

УДК 677.026.4

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ПРОЦЕССА ФЛОКИРОВАНИЯ  
НА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ**

*О.М. ИВАНОВ, Е.С. ПАВЛОВА*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)  
E-mail: Olivan-54@yandex.ru, pavlokatya@yandex.ru

*Работа посвящена технологии электрофлокирования – ориентированному нанесению коротких заряженных волокон (ворса) в электрическом поле высокого напряжения на основу, предварительно покрытую клеем.*

*The paper is devoted to the electroflocculation technology – to the oriented coating of the short charged fibers (poil) in high voltage electric field on the warp preliminary coated with fining agent.*

**Ключевые слова:** процесс электрофлокирования, влияние технологических параметров, сокращение времени флокирования, увеличение скорости подачи ворса, влияние максимальной плотности ворсового покрова.

Процесс электрофлокирования заключается в ориентированном осаждении заряженного ворса (флока) в электрическом поле высокого напряжения на основу, предварительно покрытую клеем [1...3]. Посредством этой технологии получают широкий спектр материалов: от искусственной замши и бархата до ковровых покрытий и флокированных нитей. Используемый ворс – это короткие (0,5...3,0 мм), как правило, синтетические волокна различной линейной плотности. Короткий ворс обычно изготавливают из тонкого волокна (0,09...0,33 текс), а длинный – из более толстого (0,67...2,2 текс). Чтобы ворс в электрическом поле мог приобретать заряд, достаточный для прочного закрепления в клеевом слое при движении

между электродами, его подвергают специальной химической обработке.

Динамика изменения плотности ворсового покрова от времени нанесения описывается известным соотношением [1]:

$$n = n_{\max} \frac{1 - 1 - \frac{(\gamma+1)P_0 t}{n_{\max}}}{1 + \gamma 1 - \frac{(\gamma+1)P_0 t}{n_{\max}}}, \quad (1)$$

где  $P_0$  – скорость поступления ворса к флокируемой поверхности в начальный момент, г/(м<sup>2</sup>·с);  $n_{\max}$  – предельная плотность ворсового покрова, г/м<sup>2</sup>;  $\gamma$  – коэффициент, определяющий диапазон изменения

скорости подачи ворса с ростом плотности ворсового покрова на материале:

$$P = P_0 \left( 1 + \gamma \frac{n}{n_{\max}} \right).$$

Из этого соотношения можно получить важнейший критерий оптимизации технологического процесса – производительность. В данном случае речь идет о времени  $t_0$  достижения заданной плотности  $n_0$  ворсового покрова, которая устанавливается на основе ГОСТа или технологического регламента предприятия на данный материал:

$$t_0 = - \frac{n_{\max}}{(1+\gamma)P_0} \ln \frac{1 - \frac{n_0}{n_{\max}}}{1 + \gamma \frac{n_0}{n_{\max}}}. \quad (2)$$

Входящие в это соотношение параметры ( $P_0$ ,  $n_{\max}$ ,  $\gamma$ ) зависят как от режима флокирования, так и от характеристик используемого ворса. Обычно, если имеется партия ворса, то его характеристики изменить уже нельзя. Можно лишь выбрать режим флокирования и определить минимальное время нанесения ворса.

Рассмотрим вопрос несколько шире: какие технологические параметры наиболее значительно влияют на производительность процесса и, следовательно, на что следует обращать внимание при приобретении или производстве ворса. В данном случае мы не ставим задачи определения путей изменения указанных параметров, а лишь хотим оценить перспективные направления увеличения производительности процесса.

Первым этапом решения этой задачи должна стать оценка сравнительной степени влияния каждого из технологических параметров. При этом необходимо учесть то, что степень влияния может быть различной при разных значениях требуемой плотности ворсового покрова  $n_0$ .

