

УДК 621.771

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛОКОРДА ПЕРЕД НАМОТКОЙ НА ЕГО ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ ПОСЛЕ НАМОТКИ

Ю. Л. БОБАРИКИН, Ю. В. МАРТЬЯНОВ

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь

Ключевые слова: металлокорд, напряжения, деформация, ролик, критерий, прямолинейность, натяжение.

Введение

Для повышения прямолинейности металлокорда после свивки и намотки на приемную катушку используются деформаторы [1]. Металлокорд представляет собой объемную спираль с заданным шагом спиральной линии согласно требованиям.

Роликовые деформаторы, которые устанавливаются в канатных машинах в узле намотки металлокорда на приемную катушку, имеют особенности использования в метизном производстве [4]. Использование деформаторов является эффективным способом повышения прямолинейности металлокорда [5].

Простейший деформатор состоит как минимум из одного направляющего ролика и одного деформирующего ролика. Схема деформатора представлена на рис. 1.

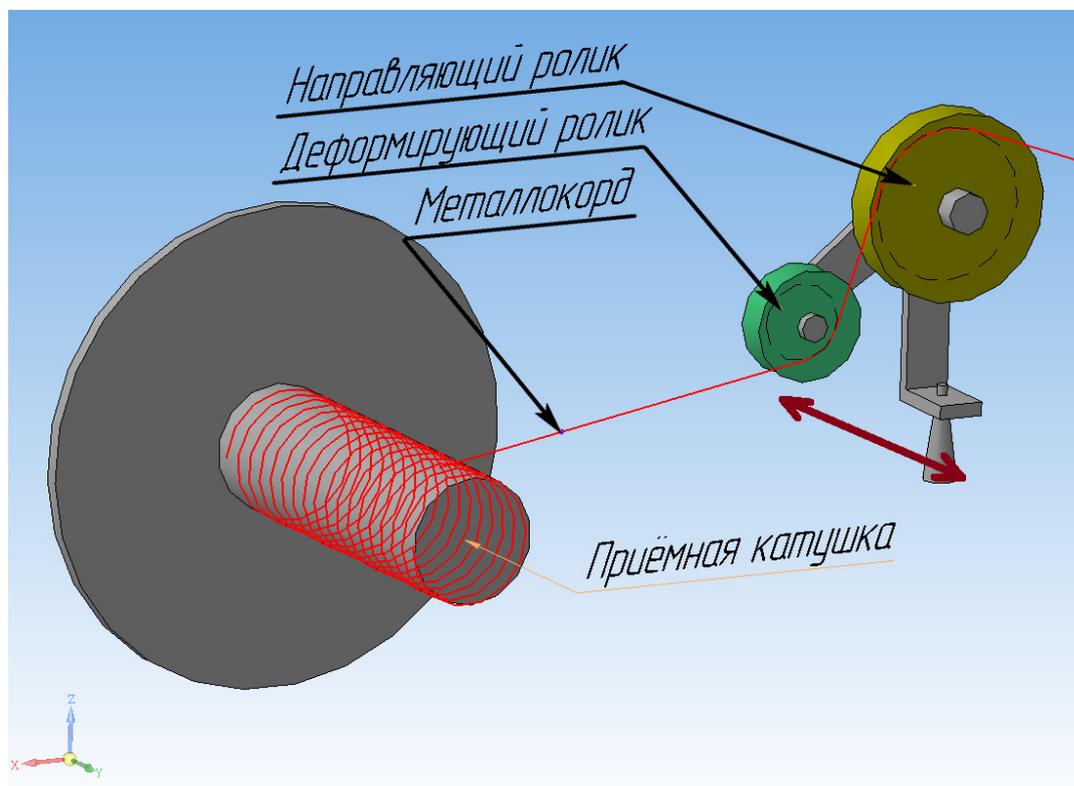


Рис. 1. Схема деформатора

Цель работы: определить влияние параметров деформатора металлокорда перед намоткой на приемную катушку на прямолинейность металлокорда; определить влияние величины натяжения металлокорда перед его намоткой на приемную катушку на прямолинейность металлокорда после выдержки.

К параметрам деформатора металлокорда относятся: диаметр деформирующего ролика, угол охвата металлокордом деформирующего ролика.

