



An attempt to study the influence of tensile load on creation of torque forces in steel wire cord at its production and processing into rubber-cord blade is made in this article.

В. А. МАТОЧКИН, А. В. ВЕДЕНЕЕВ, Е. Л. ЛИПСКИЙ,
О. А. РЯБЦЕВ, В. С. ПАНИЗОВИЧ, РУП «БМЗ»

УДК 669

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ВЕЛИЧИНУ ПОДЪЕМА КРОМОК ОБРЕЗИНЕННОГО МЕТАЛЛОКОРДОВОГО ПОЛОТНА

Автомобильная шина, армированная металлокордом, представляет собой сложное изделие, работоспособность которого в значительной мере определяется напряженно-деформированным состоянием металлокорда и его элементов. Механические характеристики шины во многом зависят от качества получаемого резинокордового полотна.

Техническое перевооружение, проводимое на шинных заводах, приводит к широкому использованию линий автоматической порезки и стыковки резинокордового полотна. Для бесперебойной работы линий требуется, чтобы подъем кромки полотна не превышал 10–15 мм. И эта величина подъема кромок обрешиненного металлокордового полотна является одной из важнейших характеристик, определяющих производительность линий. Форма отрезка полотна при наличии подъема кромок может быть двух видов (рис. 1).

Одной из причин, вызывающей закручивание резинокордового полотна, является присутствие в металлокорде упругих крутильных остаточных напряжений.

Как известно, величина подъема диагональных краев зависит от средней величины его остаточных кручений в партии. Определенную роль также играет размах значений остаточных кручений, поэтому в спецификациях на металлокорд его обычно ограничивают.

Остаточное кручение металлокорда может изменяться как в процессе изготовления, хранения, так и при каландрировании: нагрев и остывание резиновой смеси, ее усадка, т.е. сжатие в продольном направлении после снятия нагрузки от протягивания по линии каландрирования.

В данной статье сделана попытка изучить влияние растягивающей нагрузки на

образование скручивающих усилий в металлокорде при изготовлении и переработке его в резинокордовое полотно.

Немаловажную роль на заворот резинокордового полотна оказывают технологические режимы переработки металлокорда при каландрировании на предприятиях по его переработке.

Величину подъема кромок резинокордового полотна определяют по методике, представленной на рис. 2.

Принимаем, что кручения металлокорда по часовой стрелке будут положительными, а кручения против часовой стрелки – отрицательными.

Как видно из рисунка, угол подъема полотна зависит от суммарного крутящего момента M отдельных нитей металлокорда m_i . Крутящий момент металлокорда в полотне описывается формулой:

$$m_i = m_{кр}^н + m_{кр}^п, \quad (1)$$

где $m_{кр}^н$ – исходный крутящий момент (данный момент выражает желание металлокорда принять устойчивое равновесное состояние, т.е. $m_{кр}^н \rightarrow 0$);



Рис. 1. Формы отрезка полотна при наличии подъема кромок

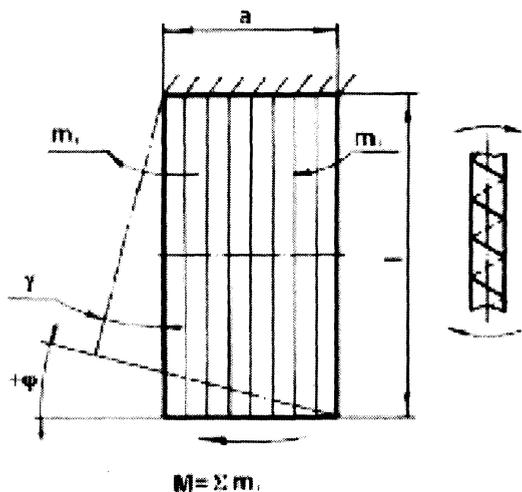


Рис. 2. Схема определения угла заворота полотна

$m_{кр}^{II}$ — приобретенный крутящий момент в процессе каландрирования.

В свою очередь приобретенный крутящий момент можно записать в виде

$$m_{кр}^{II} = km_{кр}^{раст} + m_{кр}^{кал}, \quad (2)$$

где $m_{кр}^{раст}$ — крутящий момент металлокорда от натяжения каландра; k — коэффициент, учитывающий направление свивки ($k = \begin{cases} -1Z \\ +1S \end{cases}$); $m_{кр}^{кал}$ — крутящий момент металлокорда от конструктивного исполнения каландра (например, наличие знакопеременных изгибов).