Проведем сначала аналитическую оценку влияния упомянутых параметров. Нам важно определить прежде всего их

относительную степень влияния. Для этого запишем полный дифференциал интервала времени  $t_0$ :

$$dt_0 = \frac{\partial t_0}{\partial P_0} dP_0 + \frac{\partial t_0}{\partial n_{\max}} dn_{\max} + \frac{\partial t_0}{\partial \gamma} d\gamma. \quad (3)$$

Обозначив для удобства  $\delta = n_0/n_{\max}$ , можно выразить частные производные, входящие в это выражение:

$$\frac{\partial t_0}{\partial P_0} = \frac{n_{\max}}{(1+\gamma)P_0^2} \ln \frac{1-\delta}{1+\gamma\delta}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial t_0}{\partial n_{\max}} = - \frac{1}{(1+\gamma)P_0} \ln \frac{1-\delta}{1+\gamma\delta} - \frac{\delta}{P_0(1-\delta)(1+\gamma\delta)}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial t_0}{\partial \gamma} = \frac{n_{\max}}{(1+\gamma)^2 P_0} \left[ \ln \frac{1-\delta}{1+\gamma\delta} - \frac{(1+\gamma)\delta}{1+\gamma\delta} \right]. \quad (6)$$

Полученные соотношения показывают скорость изменения времени  $t_0$  при варьировании соответствующего параметра. Непосредственно сравнивать между собой эти производные нельзя, поскольку они имеют разную размерность. Чтобы вклад всех слагаемых соотношения (3) был соизмерим и они были безразмерны, выберем в качестве приближения для дифференциалов – одинаковую долю каждого из параметров ( $0,001P_0$ ,  $0,001n_{\max}$ ,  $0,001\gamma$ ), отнесенного к величине  $t_0$ . После этого можно построить зависимости от требуемой плотности ворсового покрова  $n_0$ , наглядно демонстрирующие влияния каждого из технологических параметров.

В качестве исходных данных примем условные, но вполне реальные значения факторов:  $P_0 = 20 \text{ г/м}^2 \cdot \text{с}$ ;  $n_{\max} = 120 \text{ г/м}^2$ ;  $\gamma = 0,5$ . Диапазон изменения плотности  $n_0$  примем от 60 до 100  $\text{г/м}^2$ . Полученные зависимости представлены на рис. 1 аналитическая оценка влияния параметров процесса: 1 – влияние скорости поступления ворса к флокируемой поверхности  $P_0$ ; 2 – влияние предельной плотности ворсового покрова  $n_{\max}$ ; 3 – влияние коэффициента, определяющего изменение скорости подачи ворса ( $\gamma$ ).

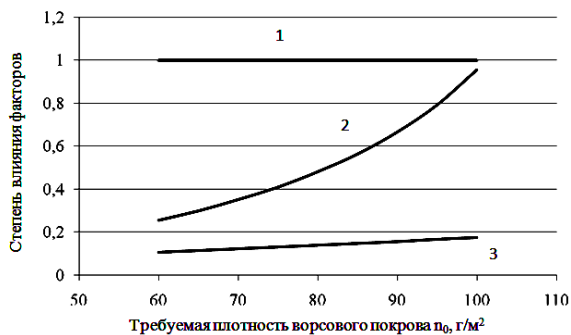


Рис. 1

Из графика ясно, что наибольшее и при этом постоянное влияние на производительность оказывает скорость подачи ворса. Вторым по значимости фактором является предельная плотность ворсового покрова, то есть ориентация ворса. Влияние этого фактора возрастает по мере увеличения необходимой плотности ворсового покрова на материале. Воздействие последнего фактора, хотя и растет, но остается слабее предыдущих.

Однако здесь речь идет о минимальном изменении величины факторов. В реальности диапазон изменения параметров может быть существенным. Поэтому их влияние, полученное на основе использования полного дифференциала, может быть скорректировано.

Такую оценку влияния параметров можно получить численно. На основе соотношения (2) рассчитаем в процентах, насколько сократится время достижения заданной плотности ворсового покрова  $n_0$ , если каждый из технологических параметров увеличить на 10 %, сохраняя остальные постоянными. Аналогично предыдущему графику расчет был проведен для различных значений плотности ворсового покрова  $n_0$ .

