

УДК 677.023.7.001.5

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ НАМОТКИ СНОВАЛЬНЫХ ВАЛОВ
НА ОСНОВЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА**

**DETERMINATION OF DENSITY OF SECTION BEAM WINDING
ON THE BASIS OF THE PROCESS KINEMATIC PARAMETERS**

Н.А. КУЛИДА, Н.А. ДЕМИДОВ, А.В. КРУГЛОВ
N.A. KULIDA, N.A. DEMIDOV, A.V. KRUGLOV

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: info@igta.ru

Рассмотрены особенности косвенного измерения плотности намотки сновальных валов на партионной машине на основе кинематических параметров процесса. Установлены связь плотности с длиной нитей в слое намотки и закономерность роста ее радиуса для обеспечения постоянной плотности. Определены допустимые изменения плотности намотки, при которых разноразность нитей на валах не превышает заданного уровня.

The features of indirect calculation of density of section beam winding on a beam warping machine on the basis of the process kinematic parameters have been considered. The connection of density with thread length in a winding layer and regularity of its radius rise for providing uniform density has been established.

Acceptable changes of winding density when different length of threads on beams increases the given level have been determined.

Ключевые слова: партионное снование, плотность намотки, кинематические параметры, длина нитей, разностность.

Keywords: beam warping, winding density, kinematic parameters, thread length, different length.

Управляемое наматывание сновальных валов на партионной машине достигается путем вычисления параметров напряженно-деформированного состояния формируемой паковки, при этом в качестве интегрального параметра часто выступает объемная плотность, которая определяется по известной формуле:

$$\gamma = \frac{mLT}{10^6 \cdot \pi H(r^2 - r_0^2)}, \quad (1)$$

где L , m , T – длина, количество нитей и их линейная плотность; H , r_0 – длина образующей и начальный радиус ствола вала; r – радиус намотанного вала.

При вычислении объемной плотности по формуле (1) предполагается, что тело намотки пряжи представляет собой полый прямой круговой цилиндр и изменения плотности в радиальном направлении и вдоль образующей паковки отсутствуют. Последними изменениями при формировании паковки с незначительными отклонениями от указанной формы можно пренебречь. В радиальном направлении, как показали экспериментальные исследования, плотность существенно меняется. Этот параметр зависит от многих факторов: как процесса снования и наматываемых нитей, так и формируемого тела намотки. В связи с этим объемную плотность в соответствии с (1) возможно определять только на периоде наматывания, в течение которого параметры напряженно-деформированного состояния слоя, в том числе и плотность намотки, остаются неизменными [1].

Представим паковку в виде нескольких слоев, имеющих форму коаксиальных цилиндров, плотность в каждом из которых остается постоянной. Рассмотрим i -й слой с изменяющимся от r_{i-1} до r_i радиусом намотки. Считаем, что слой образован в результате n_i оборотов сновального вала, поэтому поперечное сечение паковки представляет собой концентрически расположенные окружности [2], радиусы которых изменяются в соответствии с выражением:

$$r_i(\phi) = r_{i-1} + c_i \text{Int} \left(\frac{\phi_i}{2\pi} \right) - A_i, \quad (2)$$

где c_i – коэффициент нарастания толщины слоя намотки, зависящий от диаметра пряжи, рассеяния витков при намотке, уменьшения радиуса паковки вследствие растяжения пряжи, деформирования слоя и других факторов; ϕ_i – угол поворота паковки; функция $\text{Int} \left(\frac{\phi_i}{2\pi} \right)$ – целая часть от $\frac{\phi_i}{2\pi}$; A_i – перемещение i -го слоя в радиальном направлении.

При $i=1$ (начальный слой намотки) $r_{i-1} = r_0$ и если основание паковки является недеформируемым, то $A_i = 0$.

Перемещение A_i для других слоев может быть определено в результате вычисления в соответствии с методикой, изложенной в [1].

Длина намотанной в i -м слое пряжи при $\phi_i = 2\pi n_i$ определяется из выражения:

$$\begin{aligned} L_i(\phi) &= \sum_{j=1}^{n_i} 2\pi r_j(\phi) = \sum_{j=1}^{n_i} 2\pi [r_{i-1} + c_i j - A_i] = \\ &= 2\pi \left(n_i r_{i-1} + c_i \sum_{j=1}^{n_i} j - n_i A_i \right) = 2\pi [n_i r_{i-1} + 0,5 c_i n_i (n_i + 1) - n_i A_i]. \end{aligned} \quad (3)$$

Если же угол $\phi_i = 2\pi n_i + \Delta\phi$, где $2\pi > \Delta\phi > 0$, то дополнительно к длине, вычисленной по формуле (3), добавляется

$$L_i(\phi) = (2\pi n_i + \Delta\phi)r_{i-1} + c_i n_i [\pi(n_i + 1) + \Delta\phi] - (2\pi n_i + \Delta\phi)A_i, \quad (4)$$