Метод исследования: численное моделирование изгиба металлокорда в деформаторе с варьированием величины натяжения и учетом степени деформации проволок при свивке в соответствии с технологией свивки; лабораторные испытания, метод локальной оптимизации.

Методика эксперимента

Одним из параметров технологического процесса производства металлокорда, который влияет на прямолинейность металлокорда, является величина натяжения металлокорда перед его намоткой на приемную катушку. Ключевым параметром деформатора, влияющим на прямолинейность металлокорда, является диаметр деформирующего ролика. Оптимальный диаметр деформирующего ролика обеспечивает высокую прямолинейность металлокорда после свивки [2].

В качестве параметра для поиска оптимального диаметра деформирующего ролика принято следующее предположение: оптимальный диаметр деформирующего ролика должен обеспечивать минимальную относительную разницу осевых смещений проволок совместно с минимальной относительной разницей эквивалентных напряжений в металлокорде при его изгибе в деформаторе. Выполнение данного условия обеспечит максимальную равномерность контактных взаимодействий между проволоками в конструкции металлокорда. Высокая равномерность контактных взаимодействий в металлокорде способствует снижению уровня отклонения от прямолинейности металлокорда.

Разработан подход, согласно которому рассчитывается комплексный критерий качественной оценки прямолинейности металлокорда при использовании деформирующих роликов деформатора различных диаметров [3]. Величина комплексного критерия при выборе диаметра деформирующего ролика должна быть минимальной. Выполнение этого условия обеспечивает минимальный градиент смещений точек контакта в конструкции металлокорда. Повышается стабильность процесса изменения контактного взаимодействия между проволоками и изменения напряжений, возникающих при изгибе. Под стабильностью понимается явление, при котором значение осевых сдвигов и напряжений сохраняется с изменением диаметра деформирующего ролика. Стабильность осевых смещений проволок обеспечит максимальную равномерность контактных взаимодействий между проволоками в металлокорде. Высокая равномерность контактных взаимодействий в металлокорде способствует снижению уровня релаксации остаточных напряжений и остаточных деформаций, которые и вызывают отклонения металлокорда от прямолинейности. Смещение точек контакта и изменение контактного взаимодействия зависит от осевого сдвига проволок в металлокорде при изгибе.

В лабораторных условиях были проверены варианты использования деформаторов с варьируемыми параметрами: диаметр деформирующего ролика и угол заправки металлокорда в деформатор. Диаметры деформирующих роликов для эксперимента были выбраны произвольно, исходя из имеющегося набора роликов с диаметрами: 44, 46, 50, 52, 55 мм. Углы охвата металлокордом деформирующего ролика выбранного диаметра 44 мм проверены в диапазоне от 0 до 2 оборотов (0; 0,46; 0,6; 1; 2 оборота), что обеспечивалось путем изменения положения деформирующего ролика в пространстве за счет смещения подвижной планки.

Результаты лабораторных испытаний представлены на рис. 2.

