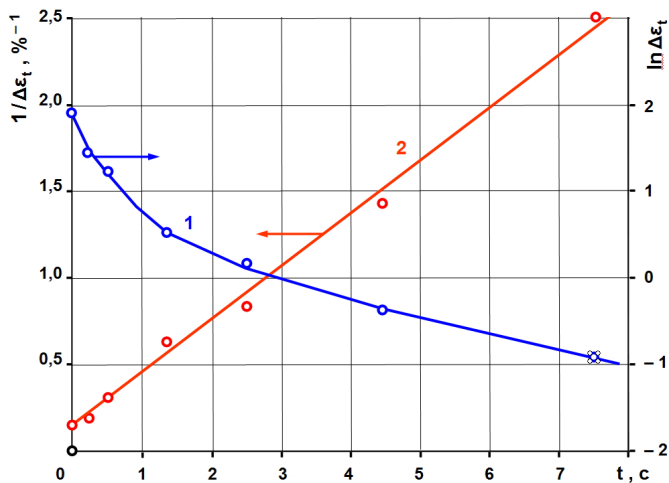


Рис. 3. Обратное упругое последействие ОРТП Atlas Web в различных координатах

В общем случае релаксационные процессы можно описать аналитическими выражениями неэкспоненциального типа [11]. Кинетическая

кривая на рис. 2 аналогична нижней ветви гипербол, изображенных на рис. 4.

Согласно [12] гиперболы на рис. 4 описываются формулой:

$$y = 1/(a + bx), \quad (3)$$

где a и b – эмпирические постоянные.

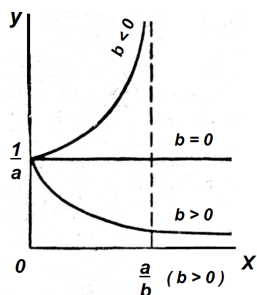


Рис. 4. Гиперболическая зависимость y от x

Одна из асимптот гипербол совпадает с осью Ox , а другая параллельна оси Oy . Положив $Y = 1/y$, получим уравнение прямой:

$$Y = a + bx. \quad (4)$$

В нашем случае $a = 1/\Delta\varepsilon_0$ и кинетика в координатах $\Delta\varepsilon_t$ от t представляет собой прямолинейную регрессионную зависимость с коэффициентом корреляции 0,998 (рис. 2, позиция 2):

$$1/\Delta\varepsilon_t = 0,16 + 0,30 t. \quad (5)$$

Таким образом, релаксационное изменение высокоэластической деформации ОРТП в общем виде можно описать уравнением:

$$\Delta\varepsilon_t = \Delta\varepsilon_0 / (1 + \Delta\varepsilon_0 b t). \quad (6)$$

Первая производная уравнения (6) представляет собой скорость релаксационного процесса V_t :

$$V_t = \frac{d\Delta\varepsilon_t}{dt} = - \frac{\Delta\varepsilon_0^2 \cdot b}{(1 + \Delta\varepsilon_0 \cdot b \cdot t)^2} \quad (7)$$

С помощью уравнения (7) возможна оценка скорости восстановления полотна после его выхода из зоны печатного контакта. В начальный момент времени (при $t = 0$) скорость релаксационного процесса максимальна и равна:

$$V_0 = \Delta\varepsilon_0^2 \cdot b. \quad (8)$$

Постоянная b имеет следующий физический смысл – это начальная скорость релаксационного процесса после воздействия давления, вызывающего единичную высокоэластическую деформацию ($\Delta\varepsilon_0 = 1$):

Для образца ОРТП Atlas Web начальная скорость обратного упругого последействия $V_0 = 12,6 \% \cdot \text{с}^{-1}$. Это значение соответствует начальному восстановлению толщины образца со скоростью 0,25 мм/с. При этом $b = 0,3 \% \cdot \text{с}^{-1}$.

