

ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ ЭЛАСТИЧНОГО ПОКРЫТИЯ НАБОРНОГО ВАЛА

А.Н. МАРИНИН, Ю.Г. ФОМИН, И.А. СВИРИДОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

E-mail: Andrei-marinin@mail.ru

В работе предложена методика определения деформации, основанная на способности фотоупругого материала под нагрузкой менять свои физические свойства.

The technique of determination of the deformation, based on the ability of a photoelastic material to change the physical properties under a charge, is offered in the article.

Ключевые слова: наборный вал, деформация эластичного покрытия, эффект фотоупругости, лазерное измерительное устройство, методика определения.

Технологическая эффективность валковой пары определяется действительным давлением на поверхностях контакта, зависящим от усилия прижима, податливости покрытий и жесткости валов. Характеристика эластичных покрытий валов представляет собой зависимость между радиальной деформацией покрытия и силой давления на вал. Под действием усилия покрытие вала деформируется, образуя площадку контакта определенной ширины. Величина ширины площадки контакта зависит от интенсивности нагрузки, диаметров валов, твердости материала покрытия. Деформация позволяет оценивать единичную силу в конкретной точке, а также неравномерность распределения нагрузки по ширине вала. Первоначально для определения деформации эластичного покрытия вала использовалась методика Г.К. Кузнецова и Ю.Г. Фомина, основанная на электротензометрии [1]. В данной методике рассматривается идеальная модель взаимодействия валковой пары, согласно которой валы абсолютно жесткие и деформация постоянна по всей рабочей ширине. Данная модель взаимодействия валковой пары не отражает реально происходящего процесса.

Авторами разработана методика определения деформации эластичного покры-

тия вала в любой точке, в основе которой лежит эффект фотоупругости прозрачной среды. Данный эффект позволяет определять необходимую деформацию в точках рабочей ширины вала за счет способности изотропной прозрачной среды фотоупругого материала обретать анизотропные свойства при нагружении вала. Анизотропные свойства такой среды вызывают интерференцию линейно поляризованного света, который, проходя через анизотропную среду, разделяется на два когерентных, поляризованных во взаимно перпендикулярных плоскостях, луча. Искажение, получаемое на экране, расположенном на выходе луча из анизотропной среды, показывает деформацию эластичного покрытия вала. Зная деформацию в каждой точке рабочей ширины вала, также возможно определить распределение нагрузки, прогиб вала, возникающие напряжения и ширину площадки контакта.

Первоначально осуществляется установка и настройка лазерного измерительного устройства, включающего источник лазерного излучения, фотоупругий материал и градуированный экран [2], при этом валковая пара не нагружена. На валковую пару подается нагрузка, выставляемая по индикаторам лабораторной установки КЛ-2/20. При каждой нагрузке на экране

требуемые контрольные точки фиксируются искаженным лазерным лучом, проходящим через деформированный фотоупругий материал.

Смещение контрольных точек от начального положения до каждого последующего с нагрузкой показывает деформацию наборного покрытия верхнего вала и фотоупругого материала. Смещение контрольных точек измеряется в программе Компас-3D V9. Деформация наборного покрытия вала, получаемая в результате взаимодействия валковой пары лабораторной установки без фотоупругого материала, представляется в виде зависимости:

$$h_i = h_{1i} - h_{2i}, \quad (1)$$

где h_i – деформация наборного покрытия вала лабораторной установки без лазерного измерительного устройства, мм; h_{1i} – деформация наборного покрытия вала лабораторной установки с лазерным измерительным устройством, мм; h_{2i} – деформация фотоупругого материала, мм.

На рис. 1 показан график смещения контрольных точек под действием нагрузки $7 \cdot 10^3$ Н.

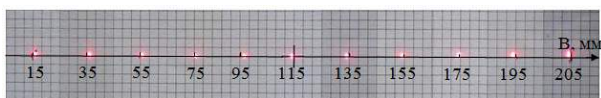


Рис. 1

Полученная деформация в конкретных точках наборного покрытия вала сравнивается со значениями, рассчитанными по методике [1]. Для этого использована модель упругой характеристики в виде степенной функции:

$$h = b_i P^{n_i} = b_i q_i V^{n_i}, \quad (2)$$

где h – деформация наборного покрытия вала, постоянная по рабочей ширине, мм; b_i – коэффициент упругости, пропорциональный отрезку, отсекаемому прямой от оси ординат при $P = 1$; P_i – единичная сила, приложенная в контрольной точке i , Н; n_i – коэффициент, представляющий собой тан-

генс угла наклона графика упругой характеристики в логарифмических координатах к оси абсцисс; q_i – интенсивность распределения нагрузки на i -м отрезке; V – рабочая ширина вала.