Подставляя выражение (2) в формулу (1), получаем

$$m_i = km_{кр}^{раст} + m_{кр}^{кал} + m_{кр}^{II}. \quad (3)$$

В качестве примера рассмотрим взаимодействие моментов при каландрировании металлокорда 0,22+18x0,20 СС (направление свивки Z) Принимаем, что ближний к каландру конец металлокорда находится в заземлении. На рис. 3 схематично представлены моменты, действующие на металлокорд в процессе каландрирования.

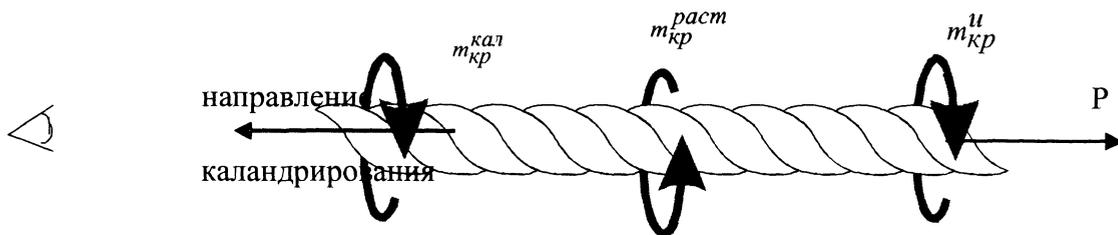


Рис. 3. Моменты, действующие на металлокорд в процессе каландрирования

Запишем выражение (3) применительно к исследуемой конструкции. Тогда с учетом направления свивки и положительного среднего остаточного кручения в партии выражение (3) примет вид

$$m_i = -1m_{кр}^{раст} + m_{кр}^{кал} + m_{кр}^{II}.$$

В случае совместного рассмотрения моментов на обрезиненное полотно все моменты необходимо суммировать с учетом знака. Но следует различать сумму моментов до закладки в обрезиненное полотно и упругое сопротивление в обрезиненном полотно. До закладки в обрезиненное полотно необходимо суммировать моменты от внешнего воздействия и вычитать моменты от внутренних напряжений при совпадении направления суммарного воздействия, т.е. при совпадении направления действия исходного крутящего момента $m_{кр}^{II}$ с каким-либо внешним моментом происходит полное или частичное снятие напряжений. При противоположном направлении действия внешнего и внутреннего момента

их следует суммировать, так как появляются еще большие внутренние напряжения в металлокорде (эффект «выкручивания»).

Для наглядности поведения металлокорда под воздействием растягивающих нагрузок при каландрировании использовали приближенную методику, заключающуюся в том, что образцы металлокорда, изготовленные по разным технологиям, с оплавленными концами длиной 3 м подвешивали вертикально с фиксацией верхней части и приложении нагрузки к свободному концу.

Металлокорд нагружали разновесами от 10 до 70 Н и по шкале определяли угол поворота металлокорда в зависимости от приложенной нагрузки.

Схема стенда исследования крутимости металлокорда под действием нагрузки приведена на рис. 4.

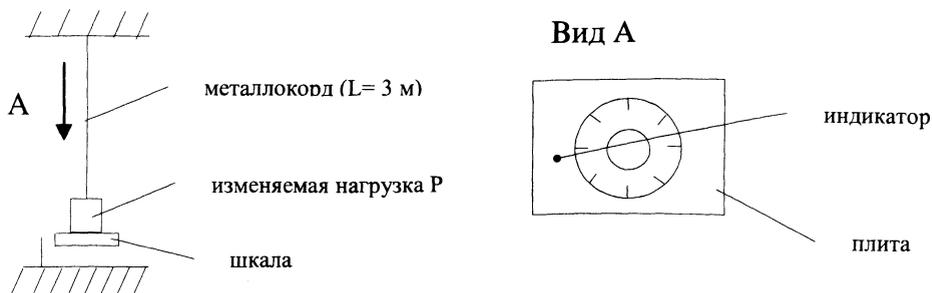


Рис. 4. Схема стенда для измерения крутимости металлокорда под нагрузкой

Рассмотрим математическую модель поведения металлокорда при осевом нагружении. При натяжении витой структуры осевую растягивающую силу p можно разложить на составляющие (рис. 5). Крутящий момент $m_{кр}^{раст}$ будет создавать сила T . Величина силы T выразится через угол свивки β :

