

ТЕХНОЛОГИИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

DOI 10.34216/2587-6147-2020-3-49-12-15

УДК 677.023

Рудовский Павел Николаевич

доктор технических наук, профессор

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

pavel_rudovsky@mail.ru

Смирнова Светлана Геннадьевна

кандидат технических наук, доцент

Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

sw_smirnova@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ ПАКОВОК МОТАЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ С ПЕРИОДИЧЕСКИМ ПОДТОРМАЖИВАНИЕМ МОТАЛЬНОГО ВАЛА

Для формирования качественной паковки крестовой намотки на машинах, оснащенных мотальными механизмами с фрикционным приводом паковки, необходимо в их состав включать специальные устройства, обеспечивающие изменение скорости нитеводителя или бобины по периодическому закону с длительностью цикла не менее шести периодов движения нитеводителя. Изменение скорости бобины можно обеспечить за счет ее пробуксовывания на контролируемую величину. Величина пробуксовывания определяется соответствующим выбором ускорения (замедления) мотального вала и усилия прижима бобины к мотальному валу. Получена математическая модель, описывающая изменение разности перемещений точек на поверхности бобины и мотального вала при ускорении мотального вала. Показано, что таким способом можно эффективно устранять дефекты структуры намотки в виде жгутов и ленты.

Ключевые слова: намотка, структура намотки, дефекты структуры, жгутовая намотка, рассеивание жгутовой намотки, периодическое изменение усилия прижима, мотальный механизм.

Мотальные механизмы с фрикционным приводом паковок имеют существенный недостаток, связанный с тем, что в них по мере роста диаметра наматывания непрерывно изменяется передаточное отношение между мотальным валом и бобиной. А поскольку мотальный вал и нитеводитель связаны обычно жесткой кинематической связью, то соответственно изменяется передаточное отношение между бобиной и нитеводителем. В исследованиях [1, 2] показано, что в тех случаях, когда это отношение выражается дробью со знаменателем менее 6, в намотке формируются дефекты в виде витков, укладываемых последовательно на одно и то же место. Такая так называемая жгутовая намотка имеет не только большую плотность, но и, как показано ранее [3], сопровождается выходами витков нити за торец, что ухудшает условия

сматывания нити на последующих технологических переходах.

Обычно при проектировании мотального механизма усилие прижима бобины к мотальному валу выбирается так, чтобы исключить пробуксовку паковки по мотальному валу. В результате в отсутствие специальных средств для рассеивания витков по поверхности намотки формируется жгутовая намотка.

Если выбрать усилие прижима бобины к мотальному валу таким образом, чтобы пробуксовывание исключалось только в период установившегося движения бобины, то, обеспечивая периодическое «торможение – пуск» мотального вала, можно добиться контролируемой пробуксовки паковки по мотальному валу. При этом будет соответствующим образом изменяться угол подъема витка намотки, за счет чего можно добиться эффекта рассеивания дефектов структуры намотки, таких как жгутовая и ленточная намотка.

Рассмотрим движение бобины по мотальному валу в период «торможения – пуска» последнего.

На паковку (рис. 1) действуют следующие силы:

Q – усилие прижима к мотальному валу;

N – реакция силы прижима паковки к мотальному валу;

F – сила трения в контакте бобины с мотальным валом.

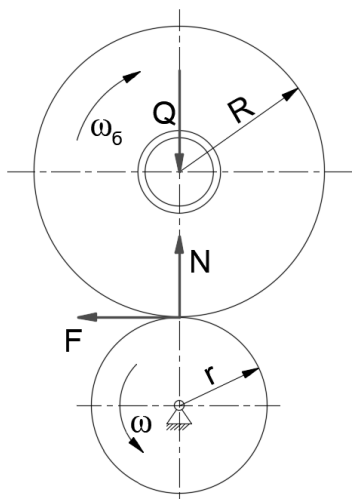


Рис. 1. К анализу движения бобины при торможении мотального вала

Линейные скорости мотального вала в периоды торможения и пуска будем считать определенными эмпирически:

– при торможении

$$v_{MB1} = a_1 t^2 + b_1 t + c_1; \quad (1)$$

– при пуске

$$v_{MB2} = a_2 t^2 + b_2 t + c_2, \quad (2)$$

где t – время торможения или пуска мотального вала;

a_1, b_1, c_1 и a_2, b_2, c_2 – эмпирические коэффициенты.

В случае если момент силы трения F , приложенный к оси бобины, больше момента инерционных сил, действующих на бобину, то пробуксовывания не происходит. Это условие можно записать в виде

$$FR > J_0 \varepsilon, \quad (3)$$

где J_0 – момент инерции массы бобины;

R – радиус бобины;

ε – угловое ускорение бобины.

