

УДК 677.057.122

## ВЛИЯНИЕ НЕРОВНОСТЕЙ МАТЕРИАЛА НА РАБОТУ ВАЛКОВЫХ МОДУЛЕЙ

Г.К. КУЗНЕЦОВ, Ю.Г. ФОМИН

(Костромской государственный технологический университет,  
Ивановская государственная текстильная академия)

В последнее время в исследованиях и соответствующих публикациях обращается внимание на аномалии (отклонения от равномерной толщины) материалов, проводимых через валковые модули машин текстильной и легкой промышленности [1...3]. Это связано с тем, что неровности транспортируемого материала вызывают вибрации в функциональном валковом механизме, повреждают рабочие органы (покрытия валков, рамы остова), снижают качество продукта, приводят к нарушению технологического режима.

К числу случаев проявления возможных аномалий материалов можно отнести: пропуск шва в отделочных машинах (с распрессовкой и без распрессовки); транспортировку неудачно сформированного жгута ткани; складки на тканых изделиях; пропуск штучных изделий, располагающихся на ленте (гобелены, коврики, коззаготовки); жестких нехарактерных включений, попадающих в обрабатываемый материал.

Особенно серьезное влияние этих аномалий проявляется при скоростной проводке материала и повышенных нагрузках. К сожалению, не всегда изучение этого явления начинают с рассмотрения четкой картины механических взаимодействий в валковом механизме. Именно эта картина должна дать направление в методике исследований, а в дальнейшем и в устранении негативных последствий этого явления.

Рассматривать задачу прохождения не-

ровностей (порога, утолщения) через жало валковой пары как плоскую можно лишь в том случае, если контур утолщения прямолинеен и линия контура параллельна оси валков в паре. При рассмотрении плоской картины необходимо знать характер привода каждого валка (жесткий привод, движение за счет сил трения) по аналогии с процессом изучения условий захвата полосы валками [4...7]. Следует учитывать, что один из валков пары может иметь подвижную ось (чаще всего неприводной).

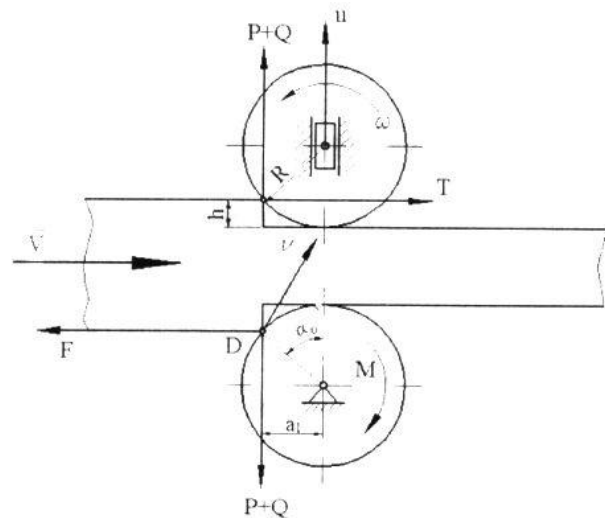


Рис. 1

Для первого приближения рассмотрим картину движения в валках, не имеющих эластичного покрытия, жесткой полосы с симметричным утолщением в виде порога (рис.1). При этом предполагаем, что размеры утолщения соответствуют условиям

захвата его при входе в жало [8] и полоса будет продолжать движение в заданном направлении. Если полоса движется за счет взаимодействия с валками, то при прохождении утолщения ее скорость изменится. Она будет равна проекции окружной скорости контактной точки на поверхность валка на направление движения (рис. 1):

$$V = v \cos \alpha. \quad (1)$$

Приняв, что соблюдаются условия захвата утолщения [8], получим

$$f > \operatorname{tg} \alpha \text{ при } f > \sqrt{2Rh - h^2} / (R-h), \quad (2)$$

где  $f$  – коэффициент трения валка и полосы.

Полагая возможным пренебречь величиной  $h^2$  под корнем и  $h$  в знаменателе, получим геометрическое условие прохождения (захвата) утолщения:

$$h/R < f^2/2. \quad (3)$$

При ориентировочной величине коэффициента трения валков с чистотой поверхности 1,25 о материал  $f_{\max} = 0,2$  [6] угол захвата достаточно мал ( $\cos \alpha > 0,98$ ) и изменение скорости материала при прохождении утолщения несущественно (в пределах 2%). С учетом деформируемости валка и материала все вышесказанное тем более обоснованно. Если полоса приводится в движение от источника, не связанного с парой валков, то скорость ее тем более не изменится.