Рассмотрим идеальную модель взаимодействия валковой пары с силой прижима, равной единичной силе в одной из контрольных точек. От этой нагрузки рассчитывается деформация наборного вала лабораторной установки КЛ-2/20 с лазерным измерительным устройством. Такой расчет повторяется для каждой контрольной точки. Таким же образом рассчитывается деформация фотоупругого материала.

Из (2) интенсивность распределения нагрузки на i -м отрезке является неизвестной и для ее определения выполнено следующее. При установке фотоупругого материала в жало валов лабораторной установки на ее верхнюю и нижнюю грани укладывалась копировальная бумага, соединенная с градуированной. При нагружении валковой пары до $7 \cdot 10^3$ Н получены отпечатки ширины площадки контакта, показанные на рис. 2-а, б.

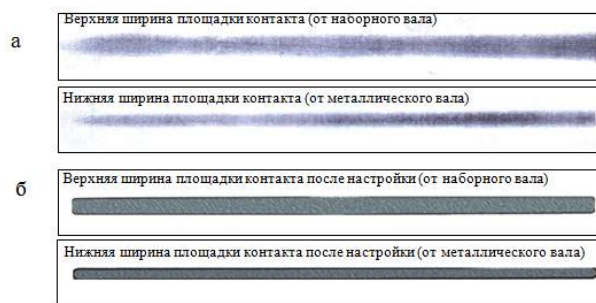


Рис. 2

Верхняя площадка контакта (рис. 2-а) учитывает неравномерность контакта валковой пары, а следовательно, деформацию набора верхнего вала без учета деформации фотоупругого материала. Величина деформации набора верхнего вала больше на величину деформации фотоупругого материала, которую отражает нижняя площадка контакта. Площадки контакта на рис. 2-а показывают большую неравномерность распределения нагрузки по рабочей ширине валов, что говорит о сбившихся настройках положения валов относи-

тельно друг друга. С помощью лазерного измерительного устройства (рис. 3) произведена регулировка положения валов лабораторной установки КЛ-2/20.

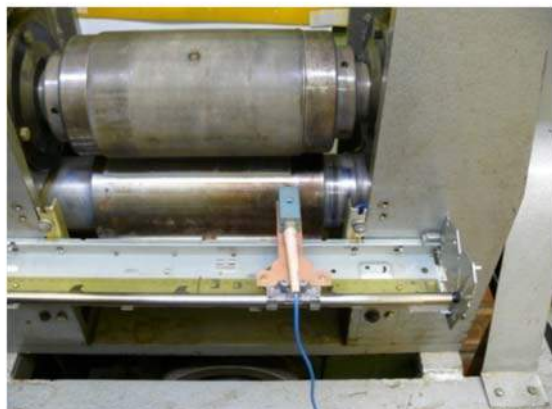


Рис. 3

После настройки установки получены площадки контакта, подтверждающие качество положения валов друг относительно друга (рис. 2-б).

Ширина площадки контакта валов выражается следующей формулой [3], [4]:

$$b_{\text{пл}} = k_0 \left[q_i \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_1^2}{E_2} \right) \right]^{0,5}, \quad (3)$$

где k_0 – коэффициент пропорциональности (2,2 ... 4,0); μ_1 – коэффициент Пуассона материалов покрытий валов модуля; E_1 и E_2 – модули упругости материалов контактирующих поверхностей валов.

Выражаем интенсивность распределения нагрузки из формулы (3) [3], [4]:

$$q_i = \frac{\left(\frac{b_{\text{пл}}}{k_0} \right)^2}{\left[\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_1^2}{E_2} \right) \right]}. \quad (4)$$

Полученные максимальная и минимальная деформации сравниваются со значениями, рассчитанными по методике [5],

где для оценки неравномерности распределения нагрузки по ширине обрабатываемого полотна введены два показателя δ и δ_1 , рассчитываемые по уравнениям:

$$\delta = \left(\frac{3}{\delta_1} \right) - 2, \quad (5)$$

$$\delta_1 = \frac{4\phi \left[\text{ch}\phi \cos\phi + 2\phi \frac{a}{b} (\text{sh}\phi \cos\phi - \text{ch}\phi \sin\phi) \right]}{\text{sh}2\phi + \sin 2\phi}, \quad (6)$$

$$\phi = 0,5b \sqrt{0,25A \left(\frac{1}{E_1 J_1} + \frac{1}{E_2 J_2} \right)}, \quad (7)$$