Линейные скорости бобины и мотального вала отличаются только на величину упругого скольжения. Окружную скорость бобины в этом случае можно рассчитать по формуле

$$\omega_b = \frac{v_{MB}}{r} i \eta, \quad (4)$$

где v_{MB} – линейная скорость мотального вала;

i – передаточное между бобиной и мотальным валом;

η – коэффициент проскальзывания бобины по мотальному валу;

r – радиус мотального вала.

Если $|J_0 \varepsilon| > FR$, то происходит пробуксовывание бобины по мотальному валу, при этом поверхность бобины отстает от поверхности мотального вала либо опережает ее, в зависимости от знака ускорения (торможение или пуск). Поскольку мотальный вал связан жесткой кинематической связью с нитеводителем, происходит нарушение закона раскладки, которое сводится, в конечном итоге, к уменьшению или увеличению расстояния между точками разворота витков на фиксированную величину, определяемую при прочих равных условиях величиной ускорения и момента инерции массы бобины. Для удобства будем вести расчет в линейных скоростях бобины и мотального вала, что позволит их сравнивать.

Уравнение движения бобины при пробуксовке

$$FR > J_0 \varepsilon_{пр}, \quad (5)$$

где $\varepsilon_{пр}$ – угловое ускорение бобины при пробуксовке.

Следует отметить, что движение в соответствии с этим законом будет продолжаться до тех пор, пока линейные скорости бобины и мотального вала не сравняются.

В этом случае ускорение мотального вала изменяется линейно (прямая 1 на рис. 2а). В начальный период пуска при $|J_0 \varepsilon| > FR$ начинается пробуксовывание бобины. При этом она движется равноускорено (прямая 2 на рис. 2а) с угловым ускорением

$$\varepsilon_{пр} = \frac{FR}{J_0}. \quad (6)$$

Зависимостью сил трения от скорости взаимного скольжения бобины и мотального вала пренебрегаем.

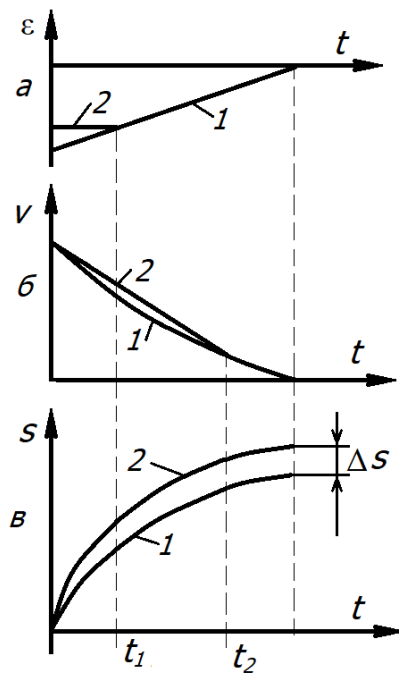


Рис. 2. Изменение ускорения, скорости и перемещения бобины при торможении мотального вала

Гипотетическое ускорение (при условии отсутствия пробуксовывания), сообщаемое бобине со стороны мотального вала, снижается, и в момент времени t_1 оба ускорения (гипотетическое и фактическое) приобретают одно значение. Однако при этом пробуксовывание не прекращается, поскольку линейные скорости мотального вала (кривая 1 рис. 2б) и бобины (кривая 2) не совпадают. Фактическая линейная скорость бобины составит

$$v_6 = \frac{FR^2}{J_0} t_2. \quad (7)$$

Пробуксовывание прекратится только в момент времени t_2 , когда эти скорости совпадут. То есть

$$a_2 t_2^2 + b_2 t_2 + c_2 = \frac{FR^2}{J_0} t_2, \quad (8)$$

откуда можно определить значение времени t_2 .

$$t_2 = \frac{\left(b_2 - \frac{FR^2}{J_0} \right) - \sqrt{\left(b_2 - \frac{FR^2}{J_0} \right)^2 - 4a_2 c_2}}{2a_2}. \quad (9)$$

В момент времени t_2 пробуксовывание прекращается, и бобина движется в соответствии с законом движения мотального вала. Однако за время пробуксовывания путь, пройденный наружной поверхностью бобины, будет меньше пути, пройденного наружной поверхностью мотального вала, на величину ΔS , что хорошо видно на графике пути (рис. 2в). Величину ΔS можно определить как разницу путей, пройденных за время t_2 наружными поверхностями бобины и мотального вала:

$$\Delta S = \frac{a}{3} t_2^3 + \frac{b}{2} t_2^2 + c t_2 - \frac{FR^2}{J_0} t_2^2. \quad (10)$$

Величина ΔS представляет собой смещение точки разворота витка по наружной поверхности тела намотки. Этой величиной можно оценить эффективность работы рассеивающего механизма. Она зависит от изменения момента инерции бобины с ростом диаметра наматывания, а также от изменения усилия прижима бобины к мотальному валу, который тоже не остается постоянным. Для оценки структуры намотки можно использовать известные расчетные методики [4–6]. Методика [7] позволяет строить диаграммы, характеризующие структуру намотки по всей толщине бобины.