В случае наличия подвижной оси одного из валков пары при проходе через жало любых утолщений изменяется межосевое расстояние в паре, центр масс подвижного валка меняет свое положение и возникают инерционные силы, которые могут вызвать все перечисленные ранее негативные явления.

Для определения возникающей силы инерции необходимо найти величину ускорения центра масс подвижного валка. При рассмотрении плоской картины можно использовать теорему о проекциях ско-

ростей двух точек тела на линию их соединяющую (рис. 1):

$$V \sin \alpha = u \cos \alpha. \quad (4)$$

При прохождении утолщения  $\alpha \neq \text{const}$  (изменяется в пределах от  $\alpha_0$  до 0). Тогда

$$u = V \operatorname{tg} \alpha \quad (V = \text{const}). \quad (5)$$

Если утолщение симметрично относительно направления движения, то скорость центра масс следует удвоить. Для того, чтобы определить ускорение, продифференцируем правую и левую часть равенства (5) по времени:

$$a = du/dt = V d(\operatorname{tg} \alpha)/dt = V/\cos^2 \alpha. \quad (6)$$

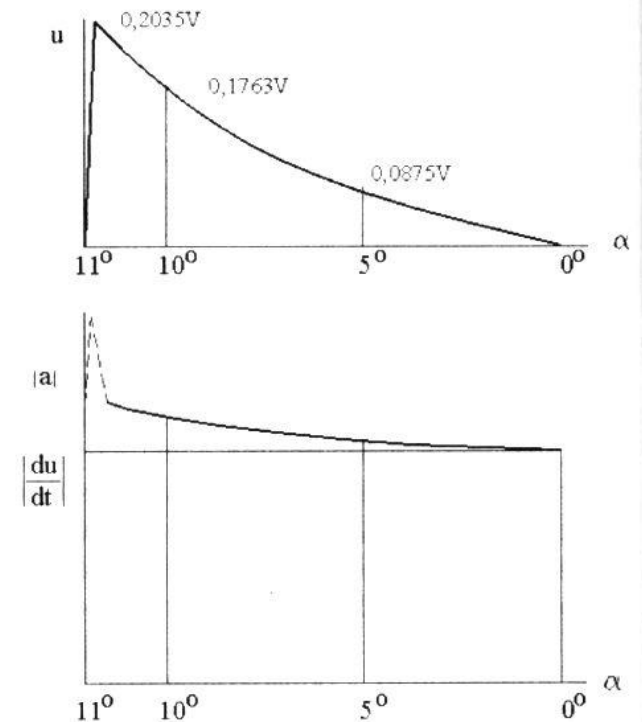


Рис. 2

На рис. 2 представлены графики изменения скорости и ускорения центра масс валка при прохождении порога неровности размерами в соответствии с расчетами ( $f \approx 0,2$ ,  $\cos \alpha = 0,98$ ). Естественно, в начале и конце графика ускорений функция разрывна (штриховой пик на рис. 2). Действительная пиковая величина ускорения зависит от деформативных свойств валка и

прокатываемого материала.

Если утолщение будет не в виде порога, а с постепенным возрастанием толщины материала [3], то существо явления не изменится. Величина ускорения будет зависеть от скорости проводки ткани, форм и размеров утолщения, огибающие которых (по данным экспериментальных исследований) [3] могут быть представлены в виде показательной, степенной или логарифмической функций (лицевая и изнаночная сторона швов, складки), а также иметь форму параболы или синусоиды (куски аппрета и др.).

Импульсная нагрузка на валы модулей при пропуске неровностей:

$$F_q = m_b \ddot{y}, \quad (7)$$

где  $m_b$  – масса подвижного вала;  $y$  – ордината огибающей неровности материала.

В случае плавного изменения размеров утолщения начальный пик ускорения будет смягчен. При кривизне профиля утолщения меньшей, чем кривизна поверхности вала, пика вообще не должно быть.

Имея в виду большие скорости проводки, все эти явления можно рассматривать как импульсные возрастания величин (ускорения, нагрузки) и использовать для анализа дельта-функцию Дирака.

Неровности полосы при проводке в паре валков вызывают резкое возрастание приводного момента. При прокатке равномерной полосы приводной момент преодолевает сопротивление движению полосы и трения качения (пренебрегая трением в цапфах):

$$M_0 = FR + Pk. \quad (8)$$

Здесь  $F$  – сопротивление движению полосы;  $P$  – нагрузка в паре;  $k$  – коэффициент трения качения.

