

УДК 677.023

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
МОТАЛЬНЫХ ПАКОВОК СОМКНУТОЙ СТРУКТУРЫ**

**CONDITIONS OF FORMATION
OF THE WINDING PACKAGE CLOSED STRUCTURE**

И.Н. ПАНИН, С.Д. НИКОЛАЕВ, О.В. КАЩЕЕВ, Н.А. НИКОЛАЕВА, А.В. ПОЛИКАРПОВ
I.N. PANIN, S.D. NIKOLAEV, O.V. KASCHHEYEV, N.A. NIKOLAEVA, A.V. POLIKARPOV

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)
(Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art)
E-mail: nsd0701@mal.ru

В статье приведены формулы, по которым можно рассчитать параметры наладки различных мотальных машин с различными условиями работы для получения мотальных паковок сомкнутой структуры. Для того, чтобы сформировалась сомкнутая намотка, необходимо обеспечить строго определенный угол сдвига между соседними витками и парой слоев намотки.

The article presents the formulas that can calculate the parameters of adjustment of various winding machines with different working conditions to obtain the winding of the package closed structure. In order to form closed winding, it is necessary to provide a well-defined angle shift between adjacent windings and a pair of winding layers.

Ключевые слова: мотальная паковка, структура, воздухопроницаемость, пористость, полипропилен, сомкнутая намотка.

Keywords: winding package, structure, permeability, porosity, polypropylene, closed winding.

Для того, чтобы сформировалась сомкнутая намотка, необходимо обеспечить строго определенный угол сдвига между витками m -й и $m+p$ -й парой слоев намотки. Величина этого угла в общем случае может быть определена по формуле:

$$\psi_{m,m+p} = 2\pi z \pm \psi_c, \quad (1)$$

где $z = 0, 1, \dots$ – кратность замыкания намотки.

Угол сдвига витков, соответствующий сомкнутой намотке:

$$\psi_c = \frac{d}{R \sin \frac{\beta}{2}} = \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}}, \quad (2)$$

где D – диаметр намотки цилиндрической бобины мотальной паковки.

При наматывании паковок на машинах с раздельным действием механизмов намотки и раскладки нити произведение $D \sin \frac{\beta}{2}$ остается за все время наматывания паковки более или менее постоянным, что обуславливает и постоянство величины угла ψ_c . Действительно:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{v_H}{v_O} = \frac{h_k n_k}{\pi D n_B} \frac{h}{\pi D i_O} \frac{2H}{k \pi D i_O}, \quad (3)$$

$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}} = \frac{2H}{\pi D k i_O \sqrt{1 + \frac{4H}{k^2 D^2 \pi^2 i_O^2}}}. \quad (4)$$

Величина квадратного корня мало отличается от единицы, достигая даже в самом начале наматывания паковки 1,05...1,08. Поэтому:

$$\sin \frac{\beta}{2} \approx \frac{2H}{\pi D k i_O}, \quad (5)$$

где H – высота намотки паковки.

Тогда:

$$\psi_c \frac{2d}{D \sin \frac{\beta}{2}} = \frac{2d \pi D k i_O}{D 2H} = \frac{d \pi k i_O}{H}. \quad (6)$$

Поскольку на прецизионных машинах $i_O = \text{const}$, то и $\psi_c = \text{const}$.

На машинах с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити передаточное отношение от веретена к нитеводителю (мотальному барабанчику) является переменной величиной:

$$i_O = \frac{d_B}{D_K}, \quad (7)$$

где d_B – диаметр мотального барабанчика; D_K – контактный радиус намотки паковки.

$$\psi_c = \frac{d \pi k d_B}{H D_K} \neq \text{const}. \quad (8)$$

В то же время угол сдвига между витками m -й и $m+p$ -й парой слоев намотки:

$$\psi_{m, m+p} = 2\pi p(k i_O - n_1). \quad (9)$$

Тогда условие получения сомкнутой намотки на паковке может быть выражено равенством:

$$2\pi p(k \frac{d_B}{D_K} - n_1) = 2\pi z \pm \psi_c. \quad (10)$$

Для машин с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити:

$$2\pi p(k \frac{d_B}{D_K} - n_1) = 2\pi z \pm \frac{d \pi k d_B}{H D_K}. \quad (11)$$