$$T = p \operatorname{tg} \beta, \quad (4)$$

где β – угол свивки ($\beta = \operatorname{arctg}(D\pi/t)$, где D – диаметр свивки; t – шаг свивки); p – сила, действующая на единичную проволоку (в данном случае $p = P/(n+1)$, n – количество проволок в слое).

Из рис. 6 видно, что крутящий момент силы T равен:

$$m_{кр}^{раст} = TR_{св}, \quad (5)$$

$$R_{св} = D/2.$$

Крутящий момент всех проволок слоя:

$$m_{кр}^{раст} = np \frac{D}{2} \operatorname{tg} \frac{D\pi}{t}. \quad (6)$$

На рис. 7 показано направление действия крутящих моментов в металлокорде, изготовленном по контрольной и опытной технологиям.

Применяя выражение (6) к рассматриваемому типу металлокорда компактной конструкции (см. рис. 7), получаем:

$$m_{кр}^{раст} = 6p \frac{D}{2} \operatorname{tg} \frac{D\pi}{t} + 6p \frac{D}{2} \operatorname{tg} \frac{D\pi}{t} + 6p \frac{D}{2} \operatorname{tg} \frac{D\pi}{t}, \quad (7)$$

$$m_{кр}^{раст} = -6p \frac{D}{2} \operatorname{tg} \frac{D\pi}{t} + 6p \frac{D}{2} \operatorname{tg} \frac{D\pi}{t} + 6p \frac{D}{2} \operatorname{tg} \frac{D\pi}{t}, \quad (8)$$

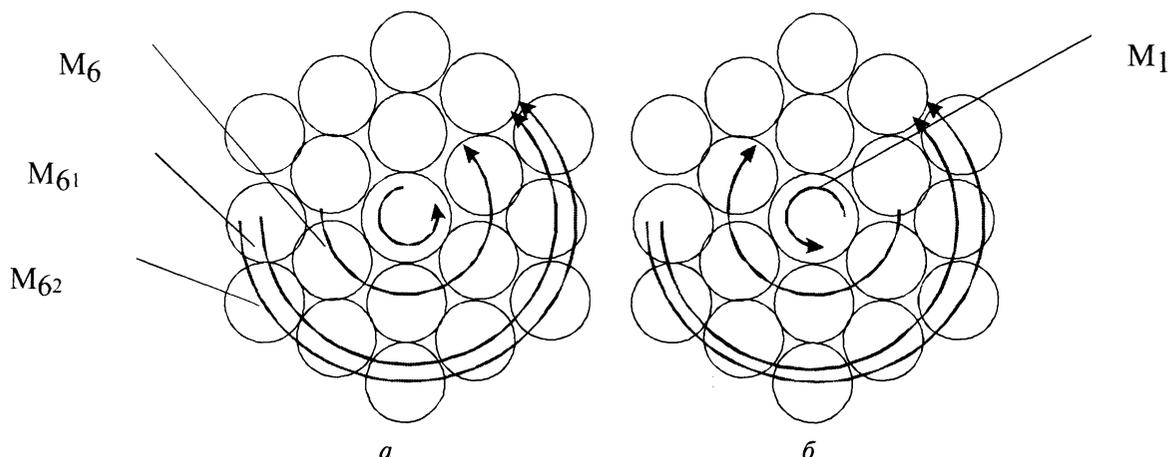


Рис. 7. Направление действия крутящих моментов в металлокорде свитом по контрольной (а) и опытной (б) технологиям

Влияние конструкции каландра на подкрутку металлокорда видится возможным со стороны производителя только лишь внесением упреждения по величине остаточного кручения в партии металлокорда.

Некоторые потребители при переработке распределяют «нити» металлокорда в полотне следующим образом:

т.е. крутящему моменту, возникающему в металлокорде при каландровании, противостоит крутящий момент среднего слоя, что возможно влияет на крутимость при обрезинивании на каландре¹.

