

РАЗДЕЛ III ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ

УДК 621.778

Бобарикин Ю. Л.
Авсейков С. В.
Мартьянов Ю. В.
Веденеев А. В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА РОЛИКА ОБРАТНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ДЛЯ КАНАТНОЙ МАШИНЫ В УЗЛЕ НАМОТА МЕТАЛЛОКОРДА

Металлокорд является одним из основных видов продукции белорусской металлургии. Он представляет собой витую структуру из тонкой высокоуглеродистой проволоки диаметром 0,15–0,5 мм, покрытой тонким слоем латуни (рис. 1). Экспортируется белорусский металлокорд основным мировым производителям шин. Доля белорусского металлокорда в общемировом производстве металлокорда 5 % [1]. В современных условиях ужесточилось требование к значению прямолинейности металлокорда в связи с ростом степени автоматизации производства шин и резинового полотна. В этой связи появилась необходимость в дополнительных мероприятиях в металлокордном производстве, повышающих прямолинейность металлокорда. Для этой цели используется ролик обратной деформации, устанавливаемый в канатной машине перед намотом на приемную катушку. Оставался открытым вопрос определения требуемого диаметра этого ролика.

Возможные способы увеличения прямолинейности металлокорда, а также технические решения находят отражение в работах [2–4].

Цель работы определить влияние ролика обратной деформации на прямолинейность металлокорда и оптимальный диаметр этого ролика.

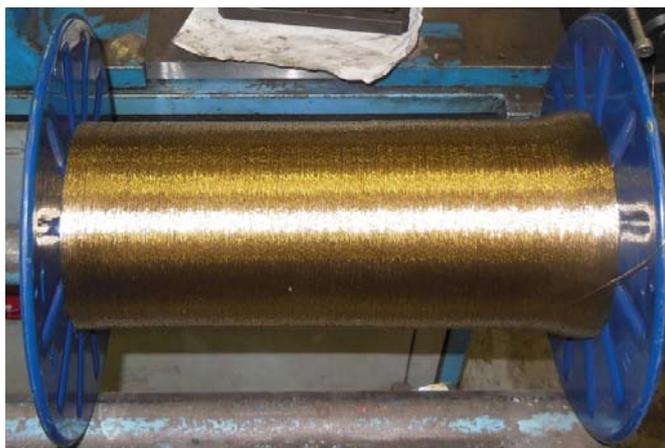


Рис. 1. Общий вид металлокорда на катушке

Отклонение от нормируемой прямолинейности зависит от неравномерности деформации проволок в процессе свивки и намота, а также от релаксации возникающих напряжений. Для выравнивания распределения напряжений и приближения их к осесимметричному виду рекомендуется использовать специальный дополнительный ролик, который находится на канатной машине непосредственно перед приемной катушкой в узле намота металлокорда.

Принцип работы данного ролика заключается в обратном изгибе металлокорда с созданием необходимых осевых смещений проволок. Эти смещения позволят повысить степень равномерности контактного взаимодействия между отдельными проволоками.

На прямолинейность металлокорда оказывает влияние релаксация остаточных напряжений проволоки, которая вызвана неравномерностью деформаций при волочении. Релаксация представляет собой механизм перехода упругой деформации в пластическую при постоянной суммарной деформации. Поэтому пластическая деформация растет за счёт уменьшения упругой. При этом напряжения в металле снижаются [5]. Для повышения прямолинейности металлокорда необходимо повысить равномерность распределения остаточных напряжений, а также повысить однородность деформации при волочении. Чем пластичнее проволока, тем больше δ и тем больше неравномерность деформаций при волочении.

Для повышения равномерности распределения деформаций и снижения остаточных напряжений в проволоке возможно использование дополнительного растяжения в процессе волочения, использование роликов обратной деформации для изменения контактного взаимодействия между проволоками в процессе свивки за счёт упругого изгиба металлокорда.

Принцип действия ролика обратной деформации, а также схема изгиба металлокорда представлена на рис. 2.

В результате численного моделирования изгиба металлокорда на условном ролике диаметром 80 мм были получены данные по осевым смещениям проволок в металлокорде. На рис. 2 представлен фрагмент металлокорда при изгибе на ролике обратной деформации.