Решая это уравнение относительно произведения $k d_B$, которое назовем характеристикой барабанчика, получаем:

$$k d_B = \frac{(z + p n_1) D_K}{p \pm \frac{d}{2H}}. \quad (12)$$

Для получения на паковке, формируемой на машине с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити, сомкнутой структуры необходимо, чтобы характеристика барабанчика возрастала пропорционально контактному диаметру намотки. Последнее требование практически невозможно выполнить, и вследствие этого паковки сомкнутой структуры в настоящее время формируют лишь на машинах с раздельным действием механизмов намотки и раскладки нити (на прецизионных мотальных машинах).

На рис. 1 приведена кинематическая схема мотальной головки машины Бандо-

мат фирмы Georg SANM (Германия), формирующей цилиндрические мотальные пакетки.

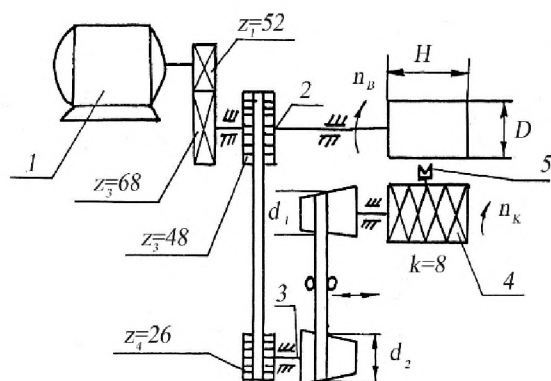


Рис. 1

Для получения требуемого угла сдвига витков $\psi_{m,m+p}$, определяемого формулой (9), необходимо подобрать соответствующую величину передаточного отношения i_0 (7). Для этого на мотальной машине Бандо-мат в кинематическую цепь между веретеном и кулачком нитеводителя включен ва-

риатор с очень малым диапазоном изменения передаточного отношения i ($0,995 \leq i \leq 1,005$).

Вращательное движение через зубчатые колеса z_1, z_2 передается веретену 2, а через зубчато-ременную передачу z_3, z_4 вал 3 и вариатор – кулачку нитеводителя 4. Общее передаточное отношение от веретена к кулачку нитеводителя:

$$i_0 = \frac{n_B}{n_K} = \frac{d_1 z_4}{d_2 z_3} = i \frac{z_4}{z_3} = i \frac{26}{48} = i \frac{13}{24}. \quad (13)$$

При $i = 1$ на мотальной пакетке формируется трехзамкнутая намотка, так как $i_{03} = 13/24$, а

$$\psi_{m,m+p} = 2\pi r \left(8 \frac{13}{24} - n_1 \right) = \frac{2\pi r}{3}. \quad (14)$$

Несмотря на малый диапазон изменения передаточного отношения i на машине, возможно, создать довольно значительный угол сдвига витков.

Действительно, при $i = 0,995$

$$\psi_{m,m+p} = 360 \cdot 3 \left(8 \frac{13}{24} \cdot 0,995 - 4 \right) = 336,6^\circ; (-23,4^\circ); \quad (15)$$

при $i = 1,005$

$$\psi_{m,m+p} = 360 \cdot 3 \left(8 \frac{13}{24} \cdot 1,005 - 4 \right) = 383,4^\circ; (+23,4^\circ). \quad (16)$$

Достоинством таких мотальных машин является то, что на них можно получать сомкнутую намотку при любом диаметре перематываемой пряжи.

Однако в каждом случае требуется соответствующая настройка вариатора, которая осуществляется органолептически.

Для усовершенствования процесса наматывания пакеток сомкнутой структуры желательно знать величину необходимого передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя, так как в этом случае вместо вариаторов возможно использование сменных шестерен.