Таким образом, влияние растягивающей нагрузки при каландровании можно минимизировать, изменив направление момента, возникающего в среднем слое.

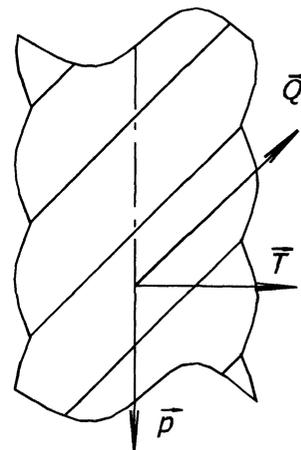


Рис. 5. Разложение на составляющие

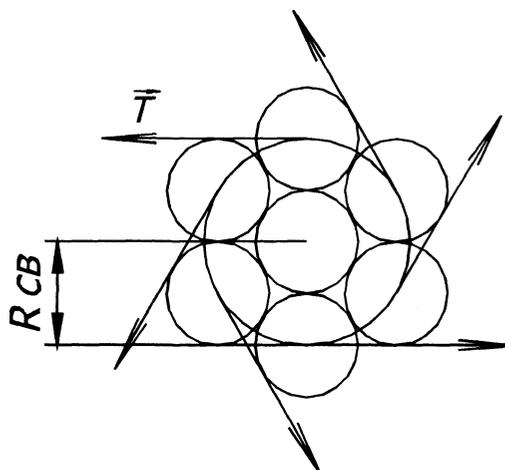


Рис. 6. Определение крутящего момента

- по краям – нулевые значения кручения;
- в центре кручения, отличные от нуля (с чередованием «+», «-» отдельных нитей).

При хаотичной заправке каландра не учитывается последовательность расположенных на шпулярнике катушек с положительным, отрицатель-

¹ Расчет для необрезиненного металлокорда.

ным и нулевым кручением металлокорда, в этом случае возможна концентрация катушек металлокорда, имеющих одинаковое по знаку направление кручения и, как следствие, приводит к затруднению его дальнейшей переработки в связи с заворотом полотна.

От конструкции каландра и его режимов настройки зависит также, какое среднее остаточное кручение должна иметь партия и в целом лот. Так, на некоторых фирмах одновременно существуют каландры с различным исполнением узла размотки (смещены по вертикали и/или горизонтали относительно оси). В связи с этим среднее остаточное кручение металлокорда в партии смещено от нуля в плюсовую или минусовую сторону.

Одним из показателей настройки линии каландрирования является натяжение размотки металлокорда. В условиях РУП «БМЗ» на специальном стенде (рис. 8) симитировано поведение металлокорда при холодном каландрировании в зависимости от натяжения размотки.

Проведенные исследования на металлокорде различных конструкций показали, что при растяжении металлокорда происходит его упругая скручивающая деформация, направленная в сторону раскручивания свитых проволок и получена зависимость изменения величины закручивания металлокорда от приложенной к нему растягивающей нагрузки (рис. 9).

Как видно из рисунка, существует линейная зависимость между приложенной к металлокорду растягивающей нагрузкой и остаточным кручением.

После прохождения этапа обрезинивания полотно подвергается порезке под определенным углом с полным снятием растягивающей нагрузки на нити металлокорда. Упругие напряжения проволок металлокорда заставляют принять их исходное положение, которое было до каландрирования и тем самым производят подъем кромок полотна.

С учетом сказанного выше было принято решение изготавливать два опытных лота металлокорда 0,22+18x0,20 СС.

По имеющимся данным, при изготовлении металлокорда с минусовым направлением остаточного кручения край обрезиненного полотна подымался примерно на 30–50 мм.

Таблица 1. Распределение кручений по слоям

Технология	Остаточное кручение по слоям, об/6м		Разница в слоях, об
	1+6+12	1+6	
Опытная	-0,5	+1,5	2
Контрольная	-0,75	-0,5	0,25

Как видно из таблицы, момент, возникающий в среднем слое металлокорда, изготовленного по опытной технологии, имеет противоположное направление относительно верхнего.