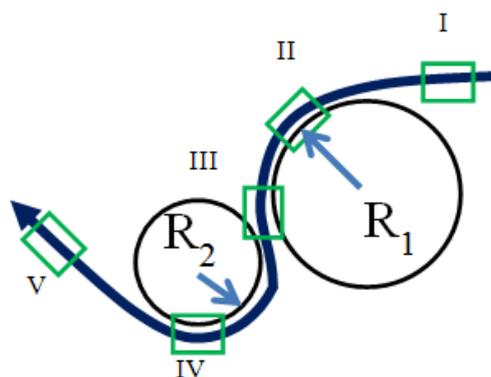


Рис. 2. Схема изгиба металлокорда на ролике обратной деформации перед намоткой на катушку:

R_1 – радиус направляющего ролика; R_2 – радиус ролика обратной деформации; I – фрагмент металлокорда перед изгибом на направляющем ролике, II – фрагмент металлокорда с изгибом на направляющем ролике, III – фрагмент металлокорда между направляющим роликом и роликом обратной деформации, IV – фрагмент металлокорда с изгибом на ролике обратного действия, V – фрагмент металлокорда перед намоткой на катушку

На рис. 3 видно, что максимальные растягивающие напряжения возникают в области поверхности проволоки металлокорда, место положения которой определяется контактом проволоки металлокорда с поверхностью ролика обратной деформации (РОД) с одной стороны и с поверхностью второй проволоки с другой стороны. В случае достижения в этой области напряжений равных пределу текучести произойдет пластическая деформация металлокорда, что недопустимо. В рассмотренной области величина растягивающих напряжений не должна превышать рекомендуемых напряжений $0,7\sigma_b$ (70 % величины предела прочности проволоки). Превышение напряжений выше этого порога вызывает пластические деформации в поверхностных слоях проволоки. Это положение доказано в опытах по волочению проволоки с растяжением. При достижении в поверхностных слоях проволоки максимально допустимых растягивающих напряжений осевое смещение проволок будет максимально. В данной ситуации рекомендуется ограничивать диаметр ролика обратной деформации воздействием на проволоки металлокорда воздействием не более $0,7\sigma_b$.

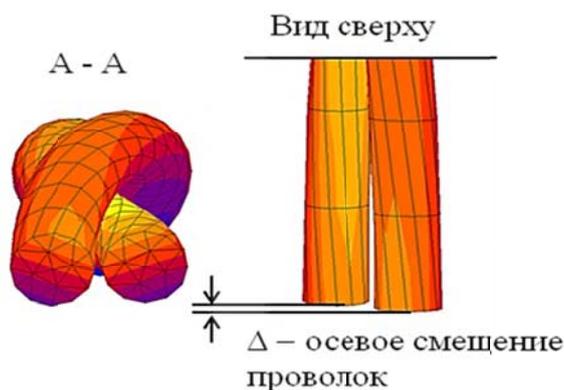


Рис. 3. Осевое смещение проволок в металлокорде при его изгибе на ролике обратной деформации

В результате численного моделирования был построен график для определения оптимального диаметра ролика обратной деформации для металлокорда конструкции $2 \times 0,30\text{НТ}$. Данный график представлен на рис. 4.

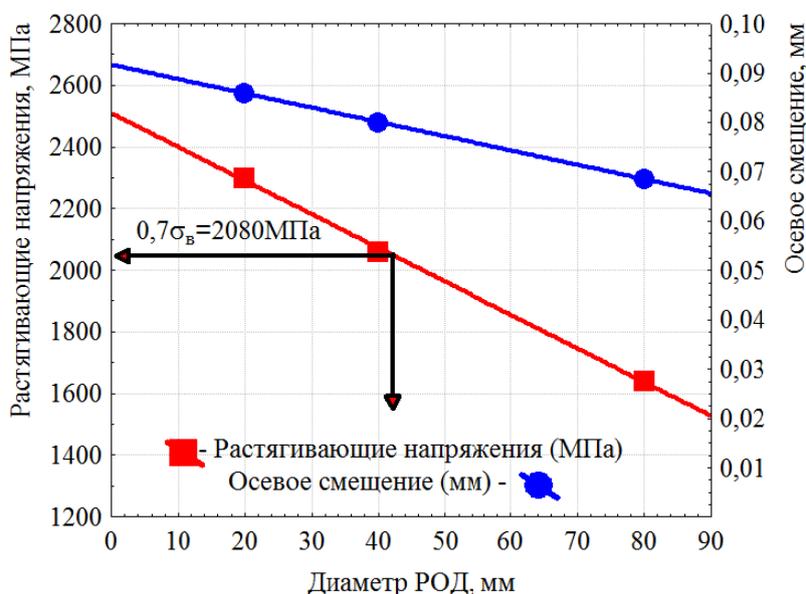


Рис. 4. Определение минимально допустимого диаметра РОД для металлокорда $2 \times 0,30\text{НТ}$