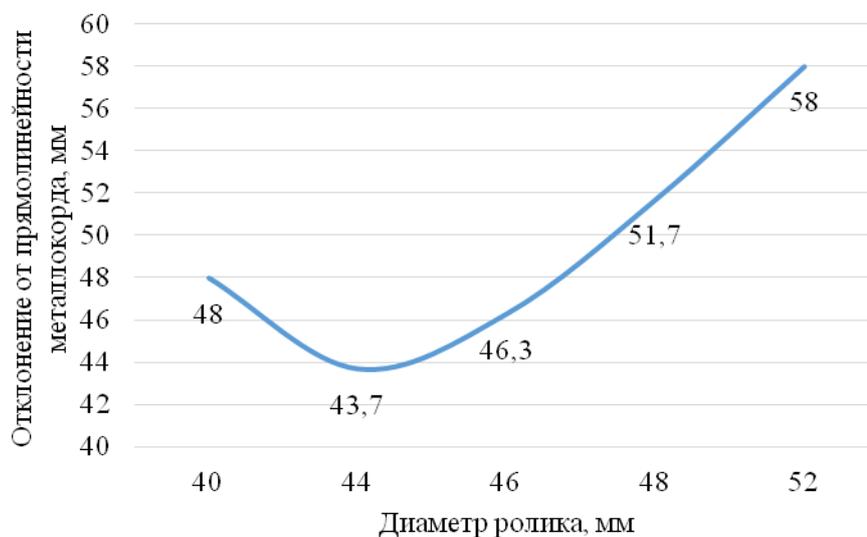


Рис. 2. Результаты лабораторных испытаний деформаторов с различными роликами

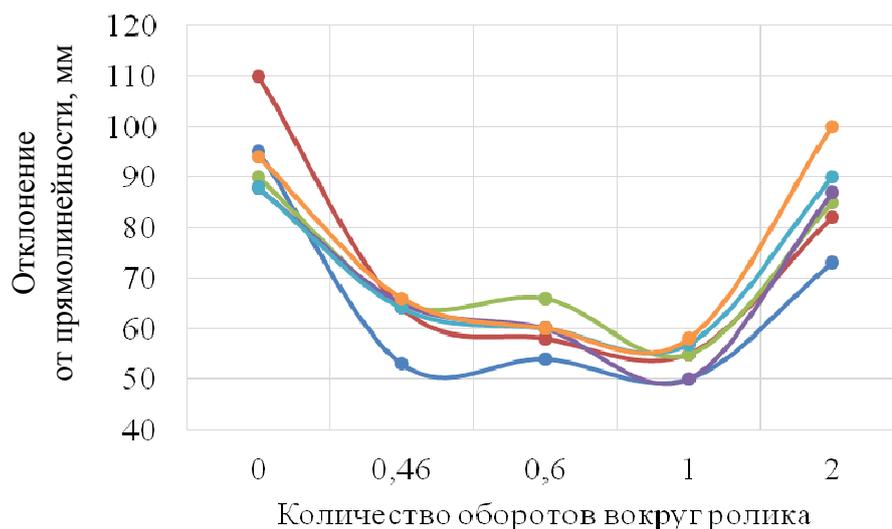


Рис. 3. Результаты лабораторных испытаний деформаторов с роликом диаметром 44 мм с различным количеством оборотов вокруг ролика

По результатам лабораторных испытаний по определению прямолинейности металлокорда наиболее предпочтительным является деформирующий ролик диаметром 43–44 мм (рис. 2) и вариант заправки металлокорда в деформатор (рис. 3), обеспечивающий угол охвата, равный 0,9–1,1 об (324° – 396°). Полученные данные лабораторных испытаний по определению прямолинейности металлокорда соответствуют результатам численного моделирования по качественной оценке оптимизационного критерия (рис. 4).

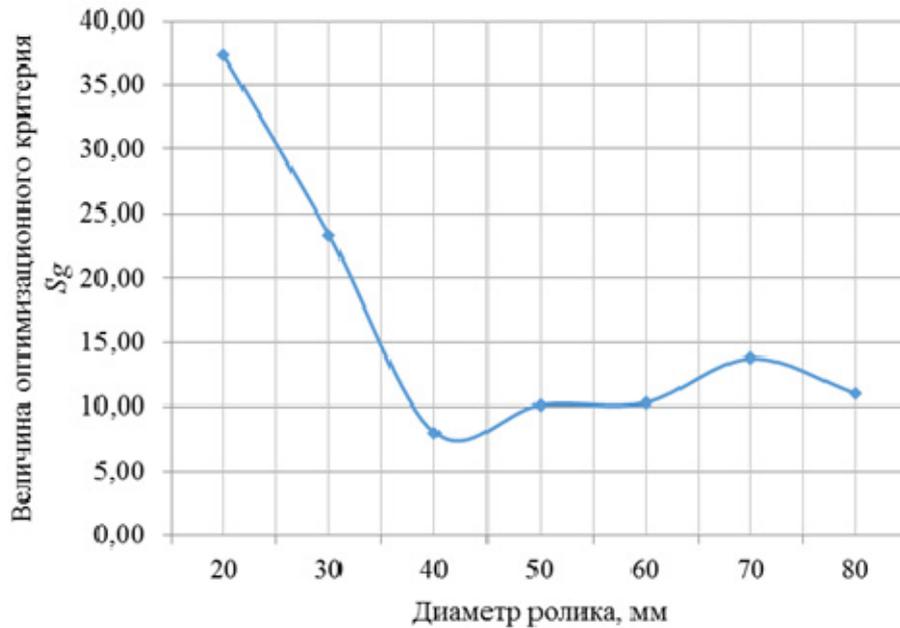


Рис. 4. Результаты испытаний в численном эксперименте по качественной оценке оптимизационного критерия

Оптимальный диаметр деформирующего ролика равен 43–44 мм, что подтверждает рис. 4. Это совпадает с оптимальным диаметром деформирующего ролика согласно лабораторным испытаниям (см. рис. 2). Из этого следует, что полученная модель адекватно и точно описывает процесс изгиба металлокорда на деформирующем ролике деформатора. Также это свидетельствует о корректности выбора оптимизационного критерия модели.