При входе порога утолщения в жало пары валков нагрузка переносится в точку Д (рис. 1), а приводной момент преодолевает сопротивление движению полосы и нагрузку, возросшую вследствие перемещения масс подвижного вала:

$$M = FR + (P+Q)a_1. \quad (9)$$

Здесь  $Q$  – инерционная нагрузка;  $a_1$  – плечо смещенной нагрузки.

Приращение (пик) приводного момента равно:

$$\Delta M = M - M_0 = (P+Q)a_1 - Pk. \quad (10)$$

Считая, что  $a_1 \gg k$  и имеет место перераспределение нагрузки, получим

$$\Delta M = (P+Q)a_1. \quad (11)$$

Приращение момента от этой величины при проходе утолщения в соответствии с изменением плеча  $a_1$  падает до нуля (рис. 3). Резкое возрастание момента может вызвать крутильные колебания приводного вала пары.

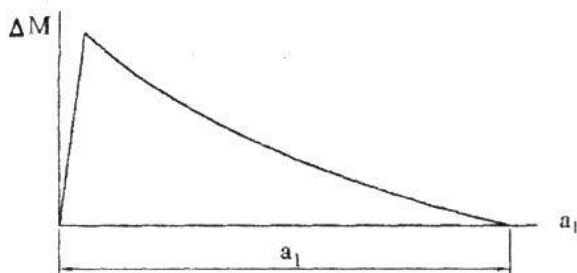


Рис. 3

Неприводной валок (независимо от того, является ведущим смежный валок или сам прокатываемый материал) также испытывает пиковую моментную нагрузку. До воздействия порога неровностей момент, приводящий его в движение, будет  $M_a = Pk$ . Момент от действия со стороны полосы на вал  $M_0 = TR$  преодолевает сопротивление качению.

При контакте с порогом неровности (рис. 1):

$$M = Pk + (P+Q)a_1. \quad (12)$$

Пик момента

$$\Delta M = M - M_a = (P+Q)a_1. \quad (13)$$

И в этом случае пиковое возрастание момента может вызвать крутильные коле-

бания.

Если линия утолщения не параллельна оси валков, имеет криволинейную форму (например отжим кождаготовок) или утолщение "точечное", то ось подвижного валка получит угловое перемещение в плоскости, перпендикулярной направлению движения (рис. 4).

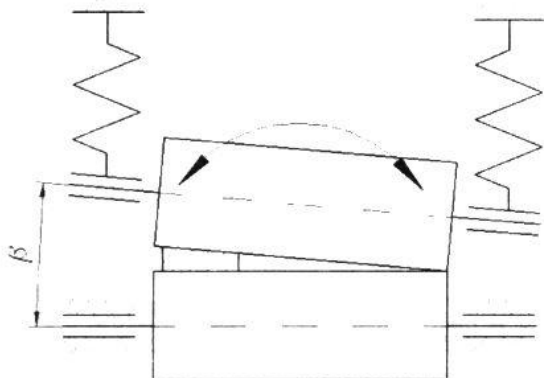


Рис. 4

При этом импульс в направлении, перпендикулярном оси валков, значительно смягчается. Хотя величина угла  $\beta$  поворота оси валка в этом случае незначительна, это возмущение также может вызвать колебания валка [1]. Возможно также возникновение контактов, близких к точечным, и соответственно местных нагрузок значительной величины.

Неравномерное распределение нагрузки вдоль оси валка может привести к возмущениям в плоскости движения материала.

## ВЫВОДЫ

1. Пропуск неровностей материала через валковые модули сопровождается импульсным возрастанием параметров ускорения, нагрузки и приводного момента, а также крутильными колебаниями валов.

2. Приращение (пик) указанных параметров зависит от деформативных свойств валка и прокатываемого материала, скорости его проводки, форм и размеров утолщения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №2. С.106...108.
2. Разработка научных основ систем машин для механической обработки листовых волокнистых материалов / Заключительный отчет НИР института механики и СС АН Руз. – Ташкент, 1994-96.
3. Фомин Ю.Г. Основы теории, конструкция и расчет валковых машин. – Ч. 2. – Иваново, 1999.
4. Кузнецов Г.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1964, №2. С.40...43.
5. Кузнецов Г.К., Синюшева Т.Х., Трезуб Л.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1973, №1. С.43...45.
6. Фомин Ю.Г. и др. Основы теории, конструкция и расчет валковых машин. – Ч. 1. – Иваново, 1999.
7. Грудев А.П. Теория практики. – М.: Металлургия, 1988.
8. Городисский Л.Г., Кузнецов Г.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №3. С.79...81.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования ИГТА. Поступила 16.12.03.