Соотношения (7) и (8) дают возможность прогнозировать поведение ОРТП в динамических условиях эксплуатации полотна. Например, в листовой печатной машине среднего формата частота вращения офсетного цилиндра составляет 18000 об/час и один его оборот длится 0,2 с. К моменту завершения оборота офсетного цилиндра у ОРТП Atlas Web исчезнет не более 2,5 % высокоэластической деформации, составлявшей 6,4 %, а величина восстановления размеров полотна не превысит 0,05 мм.

Метод анализа цифровых микроизображений торцевых срезов образцов ОРТП рекомендуется в качестве объективного метода исследования и оценки релаксационных свойств офсетных полотен. Применение метода позволит получать достоверные значения исходной толщины образцов, степени их деформации при давлении печати, а также остаточной деформации при полном отсутствии механического воздействия на полотно, что наиболее важно для достоверной сравнительной оценки качества ОРТП по доле остаточных деформаций в общей деформации сжатия.

Предлагается по скоростным показателям обратного упругого последействия ОРТП, полученным в статических условиях, прогнозировать скорость восстановления размеров полотна после его выхода из зоны печати и оценивать качество полотна.

В дальнейшем для изучения упругоэластичных свойств ОРТП рекомендуется применять быстродействующие компьютеры и высокоскоростные видеокамеры.

Литература

1. Последействие упругое. Физическая энциклопедия. Том 4. Большая Российская энциклопедия, М., 1994, с. 704.
2. Белокрысенко В.Ф., Токарев В.Н., Белоусова И.П., Машинцева Н.В. Как повысить тиражестойкость офсетного декеля: [Электронный ресурс] Сайт журнала «КомпьюАрт», выпуск № 4, 2007. Режим доступа: <https://compuart.ru/article/17532>, свободный.
3. Методические рекомендации. Пластины офсетные резинотканевые. Общие технические условия. ОАО «ВНИИ полиграфии» (АО ИНПОЛ), 2004: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://doc.knigi-x.ru/22tehnicieskie/319458-1-utverzhdayu-zamestitel-ministramptr-rossii-vvgrigorev-16-fevralya-2004-metodicheskie-rekomendacii-plastini-ofset.php>, свободный.
4. Остаточная деформация. Большой энциклопедический политехнический словарь: [Электронный ресурс]. Сайт «Словари и энциклопедии на Академике». Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/polytechnic/6120/ОСТАТОЧНАЯ>, свободный.
5. Байдаков Д.И. Анализ результатов оценки традиционным методом упругоэластичных свойств офсетных резинотканевых полотен. Scientific-practical conference. INNOVATIONS IN PUBLISHING, PRINTING AND MULTIMEDIA TECHNOLOGIES, 2016. Kaunas, 2016. С. 11-17: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://conference.media.kauko.lt/files/2014/01/Konferencija_2016_OK.pdf, свободный.
6. Байдаков Д. И., Штоляков В.И., Иванова Д.А. Метод исследования релаксационных свойств офсетного резинотканевого полотна. Scientific-practical conference. INNOVATIONS IN PUBLISHING, PRINTING AND MULTIMEDIA TECHNOLOGIES, 2018. Kaunas, 2018. С. 12-16: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://conference.media.kauko.lt/files/2018/11/Konferencija_2018_OK.pdf, свободный.
7. Байдаков Д.И. Деформация слоев офсетного резинотканевого полотна при сжатии. Полиграфия. – М.: «Издательство «Типограф», 2014. – № 7. – С. 38-40.

8. VirtualDubMod 1.5.10.2: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://free-software.com.ua/video-editor/virtualdubmod/>, свободный.
9. Байдаков Д.И. Оценка остаточных деформаций офсетных резинотканевых полотен. Полиграфия. – М.: «Издательство «Типограф», 2014. № 8. с. 40-42.
10. Релаксация. Физическая энциклопедия. Том 4. «Большая Российская энциклопедия», М., 1994, с. 704.
11. Релаксации время. Энциклопедия полимеров. Том 3. «Советская энциклопедия», М., 1977, с. 1152.
12. Графики формул и приемы их выравнивания. Справочник химика. Т. 1. Л.: Госхимиздат, 1963, с. 1071.