Использование деформирующего ролика рекомендуемого диаметра 43–44 мм снижает отклонение от прямолинейности металлокорда $2 \times 0,30HT$ в среднем на 30 % по сравнению с вариантом без использования деформатора.

Для дополнительных испытаний влияния натяжения металлокорда при его намотке на приемную катушку на отклонение от прямолинейности металлокорда было проведено расширенное численное моделирование.

Численное моделирование производится в следующей последовательности:

- 1) свивка металлокорда с необходимыми технологическими параметрами и соблюдением степени деформации при свивке;
- 2) изгиб свитого металлокорда на деформирующем ролике с растягивающей нагрузкой в направлении $\pm Z$.

В моделировании приняты следующие граничные условия:

- рассматривается металлокорд на примере конструкции $2 \times 0,25UT$;
- деформирующий ролик принят абсолютно жестким телом;
- деформирующий ролик принят гладким;
- моделирование считается законченным, когда деформирующий ролик имеет полный контакт хотя бы с одним шагом металлокорда;
- расчет ведется без учета скорости намотки металлокорда на приемную катушку;
- в численном моделировании коэффициент трения является константой.

Выходными параметрами моделирования являются эквивалентные напряжения от изгиба металлокорда на деформирующем ролике, смещения проволок в конструкции металлокорда, выраженные в изменении положения точек контакта проволок при изгибе на деформирующем ролике.

В модели учитываются напряжения и деформации, полученные в результате свивки. В конструкции металлокорда имеется контакт между проволоками. В процессе изгиба металлокорда на деформирующем ролике появляются эквивалентные напряжения изгиба, а также смещения точек контакта проволок в конструкции металлокорда.

Значение натяжения металлокорда варьировалось от 10 до 20 Н с дискретностью 1 Н. Для каждой точки вычислен критерий S_g для качественной оценки прямолинейности металлокорда [6]. Результаты представлены в виде гистограммы на рис. 5.

