

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 677.08:53

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАЗВОЛОКНЕНИЯ ЛОСКУТА С ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Башков А.П., профессор

Ивановский государственный политехнический университет

Ключевые слова: разволокнение, лоскут, тепловлажностная обработка, зубчатый барабан, перфорированный поддон, силовое воздействие.

Реферат. Предлагается новая конструкция устройства предварительного разволокнения лоскута из длинномерных волокон с тепловлажностной обработкой, входящего в состав поточной линии. Основными рабочими органами устройства являются полый зубчатый барабан с форсунками, через которые к материалу подается разогретый водяной пар, и перфорированный поддон. Приводится анализ механических и аэродинамических сил, совместно действующих на фрагмент разволокняемого текстильного материала, на основании которого предлагаются зависимости для определения технологических параметров работы устройства.

Разволокнение плоских текстильных отходов в виде лоскута из ткани, трикотажа или нетканых материалов из длиноволокнистого сырья связано с высокой повреждаемостью и укорочением волокон. Уменьшить взаимное трение и сцепляемость волокон можно, подвергнув материал тепловлажностной обработке водяным паром [1].

Для поэтапного разволокнения с сохранением свойств (длины) исходного волокна предлагается использовать в поточной линии секцию предварительного разволокнения с тепловлажностной обработкой материала, главным рабочим органом которой является устотелый разрыхляющий барабан, снабженный зубчатой гарнитурой, состоящей из расположенных в шахматном порядке отдельных металлических зубьев эллипсовидного сечения с тремя остриями. Во внутреннюю полость барабана через паропровод подается водяной пар, а на поверхности барабана между зубьями расположены форсунки для выхода пара. Под барабаном расположен перфорированный поддон с отверстиями в виде эллипсовидных конфузоров, расположенных в шахматном порядке [2].

Для определения усилий воздействия на разволокняемый материал и обоснованного выбора технологических параметров рассмотрим фрагмент разволокняемого материала, удерживаемого зубом. При прохождении его над от-

вертием перфорированного поддона будут действовать следующие силы (рисунок 1): центробежная $F_{ц.б.}$; сила тяжести F_T ; сила упругости $F_{упр}$, направленная по нормали к поверхности поддона; сила трения $F_{тр}$, по касательной к поверхности конфузторного отверстия; аэродинамическая сила $F_{аэр}$, как результирующая радиальной силы со стороны струи пара, истекающей со скоростью v_r из форсунки, и силы со стороны машинного потока, создаваемого вращающимся барабаном и движущимся со скоростью v в направлении вращения. В большинстве случаев скорость машинного потока и фрагмента материала равны, поэтому следует считать, что аэродинамическая сила действует все же в радиальном направлении.

Величина и направление силы трения будет изменяться в каждой точке поверхности поддона в зависимости от его рельефа в данном месте, т.е. от угла α .

За счет действия перечисленных сил фрагмент материала испытывает растягивающее воздействие в виде пульсаций, частота которых будет определяться скоростью разрыхляющего барабана и частотой отверстий в поддоне. Величина растягивающего усилия определяется разницей между тянущим усилием со стороны зуба и силой трения материала о поддон, которая в свою очередь зависит от прижимающей силы, т.е. результирующей $F_{ц.б.}$, F_m , $F_{упр}$ и $F_{аэр}$.

Проекция сил на ось ou запишется в следующем виде:

$$F_m \cos \beta + F_{ц.б.} + F_{аэр} - F_{упр} \sin \alpha - F_{мп} \cos \alpha = 0. \quad (1)$$

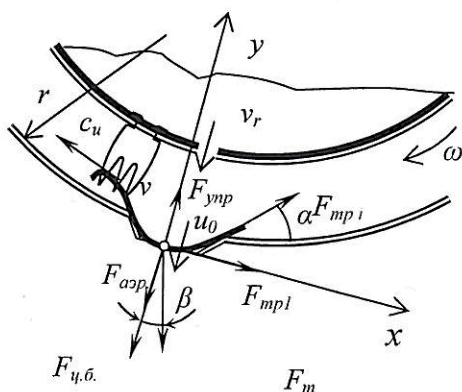


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на фрагмент разволокняемого материала

Дифференциальное уравнение малых свободных колебаний системы с одной степенью свободы при действии возмущающих сил имеет вид:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + 2n \frac{\partial y}{\partial t} + \mu^2 y = h \cos \sigma t, \quad (2)$$

где n – коэффициент затухания, зависящий от вязких свойств системы; $2n = \frac{\alpha}{m}$; α – коэффициент сопротивления; $\mu = \sqrt{\frac{Q}{ml}}$ – частота свободных колебаний; $Q = F_{упр} \sin \alpha + F_{мп} \cos \alpha$; $h = \frac{H}{m}$ – отношение возмущающей

силы H к массе фрагмента волокнистого материала: $H = F_m \cos \beta + F_{ц.б.} + F_{аэр}$;

$\sigma = \frac{\pi^2 \omega}{k}$ – частота вынужденных колебаний, зависящая от частоты вращения

барабана ω и шага k конфузورных отверстий в поддоне, радиус окружности которого r ,

Сила трения, центробежная и аэродинамическая силы будут определяться как

$$F_{mp} = K (mg \cos\beta + F_{ц.б.} + F_{aэp}), \quad (3)$$

$$F_{ц.б.} = mr\omega^2 = m \frac{c_u^2}{r}, \quad (4)$$

$$F_{aэp} = C_x S \frac{\rho u_0^2}{2}, \quad (5)$$

где K – коэффициент трения скольжения; c_u – тангенциальная составляющая скорости фрагмента материала, $c_u = 2\pi r\omega$; C_x – коэффициент лобовой аэродинамической силы.