Чтобы пользоваться графиком на рис. 4, необходимо определить величину предела прочности проволок металлокорда σ_b . Вычислив $0,7\sigma_b$ и уменьшив полученное значение на 5–7 %, необходимо найти полученное значение на оси ординат и провести горизонтальную линию до пересечения с графиком. Далее от пересечения провести вертикальную линию и опустить её на ось абсцисс. Таким образом, можно найти необходимый диаметр ролика обратной деформации для эффективного улучшения и повышения прямолинейности металлокорда.

С целью исключения необходимости выполнения численного моделирования для каждой конструкции металлокорда было найдено аналитическое решение этой задачи. Схема аналитического решения представлена на рис. 5. При решении задачи изгиба металлокорда на ролике обратной деформации были приняты следующие допущения: металлокорд принимается сплошным телом; сила натяжения $F = const$; максимальные изгибающие напряжения находятся в «заделке».

Полученное выражение имеет вид (1):

$$\sigma = \iint \frac{F \sin(\varphi) \operatorname{tg}(\varphi) \left(\frac{D_{\text{РОД}}}{2} + \rho \right)}{0,1\rho^3} d\rho d\varphi, \quad (1)$$

где F – сила натяжения металлокорда при намотке на катушку, Н; $D_{\text{РОД}}$ – диаметр РОД, мм; ρ – диаметр металлокорда, мм; φ – угол охвата ролика металлокорда, рад.

Аналитическое решение имеет расхождение с математическим моделированием в численных значениях менее 10 %. Исходя из этого, можно считать решение аналитической задачи верным и пригодным для применения диаметров роликов обратной деформации для разных конструкций металлокорда.

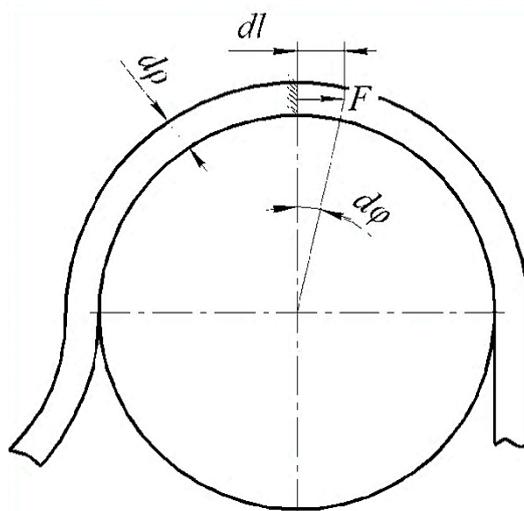


Рис. 5. Схема для аналитического решения задачи изгиба металлокорда на РОД

Сравнение полученного аналитического решения и численное моделирование для металлокорда конструкции 2×0,30НТ показано на рис. 6.

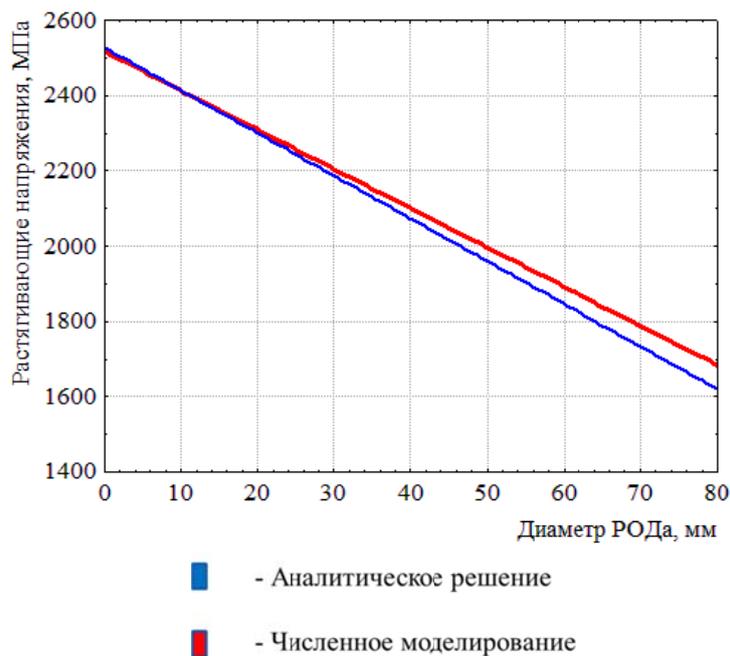


Рис. 6. Аналитическое решение и численное моделирование задачи изгиба металлокорда 2×0,30НТ на ролике обратной деформации