а его плотность в соответствии с (1) и с

$$\gamma_i = m\Gamma \frac{(2\pi n_i + \Delta\phi)r_{i-1} + c_i n_i [\pi(n_i + 1) + \Delta\phi] - (2\pi n_i + \Delta\phi)A_i}{10^6 \cdot \pi H [(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2]}. \quad (5)$$

Учитывая, что $2\pi n_i \gg \Delta\phi$ и $\pi(n_i + 1) \gg \Delta\phi$, формулы (4) и (5) можно упростить:

$$L_i = 2\pi n_i [r_{i-1} + 0,5c_i(n_i + 1) - A_i], \quad (6)$$

$$\gamma_i = \frac{2m\Gamma n_i [r_{i-1} + 0,5c_i(n_i + 1) - A_i]}{10^6 \cdot H [(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2]}. \quad (7)$$

Рассматривая совместно (6) и (7), можно заметить, что плотность слоя, равно как и длина нитей, определяются коэффициентом c_i . При одном и том же числе оборотов сновальной паковки n_i в разных слоях с увеличением c_i плотность намотки γ_i падает, а длина нитей L_i растет. На рис. 1 показаны кривые $\gamma_i(c_i)$ и $L_i(c_i)$, отражающие характер указанных зависимостей.

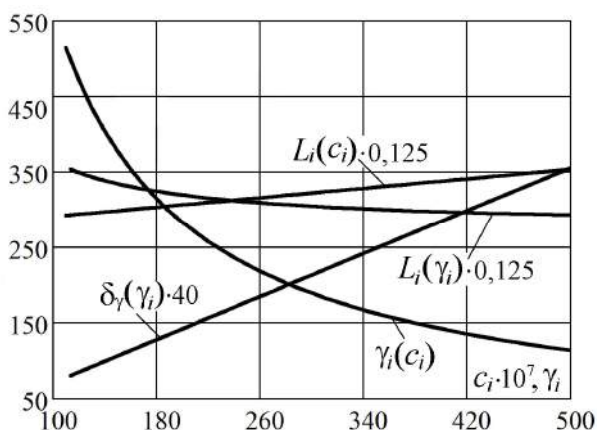


Рис. 1

На возможность формирования партии сновальных паковок не по длине нитей в

$$\Delta\phi(r_{i-1} + c_i n_i - A_i).$$

Таким образом, длина нитей в i -том слое вычисляется по формуле:

учетом (2) и (4):

намотке, а по числу оборотов паковки указывалось в работе [3]. Выполненный анализ показывает, что колебания плотности намотки вызывают изменения длины нитей в намотке, поэтому предложенная в [4] система стабилизации плотности уменьшает количество мягких угаров при разматывании сновальных валов на шлихтовальной машине.

Наглядно указанную зависимость можно представить в виде графика, воспользовавшись параметрическим способом задания кривой с помощью зависимостей (6) и (7). На рис. 1 представлена кривая $L_i(\gamma_i)$ при изменении коэффициента c_i в диапазоне от $1,0 \cdot 10^{-5}$ до $5,0 \cdot 10^{-5}$ м/об.

Полученные выражения позволяют оценить точность поддержания плотности намотки, при которой разнородность нитей на валах не превышает заданного уровня. Обозначим $L_{i\min}$ и $L_{i\max}$ соответственно минимальную и максимальную длину нитей в намотке i -го слоя валов партии, $\mu_L = \frac{(L_{i\max} - L_{i\min}) \cdot 100}{\|L_i\|}$, где $\|L_i\|$ – нормированное значение длины нитей i -го слоя. Разнородность не будет превышать μ_L %, если разница в плотности намотки слоя:

$$\Delta\gamma_i \leq 0,01\mu_L \|L_i\| \left| \frac{d\gamma_i}{dL_i} \right|,$$

где

$$\frac{d\gamma_i}{dL_i} = \frac{d\gamma_i}{dc_i} \frac{dc_i}{dL_i}, \quad \frac{dc_i}{dL_i} = [\pi n_i(n_i + 1)]^{-1}$$

и

$$\frac{d\gamma_i}{dc_i} = \frac{mTn_i(n_i + 1)}{10^6 H \left[(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2 \right]} - \frac{-4mTn_i^2 (r_{i-1} + c_i n_i - A_i) \frac{r_{i-1} + 0,5c_i(n_i + 1) - A_i}{10^6 H \left[(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2 \right]^2}}{10^6 H \left[(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2 \right]^2}. \quad (8)$$

Если принять во внимание $n_i \gg 1$, то

$$\frac{d\gamma_i}{dL_i} = mT \frac{\left[(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2 \right] - 4(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)[r_{i-1} + 0,5c_i n_i - A_i]}{10^6 H \pi \left[(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2 \right]^2}.$$

