

ЗАВИСИМОСТЬ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ МЕТАЛЛОКОРДА ОТ ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМАЦИИ ПЕРЕД НАМОТКОЙ НА КАТУШКУ

А. В. ВЕДЕНЕЕВ¹, канд. техн. наук, vedeneev@tut.by;

Ю. Л. БОБАРИКИН², канд. техн. наук; Ю. В. МАРТЬЯНОВ²

(¹ ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания»,

² УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»)

Современные тенденции развития производства металлокорда заключаются в производстве высокопрочного, сверх- и ультра высокопрочного металлокорда из высокоуглеродистой стали с повышенными требованиями к прямолинейности металлокорда после свивки. Это требование связано с повышением уровня автоматизации при сборке автомобильных шин.

В процессе свивки высокоуглеродистая проволока испытывает крутящие, изгибающие и растягивающие напряжения. Известно [1], что для металлокорда характерно изменение свойств проволок с течением времени после свивки, а также величины остаточного кручения и прямолинейности металлокорда. Данные явления связаны с релаксацией внутренних напряжений — самопроизвольным уменьшением напряжений в проволоке с течением времени при постоянной нагрузке и температуре. В результате свивки проволоки имеют неравномерный контакт друг с другом в конструкции металлокорда. Неравномерность контакта заключается в неравномерном распределении сил взаимодействия между проволоками в конструкции металлокорда. В этой связи в конструкции металлокорда формируются неравномерно распределенные остаточные напряжения. Результатом релаксации остаточных напряжений в конструкции металлокорда является появление отклонения от прямолинейности металлокорда, отмотанного с приемной катушки канатной машины. С течением времени после изготовления это отклонение увеличивается в результате накопления остаточных деформаций, разгружающих металлокорд от остаточных напряжений.

Для снижения отклонения от прямолинейности металлокорда в процессе его выдержки на приемных катушках используются дополнительные деформирующие устройства, устанавливаемые в канатных машинах перед намотом металлокорда на приемную катушку [2].

К параметрам деформации металлокорда перед намотом на приемную катушку относятся: из-

гибающие напряжения на деформирующих роликах; растягивающие напряжения, создаваемые в металлокорде при намотке; осевые сдвиги проволок в конструкции металлокорда в зависимости от диаметра деформирующего ролика и угла его охвата.

Простейший деформатор состоит из одного направляющего ролика и деформирующего ролика. Схема простейшего деформатора описана в работах [2–4].

Для определения оптимальных параметров деформации металлокорда использовали компьютерную модель, разработанную в Гомельском государственном техническом университете им. П.О. Сухого. Для достижения поставленной цели был использован способ компьютерного моделирования процесса изгиба металлокорда на деформирующем ролике. На рис. 1 представлена область максимальной деформации металлокорда $2 \times 0,30\text{НТ}$ на деформирующем ролике. В модели учтено натяжение металлокорда и степень деформации проволок при свивке в соответствии с технологической картой.

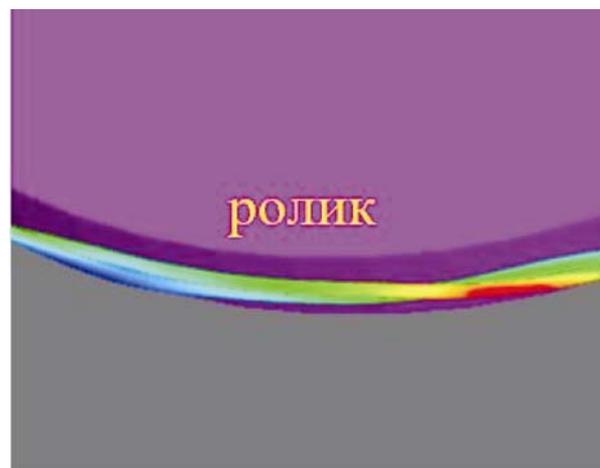


Рис. 1. Фрагмент металлокорда $2 \times 0,30\text{НТ}$ на деформирующем ролике в компьютерной модели

Обеспечение равномерности контактных взаимодействий между проволоками в металлокорде снижает величину отклонения от прямолинейности металлокорда [3]. Осевое смещение проволок в конструкции металлокорда при изгибе на деформирующем ролике показано на рис. 2.

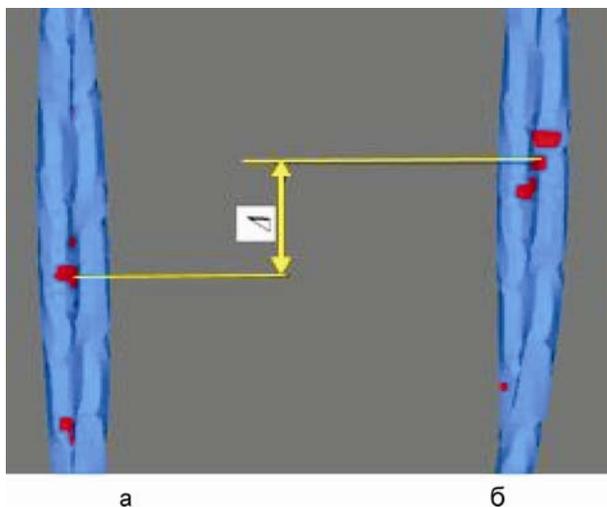


Рис. 2. Осевое смещение проволок Δ в конструкции металлокорда на одном участке:
а — до изгиба на ролике; б — после изгиба на ролике

Полученные из компьютерной модели значения напряжений и осевого сдвига при изгибе на различных диаметрах ролика на примере металлокорда $2 \times 0,30\text{HT}$ представлены на рис. 3, 4.

