

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРАШЕНИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ СЕРНИСТЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

С.В. ЛОГИНОВ, Л.А. ГАРЦЕВА, М.Н. ГЕРАСИМОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Сернистые красители – наиболее распространенный в отечественной практике текстильного производства класс красителей, используемый для колорирования текстильных материалов из целлюлозных волокон.

Качество и эффективность любого процесса крашения в значительной степени зависят от соотношения основных компонентов красильного раствора: концентраций красителя, восстановителя, щелочных реагентов и интенсифицирующих добавок. В качестве последних в работе использовали триэтаноламин (ТЭА).

В связи с этим важнейшей технологи-

ческой задачей становится проблема изучения взаимовлияния отдельных ингредиентов пропиточного состава на качественные показатели окрасок при реализации непрерывного запарного способа крашения. При решении данной проблемы мы использовали экспериментально-статистический метод планирования эксперимента [1].

Ставилась задача – оптимизировать качественный и количественный составы пропиточного раствора в направлении повышения интенсивности и прочности окраски.

Таблица 1

№ опыта	Натуральные значения факторов, г/л					Кодированные значения факторов и эффектов взаимодействия										Интенсивность окраски K/S	Закрашиваемость при трени, баллы
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₃ X ₄	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₄	X ₂ X ₄		
	Na ₂ S	NaOH	ТЭА	Краситель	Сода X ₅ =X ₁ X ₄												
1	70	15	20	120	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16,8	3
2	70	5	20	120	2	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	14,9	4
3	50	15	20	120	2	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	13,2	4
4	50	5	20	120	2	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	11,8	3
5	70	15	0	120	0	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	10,5	3-4
6	70	5	0	120	0	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	10,6	3-4
7	50	15	0	120	0	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	9,4	3-4
8	50	5	0	120	0	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	8,6	4
9	70	15	20	80	0	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	10,4	4
10	70	5	20	80	0	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	11,5	4
11	50	15	20	80	0	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	12,5	4
12	50	5	20	80	0	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	13,7	4
13	70	15	0	80	2	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	9,2	3-4
14	70	5	0	80	2	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	9,8	4
15	50	15	0	80	2	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	7,8	4
16	50	5	0	80	2	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	8,5	4
Центр плана																	
17	60	10	10	100	1											12,2	3-4
17	60	10	10	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,0	3-4
17	60	10	10	100	1											11,8	4

Матрица планирования факторного эксперимента представлена в табл. 1. Была

использована дробная реплика типа 2^{5-1} , требующая проведения 16 опытов.

Результаты эксперимента обработаны на компьютере по алгоритму регрессивного анализа с использованием стандартного пакета программ Microsoft Excel-97.

Статистическая обработка результатов эксперимента позволила рассчитать коэффициенты уравнения регрессии, характеризующего зависимость интенсивности окраски тканей (функция K/S рассчитана по коэффициенту отражения [2], окрашенным красителем сернистым черным (y), от концентрации Na_2S (X_1), щелочи (X_2), красителя (X_4) и содержания в растворе триэаноламина (X_3).

Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 11,4 + 0,51X_1 + 0,03X_2 + 1,9X_3 + 0,77X_4 + 0,3X_3X_4 - 0,02X_1X_4 - 0,21X_1X_3 + 0,1X_2X_3 + 0,72X_1X_4 + 0,47X_2X_4. \quad (1)$$

Дисперсии воспроизводимости и их однородность оценены по критерию Кохрена, значимость коэффициентов – по критерию Стьюдента, адекватность математической модели – по критерию Фишера.

Анализ уравнения (1) позволил заключить, что повышению интенсивности окраски способствует увеличение концентраций красителя, восстановителя, щелочи и добавки в раствор триэаноламина, однако степень влияния факторов различна. В частности, введение в пропиточный раствор ТЭА значительно более эффективно, чем увеличение концентрации красителя с 80 до 120 г/л.

Добавки интенсификатора повышают интенсивность окраски на 18%, тогда как увеличение содержания красителя всего лишь на 7%; при этом в последнем случае необходимо соответственно увеличивать концентрацию щелочи и особенно восста-

новителя. Об этом свидетельствуют величина и знаки коэффициентов при эффектах парных взаимодействий (0,72 при X_1X_4 и 0,47 при X_2X_4).