Результаты расчета структуры намотки по методике [6] для одного из режимов подтормаживания мотального вала приведены на рис. 3.

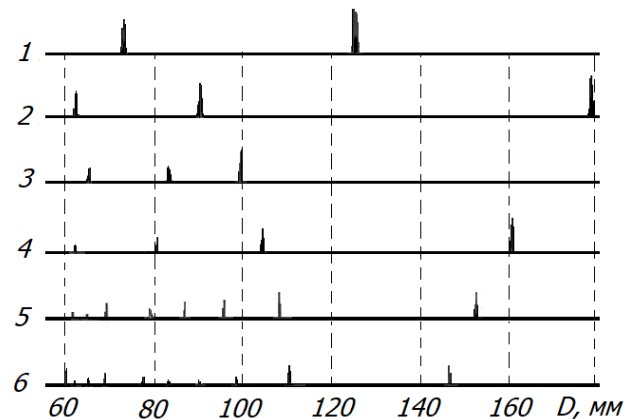


Рис. 3. Диаграмма структуры намотки, формируемой при периодическом торможении мотального вала

Расчеты проведены для следующих режимов работы механизма, определенных экспериментально на стенде мотального механизма:

- коэффициенты кривой торможения $a = -0,003$; $b = -1,02$; $c = 1,2$;
- сила прижима бобины к мотальному валу $Q = 30$ Н;

- цикл работы механизма $T_{ц} = 10$ периодов движения нитеводителя.

Эффективность оценивается по величине «столбиков» на диаграмме, показывающих количество совпадающих витков (см. рис. 3). Цифрами справа обозначено число ходов нитеводителя, через которое наблюдалось наложение витков. По оси ординат на диаграмме отложен диаметр наматывания.

Как видно из приведенной диаграммы, механизм периодического подтормаживания мотального вала в указанном режиме достаточно эффективен для рассеивания жгутовой намотки. При этом, однако, не обеспечивается постоянство скорости намотки, необходимое на машинах

прядельного производства, но на мотальных машинах он может с успехом применяться.

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ движения системы бобина – мотальный вал в нестационарном режиме.

2. Установлено, что при соответствующем выборе параметров торможения можно добиться контролируемого проскальзывания бобины по мотальному валу.

3. Показано, что периодическое подтормаживание бобины позволяет эффективно устранять дефекты в виде жгутовой намотки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудовский П. Н. Анализ структуры намотки при фрикционном наматывании // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995. – № 4(226). – С. 56–59.
2. Рудовский П. Н. Теоретические основы формирования технологической оценки паковок при фрикционном наматывании : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Кострома, 1996. – 32 с.
3. Рудовский П. Н. Влияние взаимодействия витков на процесс раскладки // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995. – № 5(227). – С. 43–47.
4. Рудовский П. Н., Киприна Л. Ю., Нуриев М. Н. Методика количественной оценки параметров структуры намотки // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2005. – № 11. – С. 27–30.
5. Денисов А. Р., Киприна Л. Ю., Рудовский П. Н. Применение методов кластерного анализа для контроля качества паковок крестовой намотки // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006. – № 4С(291). – С. 111–113.
6. Палочкин С. В., Рудовский П. Н., Нуриев М. Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М., 2006. – 240 с.
7. Киприна Л. Ю., Рудовский П. Н. Оценка качества структуры текстильных паковок с использованием современных информационных технологий. – Кострома, 2011. – 211 с.

REFERENCES

1. Rudovskij P. N. Analiz struktury namotki pri frikcionnom namatyvanii // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 1995. – № 4(226). – S. 56–59.
2. Rudovskij P. N. Teoreticheskie osnovy formirovaniya tekhnologicheskoy ocenki pakovok pri frikcionnom namatyvanii : avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. – Kostroma, 1996. – 32 s.
3. Rudovskij P. N. Vliyanie vzaimodejstviya vitkov na process raskladki // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 1995. – № 5(227). – S. 43–47.
4. Rudovskij P. N., Kiprina L. Yu., Nuriev M. N. Metodika kolichestvennoj ocenki parametrov struktury namotki // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2005. – № 11. – S. 27–30.
5. Denisov A. R., Kiprina L. Yu., Rudovskij P. N. Primenenie metodov klaster'nogo analiza dlya kontrolya kachestva pakovok krestovoj namotki // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2006. – № 4S(291). – S. 111–113.
6. Palochkin S. V., Rudovskij P. N., Nuriev M. N. Metody i sredstva kontrolya osnovnyh parametrov tekstil'nyh pakovok. – M., 2006. – 240 s.
7. Kiprina L. Yu., Rudovskij P. N. Ocenka kachestva struktury tekstil'nyh pakovok s ispol'zovaniem sovremennyh informacionnyh tekhnologij. – Kostroma, 2011. – 211 s.