Отсюда

$$\Delta\gamma_i \leq 0,01\mu_L mT \|L_i\| \frac{\left[(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2 \right] - 4(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)[r_{i-1} + 0,5c_i n_i - A_i]}{10^6 H \pi \left[(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2 \right]^2}. \quad (9)$$

С учетом (7) относительное изменение плотности:

$$\delta_\gamma \leq \mu_L \|L_i\| \frac{\left[(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2 \right] - 4(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)[r_{i-1} + 0,5c_i n_i - A_i]}{2\pi n_i \left[(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2 \right] (r_{i-1} + 0,5c_i n_i - A_i)}. \quad (10)$$

На рис. 1 показана зависимость $\delta_\gamma(\gamma_i)$ для обеспечения разностойности μ_L нитей на валах не превышающей 1%. С ростом плотности допустимые колебания δ_γ для обеспечения заданной разностойности в рассматриваемом случае возрастают с 2 до 10% по линейному закону, то есть для паковок с невысокой плотностью стабилизация на заданном уровне должна обеспечиваться с более высокой точностью.

Из выражения (7) следует, что плотность намотки с ростом угла поворота сновального вала не остается постоянной, при неизменном коэффициенте c_i она падает по гиперболическому закону.

Определим закон изменения коэффици-

циента c_i , обеспечивающий неизменность плотности намотки в слое. Контролируя закономерность изменения этого коэффициента, можно устанавливать границы слоя намотки с неизменными параметрами напряженно-деформированного состояния. Кроме того, численное значение этого коэффициента определяет достигаемую в процессе намотки плотность, что позволит устанавливать необходимые натяжение наматываемых нитей и давление укатывающего вала.

Из (7) можно получить уравнение:

$$d_1 c_i^2 + d_2 c_i + d_3 = 0,$$

где

$$d_1 = 10^6 \cdot \gamma_i H n_i^2;$$

$$d_2 = 2 \cdot 10^6 \cdot \gamma_i H n_i (r_{i-1} - A_i) - mT n_i (n_i + 1);$$

$$d_3 = -2mTn_i (r_{i-1} - A_i) - 2 \cdot 10^6 \cdot \gamma_i H_i A_i + 10^6 \cdot \gamma_i H A_i^2,$$

из которого положительный корень определяет значение коэффициента c_i :

$$c_i = 0,5 \left(-d_2 + \sqrt{d_2^2 - 4d_1 d_3} \right) d_1^{-1}. \quad (11)$$

Для построения зависимости коэффициента нарастания толщины слоя от радиуса намотки воспользуемся формулами (2) и (11), считая r_i и c_i функциями числа оборотов n_i паковки. При принятых ограничениях для обеспечения постоянной плотности намотки хлопчатобумажной пряжи необходимо, чтобы коэффициент нарастания толщины слоя при намотке i -го слоя уменьшался в соответствии с закономерностью, представленной на рис. 2, где показаны зависимости коэффициента c_i от радиуса при плотности намотки 400 и 420 кг/м³ (соответственно кривые 1 и 2). Здесь же приведена кривая 3, полученная при перемещении A_i , в 2 раза превышающем значение этого параметра для кривых 1 и 2 и плотности 420 кг/м³.

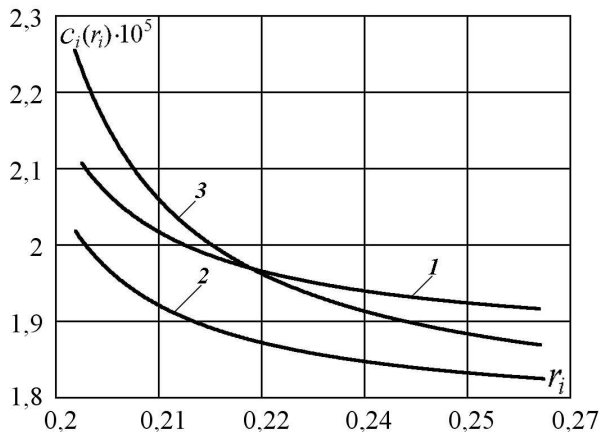


Рис. 2

ВЫВОДЫ

1. Уменьшение разнородности нитей на сновальных валах партии достигается стабилизацией объемной плотности намотки, причем для паковок с небольшой плотностью стабилизация должна обеспечиваться с более высокой точностью.

2. Постоянная объемная плотность намотки достигается при монотонно убывающем характере зависимости коэффициента нарастания толщины слоя от его радиуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев В.А., Вайнер И.И., Ерошкин Ю.В. Расчет паковок рулонного типа на основе кинематических параметров наматывания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, № 1. С. 29...32.
2. Тягунов В.А., Сторц Т.П. Математические модели определения длины пряжи на навое // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1990, № 2.
3. Тягунов В.А. Параметры формирования ткацкого навоя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1987, № 2. С. 52...54.
4. Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К., Маховер В.Л. Новая безотходная технология формирования ткацкого навоя высокого качества // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 3. С. 42...44.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиоэлектроники. Поступила 26.02.13.