ВЫВОДЫ

В данной работе были проведены исследования по повышению прямолинейности металлокорда с помощью ролика обратной деформации. Был описан принцип работы ролика, проведено численное моделирование задачи изгиба металлокорда на ролике обратной деформации. Была построена схема для аналитического подхода решения задачи. Получено аналитическое решение. Проведено сравнение аналитического решения и численной модели. Расхождение в значениях обоих решений невелико и входит в поле погрешностей вычисления. Это свидетельствует о точности аналитического решения и об адекватности численной модели.

Данные исследования позволяют определять необходимый диаметр ролика обратной деформации графическим методом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савенком А. Н. Интервью с генеральным директором ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК» / А. Н. Савенком // *Литье и металлургия*. – 2012. – № 4 (68). – С. 6.
2. Способ производства нитей для изготовления стального корда и устройство для их производства. Пат. №2005-317120 (P2005-317120) Япония, Канаи Хироаки, Сасакура Нобухико Публ. : 17.05.2007 г. // Патентное бюро Японии / 2007 г. – 8 с.
3. Способ производства стального корда и устройство для его производства. Пат. № 1991-30982 Япония, Окамото Кэнъити, Кисимото Акира, Нисимура Ёсифуми Публ. : 25.09.1992 г. // Патентное бюро Японии / 1992 г. – 6 с.
4. Способ высокоскоростного волочения сверхтонкой стальной проволоки. Пат. № 1993-13893 Япония, Ямадзакэ Цуёси, Тасиро Хитоси, Публ. : 16.08.1994 г. // Патентное бюро Японии / 1994 г. – 7 с.
5. Стальная проволока: монография / Х. Н. Белахов, А. А. Клековкин, Н. А. Клековкина, А. Г. Корчунов, М. А. Полякова – Магнитогорск : Издательство Магнитогорск. Гос. Техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2011. – 689 с.

REFERENCES

1. Savenkom A. N. Intervju s general'nym direktorom ОАО «BMZ» – upravljajushhaja kompanija holdinga «BMK» / A. N. Savenkom // *Lit'e i metallurgija*. – 2012. – № 4 (68). – S. 6.
2. Spособ proizvodstva nitej dlja izgotovlenija stal'nogo korda i ustrojstvo dlja ih proizvodstva. Pat. №2005-317120 (P2005-317120) Japonija, Kanai Hiroaki, Sasakura Nobuhiko Publ. : 17.05.2007 g. // Patentnoe bjuro Japonii / 2007 g. – 8 s.
3. Spособ proizvodstva stal'nogo korda i ustrojstvo dlja ego proizvodstva. Pat. № 1991-30982 Japonija, Okamoto Kjen'iti, Kisimoto Akira, Nisimura Josifumi Publ. : 25.09.1992 g. // Patentnoe bjuro Japonii / 1992 g. – 6 s.
4. Spособ vysokoskorostnogo volochenija sverhtonkoj stal'noj provoloki. Pat. № 1993-13893 Japonija, Jamadzaki Cujosi, Tasiro Hitosi, Publ. : 16.08.1994 g. // Patentnoe bjuro Japonii / 1994 g. – 7 s.
5. Stal'naja provoloka: monografija / H. N. Belahov, A. A. Klekovkin, N. A. Klekovkina, A. G. Korchunov, M. A. Poljakova – Magnitogorsk : Izdatel'stvo Magnitogorsk. Gos. Tehn. un-ta im. G. I. Nosova, 2011. – 689 s.

Бобарикин Ю. Л. – канд. техн. наук, доц. ГГТУ им. П. О. Сухого

Авсейков С. В. – ассистент ГГТУ им. П. О. Сухого

Веденеев А. В. – канд. техн. наук, доц. ГГТУ им. П. О. Сухого

Мартыанов Ю. В. – мл. науч. сотр. ГГТУ им. П. О. Сухого

ГГТУ им. П. О. Сухого – Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, г. Гомель, Республика Беларусь.

E-mail: bobarikin@tut.by; avseikov@tut.by; vedeneev@tut.by; you_rock@tut.by.