

Производство продукции технического назначения является наиболее быстро развивающимся в текстильной промышленности ведущих мировых стран. Основой интенсивного увеличения объемов выпуска технического текстиля и расширения сфер его применения является активная научно-исследовательская деятельность, на которую направляются значительные финансовые средства и в результате которой появляются многочисленные инновационные разработки [1]. До недавнего времени в качестве прокладочных материалов использовали хлопчатобумажные и комбинированные ткани: бязь, миткаль, перкаль, чефер и лавсанохлопковый чефер. Для снижения адгезии прокладочных материалов на основе этих тканей к сырым резиновым заготовкам требовалась их дополнительная обработка антиадгезионным составом на основе солей жирных кислот «кисабор» или на основе коллоидной кремниевой кислоты [2]. В данной работе для снижения адгезии прокладочных тканей к резинам использовалась неравновесная низкотемпературная плазма. Придание антиадгезионных свойств производилось путем обработки в среде аргон-пропан-бутан, способствующей гидрофобизации поверхности. Кривые зависимости капиллярности имеют минимум. Для армирующей и кордной ткани необходимо повышение адгезионной способности. На основе экспериментальных данных, представленных в работе Сергеевой Е.А. [3], плазменная обработка в среде аргона способствует повышению капиллярности, смачиваемости, водопоглощения текстильных материалов, поэтому данные ткани обрабатывали в среде аргона. Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о повышении капиллярности армирующей и кордной ткани, поэтому кривые зависимости имеют максимум. Согласно экспериментальным данным, представленных в работах Сергеевой [3], бомбардировка поверхности текстильных материалов ионами с энергией до 100 эВ приводит к возникновению на поверхности свободных радикалов, которые реагируя с активными компонентами плазмы, могут образовывать гидрофильные группы, что объясняет значительное увеличение смачиваемости при обработке в аргоне. За счет низкоэнергетической ионной имплантации часть радикалов может обладать определенным «временем жизни» и реагировать с кислородом воздуха при выносе образцов из реакционной камеры. Аналогичным образом можно объяснить процессы в поверхностном слое ткани при обработке в плазмообразующем газе аргон – пропан-бутан. Однако в данном случае существует вероятность прививки мономерных звеньев и осколков молекул пропан-бутана к возникающим свободным радикалам, образованию дополнительных мостиков и сшивок, что значительно снижает количество свободных радикалов по окончании обработки, приводит к заметному возрастанию прочности и приданию антиадгезионных свойств. С целью установления оптимальных параметров модификации неравновесной низкотемпературной плазмой (ННТП) прокладочных тканей проведено

математическое моделирование эксперимента плазменной модификации, результатом которого являются поверхности отклика [4]. Математическое моделирование эксперимента дает возможность изменять отдельные текущие опыты, как в самом начале эксперимента, так и в ходе его проведения. Обработку результатов экспериментов осуществляли с применением метода регрессионного анализа. Все расчеты производили в программе «Statistica 6.0». В качестве функции отклика рассматривалось изменение капиллярности. Оптимизация проводилась по изменению параметров в следующем диапазоне: напряжение на аноде U_a от 3 до 7,5 кВ; сила тока на аноде I_a от 0,3 до 0,7 А; продолжительность обработки τ от 60 до 600 секунд. Для большей достоверности полученных экспериментальных данных осуществлено центральное композиционное рототабельное планирование (ЦКРП) второго порядка, которое позволило получить математические модели [5].

Экспериментальная зависимость значений капиллярности от режимов ВЧЕ обработки армирующей ткани Чефер (100% х/б) представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние потока плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления на капиллярность ткани Чефер ($t=180$ с; $P=26,6$ Па; $G=0,04$ г/с, аргон) Сила тока I_a , А Напряжение U_a , кВ Значение капиллярности H , мм

Без модификации	20	0,3	3,0	99	0,7	3,0	145	0,3	6,0	86	0,7	6,0	136	0,2	4,5	91	0,8	4,5	124	0,5	2,5	113	0,5	6,5	123	
0,5	4,5	98																								

Математическое уравнение второго порядка, описывающее соотношение между значениями капиллярности (H) и исследуемыми факторами (I_a , U_a) имеет следующий вид (формула 1): $H=85,12+156,24I_a-13,05U_a-59,62I_a^2+1,48U_a^2-1,67I_aU_a$ (1) Оценка адекватности полученного уравнения осуществлялась по критерию Фишера. Полученное расчетное значение критерия Фишера ($F=3,48$) меньше табличного ($F_{табл}=3,97$), следовательно, уравнение адекватно описывает процесс. Знаки коэффициентов регрессии указывают на влияние факторов на капиллярность. В уравнении (1) отрицательное значение b_{12} ($b_{12}=-1,67$) свидетельствует, что один из факторов находится на нижнем уровне. Так как знаки коэффициентов b_1 и b_{12} разные, то влияние силы тока ослабевает с увеличением напряжения. Поверхности отклика (а) и контуры поверхности отклика (б) при изменении значений силы тока и напряжения представлены на рис. 1. Рис. 1 – Поверхность отклика и контуры поверхности отклика на плоскости при изменении силы тока и времени на аноде По результатам оптимизации трех параметров плазменного воздействия (сила тока на аноде, напряжение на аноде, продолжительность воздействия) на технические ткани в разных плазмообразующих газах выбрали режимы обработки, в которых происходят необходимые, наиболее существенные изменения свойств поверхности технических тканей. Установлено, что для прокладочной ткани минимальное значение капиллярности достигается после обработки в среде аргон/пропан-бутан в соотношении 70/30 при параметрах: $I_a=0,5$ А, $U_a=4,5$ кВ, $\tau=3$ мин, $P=26,6$ Па и составляет 8 мм, что в 10 раз ниже,

чем у исходного образца. В оптимальных режимах, найденных по результатам моделирования влияния ННТП обработки на изменение поверхностных свойств технических тканей, произведена экспериментальная оценка краевого угла смачиваемости по поверхности ткани. Наглядное изображение капли жидкости на поверхности технических тканей приведены на рис.2. Рис. 2 - Влияние ННТП обработки на краевой угол смачивания водой поверхности прокладочной ткани ЧЛХ: а) без плазменного воздействия; б) образец, модифицированный ННТП

Рис. 3 - Прочность соединения прокладочной ткани ЧЛХ и резины: 1 - без плазменного воздействия; 2 - образец, модифицированный в оптимальном режиме

Согласно экспериментальным данным (рис. 3) после плазменной обработки прочность связи с резиной для прокладочных тканей снизилась в 1,5 раза. На основе полученных результатов обработки технических тканей потоком плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления рекомендуется включить ННТП обработку в режиме: $I_a=0,5$ А, $U_a=4,5$ кВ, $\tau=3$ мин, $P=26,6$ Па, аргон - пропан-бутан (70÷30%) для снижения адгезионных свойств. Использование ННТП по предлагаемой технологии позволит исключить работу пропиточных линий, стадии сушки или дублирования материалов, обеспечит экологичность производства, а также снизит затраты на химические реагенты и обслуживание оборудования.