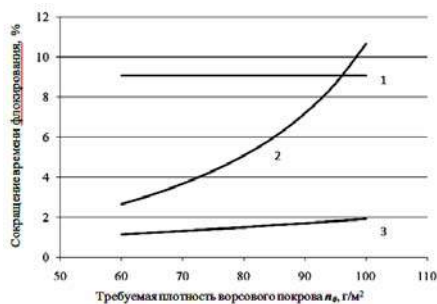


Рис. 2

Сравнивая графики на рис. 1 и 2 (численная оценка влияния параметров процесса на сокращение времени флокирования; обозначения кривых соответствуют принятым на рис. 1) видим, что характер влияния всех параметров для обоих вариантов расчета сохранился прежним. Незначительно отличается только количественное отношение между ними.

Рассмотрим данный вопрос с другой стороны. Оценим, каким должно быть изменение каждого из параметров для того, чтобы время флокирования сократилось на заданную величину. Для этого необходимо представить эти изменения, а также изменение времени в виде безразмерных величин. Относительное изменение времени  $\Delta t/t$  выбрано постоянным и равным 0,1. То есть вычисляли, в какой степени необходимо изменить величину каждого из параметров ( $\Delta P_0/P_0$ ,  $\Delta n_{\max}/n_{\max}$  и  $\Delta \gamma/\gamma$ ), чтобы время  $t_0$  сократилось на 10%. Это также было проделано для различных значений  $n_0$ . Исходные данные для расчетов приняты теми же, что и ранее. Результаты представлены на графике (рис. 3 – необходимое изменение факторов для сокращения времени флокирования на 10 %; обозначения кривых соответствуют принятым на рис. 1 и 2).

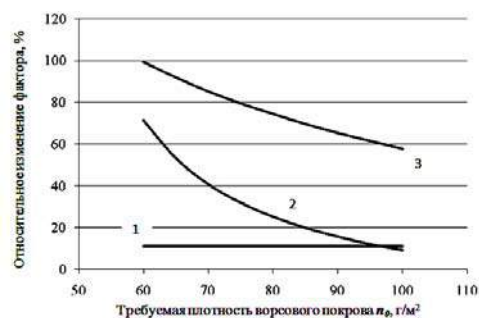


Рис. 3

Из рис. 3 видно, что, например, для сокращения времени флокирования или увеличения производительности на 10% при  $n_0 = 72 \text{ г/м}^2$  ( $\delta = 0,6$ ) необходимо либо увеличить скорость подачи ворса на 11%, либо максимальную плотность на 40%. Если же требования к качеству материала выше, например,  $n_0 = 96 \text{ г/м}^2$  ( $\delta = 0,8$ ), то  $n_{\max}$  нужно увеличить только на 11%.

Таким образом, при выборе ворса для флокирования следует обращать внимание на характеристики выпускаемого материала: если требования к плотности ворсового покрова  $n_0$  невелики, то важнее скорость подачи ворса (при рабочих значениях напряженности), а если нужен материал с высокой плотностью ворсового покрова, то важнее становится ориентация ворса, то есть максимальная плотность ворсового покрова.

## ВЫВОДЫ

1. Увеличение скорости подачи ворса обеспечивает сокращение времени флокирования на постоянную величину во всем диапазоне значений требуемой плотности ворсового покрова  $n_0$ .

2. Влияние максимальной плотности ворсового покрова  $n_{\max}$  возрастает с ростом заданной плотности  $n_0$ , то есть становится существенным для материала высокого качества.

3. Третья характеристика  $\gamma$ , определяющая диапазон изменения скорости подачи ворса, оказывает наименьшее, хотя и возрастающее, влияние на производительность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов О. М.* Теоретические аспекты технологии электрофлокирования: Монография. – СПб.: СПГУТД, 2004.

2. *Иванов О. М.* Модель поведения потока волокон в электростатическом поле при производстве флокированного материала // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2007, № 13. С. 30...35.

3. *Бершев Е. Н.* Электрофлокирование (нанесение ворса в электрических полях): Монография. – М.: Легкая индустрия, 1977.

Рекомендована кафедрой технологии прядения и нетканых материалов. Поступила 27.05.10.