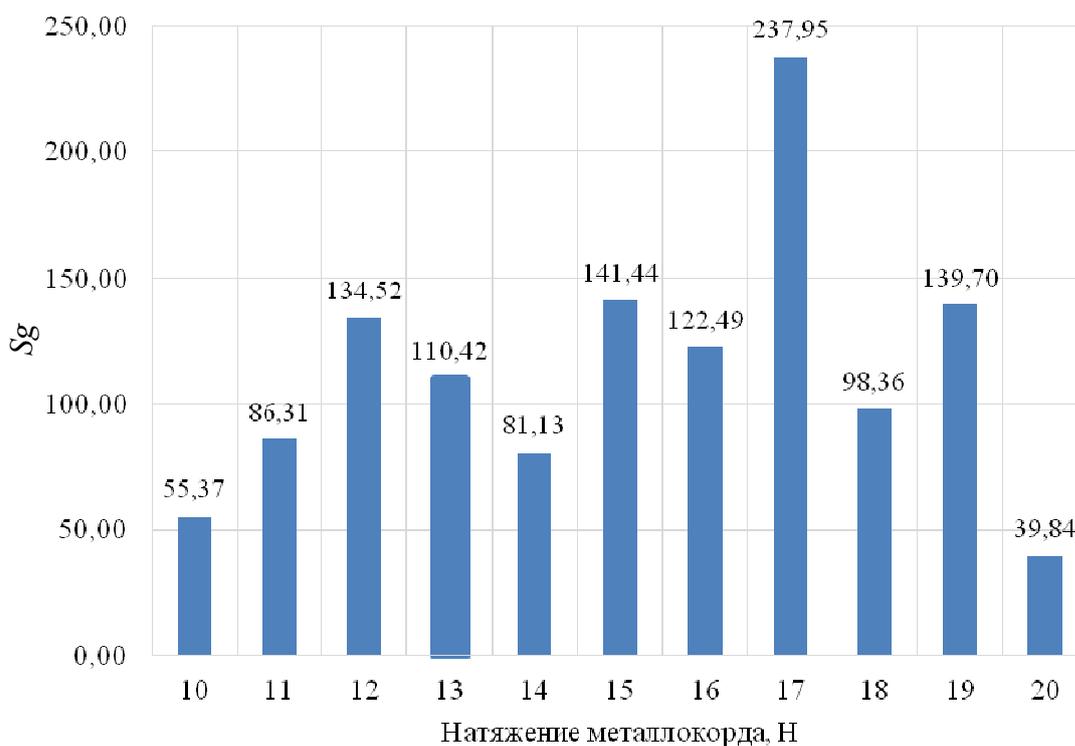


Рис. 5. Зависимость критерия S_g от натяжения металлокорда $2 \times 0,25UT$ перед намоткой

Определено, что влияние натяжения на прямолинейность имеет нелинейный характер. Нелинейность изменения критерия S_g в зависимости от величины натяжения объясняется влиянием конструкции металлокорда на осевой сдвиг (перемещение в направлении оси $\pm Z$). Натяжение может являться одним из параметров для корректировки режима производства металлокорда с повышенным значением его прямолинейности. Использование малого натяжения не рекомендуется по причине возможного брака металлокорда вследствие снижения плотности свивки.

Для металлокорда $2 \times 0,25UT$ при использовании деформирующего ролика диаметром 45 мм натяжение 17 Н повышает S_g , что снижает прямолинейность металлокорда по сравнению с другими значениями натяжения металлокорда перед намоткой и таким же диаметром ролика.

Заключение

Согласно данным, полученным в результате моделирования изгиба металлокорда на деформирующем ролике разного диаметра, а также в результате лабораторных испытаний, определено:

1) на прямолинейность металлокорда после свивки оказывает влияние диаметр деформирующего ролика деформатора и способ заправки металлокорда в деформатор;

2) значение диаметра деформирующего ролика влияет на уровень напряжений в проволоках в конструкции металлокорда при изгибе и на величину осевых сдвигов проволоки в конструкции металлокорда;

3) для повышения прямолинейности металлокорда необходимо обеспечить равномерность смещения точек контакта проволок в конструкции и минимальное относительное изменение напряжений, возникающих при изгибе;

4) определен подход к построению численной модели изгиба металлокорда в деформаторе;

5) смещения точек контакта проволок в конструкции металлокорда в направлении оси $\pm Z$ могут оказывать влияние на прямолинейность металлокорда;

6) определено влияние натяжения металлокорда перед его намоткой на приемную катушку на прямолинейность с помощью критерия Sg .

Литература

1. Определение диаметра ролика обратной деформации для канатной машины в узле намота металлокорда / Ю. Л. Бобарикин // Обработка материалов давлением. – 2015. – № 1 (40). – С. 146–151.
2. Бобарикин, Ю. Л. Определение диаметра ролика обратной деформации для канатной машины в узле намота металлокорда / Ю. Л. Бобарикин, С. В. Авсейков, Ю. В. Мартьянов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 23–24 апр. 2015 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 531 с.
3. Бобарикин, Ю. Л. Влияние диаметра деформирующего ролика на макроперемещение в металлокорде / Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов // Современные проблемы машиноведения : тез. докл. XI Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 20–21 окт. 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, ГГТУ им. П. О. Сухого, фил. ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. С. И. Тимошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – С. 117–118.
4. Бобарикин, Ю. Л. Определение влияния диаметра ролика деформации металлокорда перед намотом на прямолинейность металлокорда после намота / Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов, А. В. Веденеев // Пластична деформація металів : колективна монографія. – Днепропетровск, 2017. – С. 236–240.
5. Бобарикин, Ю. Л. Способы повышения прямолинейности металлокорда / Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : сб. науч. тр. : в 3 кн. / редкол.: А. В. Белый (гл. ред.) [и др.]. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2017. – Кн. 3. Обработка металлов давлением. – 129 с.
6. Веденеев, А. В. Зависимость прямолинейности металлокорда от параметров деформации перед намоткой на катушку / А. В. Веденеев, Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартьянов ; под ред. В. В. Смильтиной. – М. : Центр. науч.-исслед. ин-т информации и техн.-экон. исслед. черной металлургии, 2017. – С. 77–81.

Получено 27.11.2018 г.