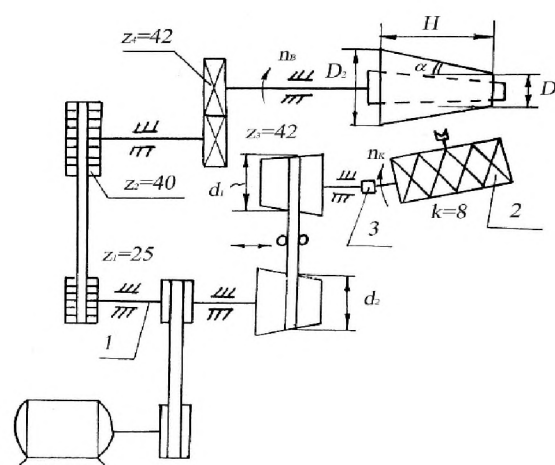


Рис. 2

На рис.2 представлена кинематическая схема мотальной головки машины Макромат фирмы Georg SAHM (Германия), служащая для формирования конических паковок. В этом случае передача вращения от конического вариатора к кулачку нитеводителя осуществляется через зубчатую муфту 3.

Вполне очевидно, что для получения на конической паковке сомкнутой намотки должны быть равны между собой необходимые углы сдвига витков ψ_{01} и ψ_{02} на ма-

но

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{v_H}{v_{01}} = \frac{h_K n_K}{\pi D_1 n_B} \text{ и } \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{v_{H2}}{v_{02}} = \frac{h_K n_K}{\pi D_2 n_B}, \quad (19)$$

поэтому:

$$D_1 \sin \frac{\beta_1}{2} \approx D_1 \frac{h_K n_K}{\pi D_1 n_B} = \frac{h_K}{\pi i_0} \text{ и } D_2 \sin \frac{\beta_2}{2} \approx \frac{h_K}{\pi i_0}. \quad (20)$$

Таким образом, равенство (17) в этом случае выполняется, и на паковке может быть сформирована сомкнутая намотка. При больших углах β :

$$\sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2}} = \frac{h_K}{D_1 \pi i_0 \sqrt{1 + \frac{h_K^2}{D_1^2 \pi^2 i_0^2}}}, \quad (21)$$

$$\sin \frac{\beta_2}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\beta_2}{2}}} = \frac{h_K}{D_2 \pi i_0 \sqrt{1 + \frac{h_K^2}{D_2^2 \pi^2 i_0^2}}}. \quad (22)$$

Тогда:

$$D_1 \sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{h_K}{\pi i_0 \sqrt{1 + \frac{h_K^2}{\pi^2 D_1^2 i_0^2}}}, \quad (23)$$

$$D_2 \sin \frac{\beta_2}{2} = \frac{h_K}{\pi i_0 \sqrt{1 + \frac{h_K^2}{\pi^2 D_2^2 i_0^2}}}. \quad (24)$$

Поскольку $D_1 < D_2$, то $D_1 \sin \frac{\beta_1}{2} < D_2 \sin \frac{\beta_2}{2}$;

$\psi_{C1} > \psi_{C2}$.

лом и большом торцах паковки. Последнее согласно формуле (2) может быть обеспечено лишь при выполнении равенства:

$$D_1 \sin \frac{\beta_1}{2} = D_2 \sin \frac{\beta_2}{2}. \quad (17)$$

При малых углах β_1 имеем:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} \approx \sin \frac{\beta_1}{2} \text{ и } \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} \approx \sin \frac{\beta_2}{2}, \quad (18)$$

При проектировании мотального механизма необходимо принять $\psi_{m,m+p} = 2\pi \pm \psi_{C1}$. При этом на большом торце паковки будет наблюдаться не совсем полная сомкнутость намотки (между витками возникнут некоторые промежутки). Поскольку радикалы мало отличаются от единицы, $\psi_{C1} \approx \psi_{C2}$ и указанные промежутки весьма незначительны.

Витки на развертке конической паковки располагаются не по прямой линии, а по архимедовой спирали даже при равномерном движении нитеводителя вдоль образующей паковки. Действительно, шаг канавки пазового кулачка:

$$h_K = \frac{2H}{k \cos \alpha}, \quad (25)$$

где H – высота бобины; α – угол конусности паковки.

Скорость нитеводителя:

$$v_H = h_K n_K = \frac{h_K \omega_K}{2\pi}, \quad (26)$$

где n_K – частота вращения кулачка нитеводителя; ω_K – угловая скорость вращения кулачка нитеводителя.