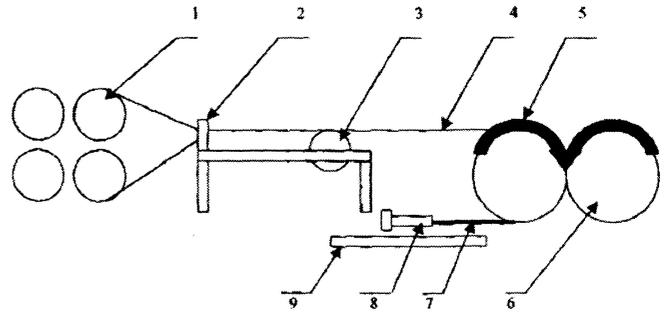


Рис. 8. Схема холодного каландрирования: 1 – катушки с металлокордом; 2 – шаблон; 3 – шаговый ролик; 4 – необрезиненный металлокорд; 5 – резиновая смесь; 6 – вальцы; 7 – обрезиненное полотно; 8 – вытяжное устройство; 9 – стол измерения величины подъема кромок полотна

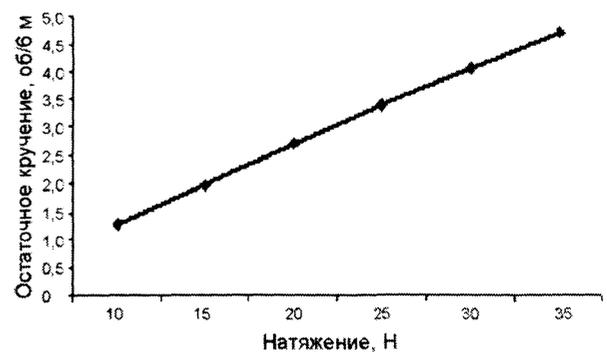


Рис. 9. Зависимость изменения величины закручивания металлокорда от приложенной к нему нагрузки

Исходя из предположений, что моменты, возникающие в металлокорде, равные по модулю и противоположные по направлению моментам, действующим со стороны каландра, было определено, что каландр подкручивает в минусовом направлении. Отсюда для исключения поднятия полотна после обрезки логично было изготовить металлокорд с плюсовым направлением, т.е. совпадающим с моментом, возникающим в металлокорде подкруткой каландра (вариант I).

Для минимизации влияния растягивающей нагрузки при каландрировании изготовлен металлокорд с различным направлением действия крутящих моментов в слоях (вариант II).

Результаты исследования остаточного кручения по слоям металлокорда при разных технологиях свивки приведены в табл. 1.

Данные по остаточному кручению опытных партий металлокорда после сортировки приведены в табл. 2.

Таблица 2. Остаточное кручение опытных партий металлокорда

Вариант	N	Min	Max	X	S
Контрольный	432	-1	+1,5	+0,28	0,02
I	432	-1,5	+1,5	+0,51	0,03
II	624	-0,75	+0,75	+0,25	0

При переработке металлокорда по вариантам контрольному и I отмечалось небольшое поднятие кромки обрезиненного полотна примерно на 8–5 мм, что находится в пределах допустимого. При каландрировании опытной партии металлокорда, изготовленного по варианту II, поднятия кромок полотна не наблюдалось, полотно лежало ровно, без короблений.

Таким образом, изготовление металлокорда с плюсовым упреждением остаточного кручения и разным направлением крутящего момента в слоях оказало положительное влияние на технологичность переработки.

Выводы

Подъем диагональных краев кромок полотна зависит от:

- величины и размаха остаточных кручений металлокорда;
- конструктивных особенностей каландра.

Остаточные кручения металлокорда при изготовлении и переработке в свою очередь зависят от:

- нестабильности натяжения проволок питания;
- технического состояния свивочного оборудования;
- остаточных упругих деформаций, возникающих при изготовлении;
- упругих деформаций, возникающих при каландрировании;
- конструктивных особенностей каландра;
- технического состояния каландра.

Изготовление металлокорда с плюсовым упреждением остаточного кручения и разным направлением крутящего момента в слоях оказало положительное влияние на технологичность переработки.

Основываясь на сказанном выше, следует отметить, что подъем диагональных краев резинорядового полотна зависит не только от остаточного кручения металлокорда, но и от условий каландрирования. Соответственно для решения проблем, возникающих при переработке металлокорда, необходимы совместные, скоординированные действия между производителем и потребителем.