Прижатый к полусферической поверхности отверстия, фрагмент материала приобретает его форму. Увлажненный паром, он практически теряет воздухопроницаемость. Для непроницаемой полусферы, обращенной впадиной к потоку $C_x = 1,33$ [3]; S – миделево сечение, если учитывать, что размер

фрагмента вероятнее всего не больше отверстия диаметром d , то $S = \frac{\pi d^2}{4}$; ρ – плотность воздуха, $u_0 = \sqrt{v_r^2 + Ac_u^2}$ – суммарная эффективная скорость в потоке; v_r – радиальная скорость, в нашем случае скорость истечения струи пара; A – отношение средней окружной скорости к тангенциальной скорости поверхности вращающегося барабана, при небольших зазорах $A = 0,5$.

Максимальная, т.е. критическая скорость истечения пара ($v_r = v_{кр}$) на основании формулы Сен-Венана [3] будет определяться следующим образом:

$$v_{кр} = \psi_{\max} \mu \sqrt{\frac{p_1}{\rho_1}} \quad (6)$$

где ρ_1 и p_1 – плотность и давление пара в начальном сечении струи; F_0 – площадь сечения форсунки; для воздуха и насыщенного пара $\psi_{\max} = 2,145 \text{ м}^{0,5}/\text{с}$; $\mu = \varphi\varepsilon$, $\varphi = 0,97 - 0,98$ – коэффициент скорости, для жидкостей малой вязкости при истечении из небольших отверстий; ε – коэффициент сжатия струи, по формуле Жуковского для малых отверстий $\varepsilon = \frac{\pi}{\pi + 2} \cong 0,611$.

Можно сделать вывод, что максимальный расход, соответствующий критической скорости вполне определяется состоянием пара внутри барабана и практически не зависит от давления среды, в которую происходит истечение. Тогда расход пара будет

$$Q_{\rho \max} = v_{кр} F_0 \rho_1. \quad (7)$$

Чтобы снизить потери давления в форсунке и увеличить дальность распространения струи целесообразно использовать конические конфузорные насадки. При этом сжатие струи на входе уменьшается, зато увеличивается на выходе. Роль такой насадки может играть коническое отверстие, если стенки барабана будут достаточно толстые. При конусности отверстия $\theta < 8^\circ$ $\mu \approx 0,45$; при $\theta = 12^\circ$ (предельный угол) $\mu = 0,26$.

При $t = 120^\circ\text{C}$ давление водяного пара $p_1 = 2$ ати, т.е. 14700 Па, его плотность $\rho_1 = 0,754$ кг/м³. При диаметре форсунки $d_0 = 5$ мм скорость истечения пара будет около 85 м/с, с расходом через одну форсунку 6 м³/ч. При общем количестве форсунок порядка 300 расход пара составит 1800 м³/ч или 1357 кг/ч.

Прижатие фрагмента материала к поверхности поддона аэродинамической и центробежной силами будет приводить к очень быстрому затуханию самопроизвольных колебаний, что практически не даст возможности развитию резонанса. Тем не менее, для более эффективного воздействия частота вынужденных колебаний должна быть равна или кратна частоте внутренних колебаний. Это будет достигаться при частоте оборотов барабана около 300 мин⁻¹.

Выводы.

1. Воздействие рассматриваемых сил приводит к циклическим волнообразным колебаниям фрагмента разволокняемого материала, что совместно с обработкой его паром позволяет постепенно, без укорочения и повреждения высвободить волокна из текстильной структуры.

2. Приведенная методика расчета позволяет оптимизировать геометрические размеры паровых форсунок и скоростные параметры разволокняющей секции, работающей в поточной линии для регенерации волокон из лоскута шерсти.

Список использованных источников

1. Башков, А.П. Разработка ресурсосберегающих технологий для производства нетканых материалов технического назначения: монография / А.П. Башков, В.Д. Фролов. – Иваново: ИГТА. – 2007. – 288 с.
2. Пат. 59072 Российская Федерация. Устройство для разволокнения плоских отходов из длиноволокнистого сырья / Башков А.П., Фролов В.Д.; заявитель и патентообладатель Ивановская гос. текст. акад. – опубл. 10.12.2006, Бюл № 34.
3. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости). – М.: Издательство литературы по строительству, 1965. – 276 с.