Перемещение нитеводителя:

$$S = \int_0^t v_H dt = \int_0^t \frac{h_K}{2\pi} \omega_K dt = \frac{h}{2\pi} \varphi_K, \quad (27)$$

но

$$i_O = \frac{\omega_B}{\omega_K} = \frac{\varphi}{\varphi_K}, \quad (28)$$

где φ – угол поворота веретена.

$$\varphi_K = \frac{\varphi}{i_O}. \quad (29)$$

Тогда

$$S = \frac{h_K \varphi}{2\pi i_O} = a\varphi, \quad (30)$$

где
$$a = \frac{h_K}{2\pi i_O}; \quad (31)$$

для машины Макромат:

$$a = \frac{z_2 z_4 \eta h_K}{2\pi z_1 z_3}, \quad (32)$$

где η – коэффициент скольжения ремня по коноидам вариатора; i – передаточное отношение коноидного вариатора.

Шаг витка намотки:

$$h = \frac{h_K}{i_O} = 2\pi a. \quad (33)$$

Вполне очевидно, что в течение одного шага намотки:

$$2\pi\xi \leq \varphi \leq \theta_p(1 + \xi), \quad (34)$$

где $\xi = 0; 1; 2; \dots; m$; $\theta = 2\pi \sin \alpha$ – угол развертки конуса намотки.

ВЫВОДЫ

1. Для того, чтобы сформировалась сомкнутая намотка, необходимо обеспечить строго определенный угол сдвига между соседними витками и парой слоев намотки.

2. При наматывании паковок на машинах с раздельным действием механизмов намотки и раскладки нити производство $D \sin \frac{\beta}{2}$ остается за все время наматывания паковки более или менее постоянным, что

обуславливает и постоянство величины угла ψ_C . На машинах с совместным действием механизмов намотки и раскладки нити передаточное отношение от веретена к нитеводителю (мотальному барабанчику) является переменной величиной. Это обуславливает различный подход к формированию паковок сомкнутых намоток.

3. Предложены формулы, которые позволяют рассчитать параметры заправки различных мотальных машин для получения сомкнутых структур намотки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панин И.Н., Лапшенкова В.С., Морозов С.И., Николаев С.Д., Разумеев К.Э., Снежков С.В., Сумарукова Р.И., Цимбалюк Е.П. Текстильные фильтры на БПЗК специальных мотальных паковок. – М.: МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2009.

2. Николаев С.Д., Зайцев В.П., Панин И.Н. О тонкости очистки филтраты в производительности трубчатых текстильных фильтров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №5. С.94...96.

3. Панин И.Н. Разработка и исследование структур текстильных паковок специального назначения: Дис. ... докт. техн. наук. – М.: МТИ им.А.Н.Косыгина, 1996.

4. Панин А.И. Экспериментально-теоретическое исследование формирования мотальных паковок для создания и внедрения перспективных текстильных материалов: Дис....докт. техн. наук. – М.: МГУДТ, 2016.

REFERENCES

1. Panin I.N., Lapshenkova V.S., Morozov S.I., Nikolaev S.D., Razumeev K.Je., Snezhkov S.V., Sumarukova R.I., Cimbalyuk E.P. Tekstil'nye fil'try na BPZK special'nyh motal'nyh pakovok. – M.: MG TU im.A.N.Kosygina, 2009.

2. Nikolaev S.D., Zajcev V.P., Panin I.N. O tonkosti ochistki fil'trata v proizvoditel'nosti trubchatykh tekstil'nykh fil'trov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2005, №5. S.94...96.

3. Panin I.N. Razrabotka i issledovanie struktur tekstil'nykh pakovok special'nogo naznachenija: Dis. ... dokt. tehn. nauk. – M.: M TI im.A.N.Kosygina, 1996.

4. Panin A.I. Jeksperimental'no-teoreticheskoe issledovanie formirovanija motal'nykh pakovok dlja sozdaniya i vnedrenija perspektivnykh tekstil'nykh materialov: Dis....dokt. tehn. nauk. – M.: MGUDT, 2016.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 06.02.17.