Интересен тот факт, что одновременное варьирование всех независимых переменных нивелирует вклад фактора X_2 (концентрации щелочи в растворе). Однако этот фактор взаимосвязан с наличием в красильном растворе ТЭА и особенно с содержанием красителя. Расчеты показывают, что позитивное влияние щелочи на интенсивность окраски возрастает при введении интенсификатора примерно на 1%, а при увеличении содержания красителя – на 4,5%.

Напротив, одновременное увеличение концентраций Na_2S и NaOH нецелесообразно (знаки коэффициентов при X_1X_2 и X_1X_3 отрицательны). Для того, чтобы повысить интенсивность окраски, следует увеличить концентрацию Na_2S , уменьшив при этом содержание щелочи, или – наоборот.

Отрицательный знак и величина коэффициента парного взаимодействия факторов X_1 и X_3 указывают на тот факт, что введение в красильный раствор ТЭА действует в том же направлении, что и увеличение концентрации восстановителя.

Следовательно, в присутствии триэаноламина положительное влияние сульфида натрия несколько нивелируется и степень влияния фактора X_1 ослабевает.

С целью проверки достоверности сделанных выводов и сведения к минимуму взаимовлияния факторов, получены аналитические модели процесса крашения при стабилизации концентрации красителя соответственно на уровне 120 г/л (уравнение (2)) и 80 г/л (уравнение (3)):

$$y_1 = 11,98 + 1,23X_1 + 0,5X_2 + 2,2X_3 - 0,05X_1X_2 + 0,45X_1X_3 + 0,32X_2X_3, \quad (2)$$

$$y_2 = 10,43 - 0,21X_1 - 0,44X_2 + 1,6X_3 + 0,01X_1X_2 + 0,87X_1X_3 - 0,13X_2X_3. \quad (3)$$

Очевидно, что характер влияния состава пропиточного раствора различен в зависимости от концентрации красителя.

Добавление в красильный раствор интенсификатора ТЭА повышает интенсивность окраски как при высоких, так и при

низких концентрациях красителя, причем в первом случае более эффективно (примерно 20%).

Концентрированные красильные растворы требуют увеличения концентрации восстановителя и особенно щелочи. Изме-

нение концентрации красителя влияет и на эффекты парных взаимодействий. Положительный знак при X_1X_3 указывает, что при высоком содержании красителя концентрации как восстановителя, так и ТЭА целесообразно поддерживать на верхних уровнях, а при концентрации красителя 80 г/л – на низких уровнях.

При использовании растворов с высоким содержанием красителя интенсивность окраски заметно возрастает при одновременном увеличении концентрации щелочи и при добавлении ТЭА. При уменьшении концентрации красителя до 80 г/л эффект нивелируется.

Анализ результатов проведенного экс-

$$y_3 = 13,1 + 0,3X_1 + 0,13X_2 + 1,07X_4 + 0,07X_1X_2 + 1,38X_1X_4 + 0,7X_2X_4, \quad (4)$$

$$y_4 = 9,31 + 0,72X_1 - 0,07X_2 + 0,47X_4 - 0,11X_1X_2 + 0,06X_1X_4 + 0,24X_2X_4. \quad (5)$$

При прочих равных условиях введение в раствор триэтаноламина повышает интенсивность окраски приблизительно на 40%. При крашении в его присутствии все изучаемые факторы в выбранных интервалах следует поддерживать на верхних уровнях.

Однако добавление в раствор триэтаноламина несколько снижает прочность окрасок к трению, особенно при низких концентрациях красителя. По-видимому, это связано с увеличением гидрофильности ткани под воздействием триэтаноламина, что можно устранить интенсификацией процесса промывки ткани.

ВЫВОДЫ

Результаты исследования и полученные зависимости позволяют выявить оптимальный количественный и качественный

перимента показал, что степень влияния фактора X_3 – введение в красильный раствор гидрофильного органического растворителя ТЭА – более чем в два раза выше, чем увеличение концентрации красителя с 80 до 120 г/л.

Указанный фактор коррелирует с другими независимыми переменными, изменяя общий характер зависимости. Об этом свидетельствуют коэффициенты уравнений (4) и (5), представляющих соответственно математические зависимости интенсивности окраски от состава красильного раствора в присутствии триэтаноламина и без него:

состав красильного раствора для пропитки ткани при реализации непрерывного запарного способа крашения хлопчатобумажных тканей сернистыми красителями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров В.Г. Математические методы планирования эксперимента при изучении нетканых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1968.
2. Лабораторный практикум по химической технологии текстильных материалов: Учебное пособие для вузов (Т.С. Новорядовская и др. / Под ред. Г.Е. Кричевского). – М., 1994.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 30.09.03.