где A – приведенный коэффициент упругой податливости эластичного покрытия в жале валов; $E_1 J_1$ и $E_2 J_2$ – жесткости сечения при изгибе первого и второго валов; a – длина патрона до внешней рубашки вала, мм; b – рабочая ширина вала, мм; ϕ – коэффициент, характеризующий интенсивность нагрузки в жале валов.

По зависимостям

$$h_{\text{min}} = b_{\text{упр}} (q_{\text{min}} b)^n,$$

$$h_{\text{max}} = b_{\text{упр}} (q_{\text{max}} b)^n$$

определяем максимальную и минимальную деформации.

Результаты измерений и расчетов деформации занесены в табл. 1.

В программе Mathcad интерполяцией кубическим сплайном получена графическая зависимость деформации от ширины вала, показанная на рис. 4.

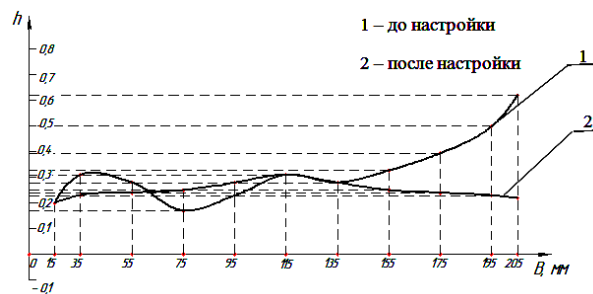


Рис. 4

Т а б л и ц а 1

Положение точки измерения от правого края набора вала, мм	Деформация набора верхнего вала по разработанной методике h, мм		Деформация набора верхнего вала, рассчитанная по методике из [1] h, мм	Максимальная и минимальная деформация набора верхнего вала, рассчитанная по методике из [5] h, мм	Верхняя ширина площадки контакта, мм		Нижняя ширина площадки контакта, мм	
	до настройки	после настройки			до настройки	после настройки	до настройки	после настройки
15	+0,2	+0,2	+ 0,2		6,00	6,00	4,10	4,10
35	+0,31	+0,23	+ 0,31		7,27	6,30	4,43	4,10
55	+0,28	+0,24	+ 0,28		6,90	6,39	4,30	4,16
75	+0,17	+0,25	+ 0,17	+0,15	5,30	6,47	3,70	4,14
95	+0,23	+0,28	+ 0,23		6,30	6,69	4,10	4,09
115	+0,31	+0,31	+ 0,31		7,27	7,27	4,43	4,43
135	+0,28	+0,28	+ 0,28		6,75	6,69	4,30	4,09
155	+0,32	+0,25	+ 0,32		7,50	6,47	4,51	4,14
175	+0,39	+0,24	+0,39		8,12	6,39	4,55	4,16
195	+0,5	+0,23	+ 0,47		9,97	6,30	5,85	4,10
205	+0,62	+0,22	+ 0,52	+0,59	11,31	6,17	6,84	4,10

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика определения деформации эластичного покрытия вала на основе эффекта фотоупругости и лазерного измерительного устройства.

2. Установлены размеры ширин площадок контакта валов установки до и после настройки положения валов относительно друг друга.

3. Сравнительные расчеты параметров контакта валов по предложенной и классическим методикам позволили установить, что показатели до настройки от 0,2 до 0,52 мм и после нее 0,2 до 0,22 мм позволяют добиться качества отделки ткани наглядно и просто.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Г.К., Фомин Ю.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982, №2. С.141...144.

2. Патент на полезную модель №87009 МПК G 01 В 9/00. Устройство для определения нагрузки в жале валов / Фомин Ю.Г., Свиридов А.Г., Маринин А.Н., Свиридов А.Г.; заявитель и патентообладатель Ивановская государственная текстильная академия. – №2009122034/22; 08.06.2009; опубл. 20.09.2009, Бюл. №26.

3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1968.

4. Кокурин Э.В., Фомин Ю.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, №1. С.83...86.

5. Зельдин Ю.Р., Тюрина Н.Б. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1975, №4. С.140...143.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования. Поступила 20.04.10.