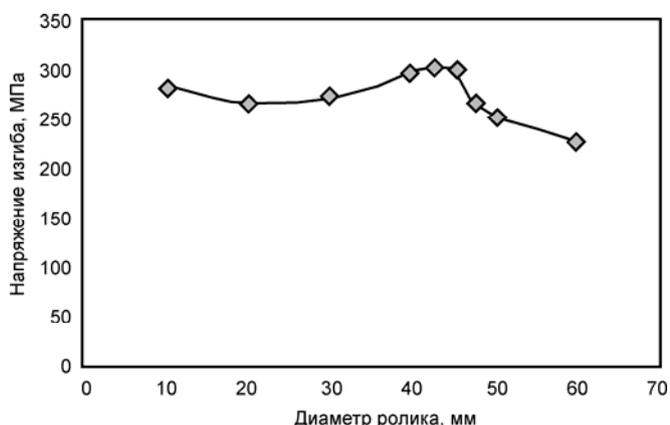


Рис. 3. Изменение напряжения изгиба в проволоках металлокорда $2 \times 0,30\text{HT}$ от диаметра деформирующего ролика

Как видно из результатов моделирования, с уменьшением диаметра деформирующего ролика осевой сдвиг проволок возрастает. При этом напряжения изгиба изменяются неоднозначно с экстремумом диаметра ролика в области 42–44 мм.

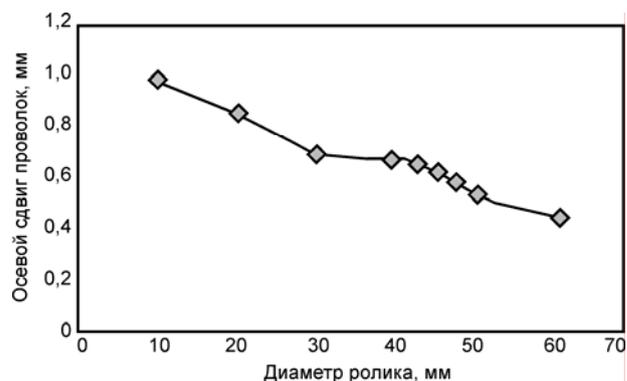


Рис. 4. Изменение осевого сдвига проволок металлокорда $2 \times 0,30\text{HT}$ от диаметра деформирующего ролика

Скалярное значение суммы относительных изменений напряжений и перемещений Sg [5] для металлокорда в зависимости от режимов деформации изменяется неоднозначно с образованием нескольких экстремумов (рис. 5). Поэтому для получения необходимой прямолинейности металлокорда нужно определять оптимальные напряжения в проволоках металлокорда и максимальное перемещение проволок относительно друг друга для устранения контактных напряжений.

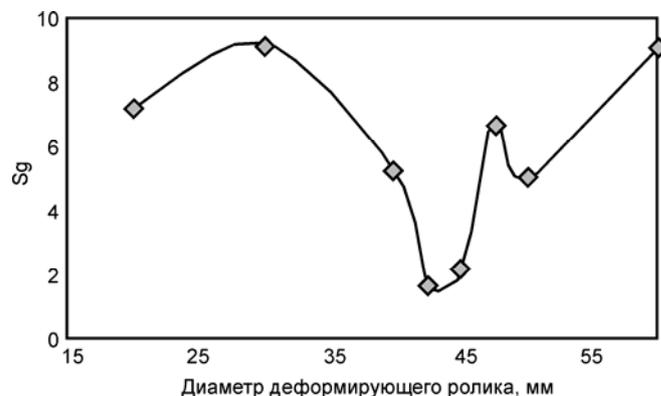


Рис. 5. Зависимость значения Sg от диаметра деформирующего ролика

Лабораторные испытания отдельных конструкций металлокорда с различными параметрами воздействия на металлокорд перед намоткой на приемную катушку показали результаты по оптимальным размерам деформирующих роликов, близкие к теоретическим. Полученные значения отклонения от прямолинейности металлокорда с использованием оптимального деформирующего ролика представлены на рис. 6.

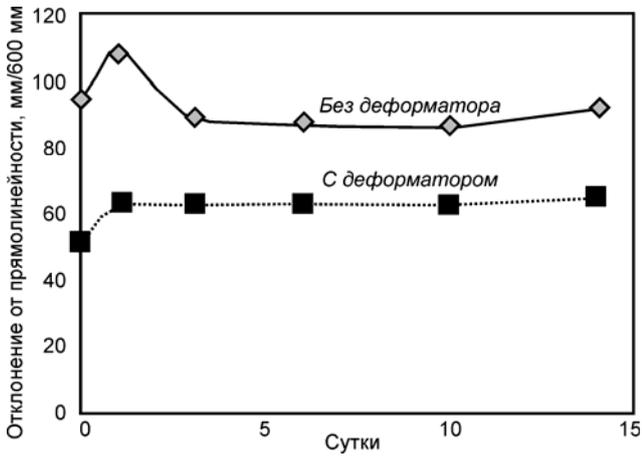


Рис. 6. Результаты отклонения от прямолинейности металлокорда $2 \times 0,30HT$ с использованием оптимального диаметра деформирующего ролика

По данным исследований, использование деформирующего ролика оптимального диаметра снижает отклонение от прямолинейности металлокорда $2 \times 0,30HT$ в среднем на 30,6 % по сравнению с вариантом производства металлокорда без использования ролика.

Но это только один из факторов, влияющих на прямолинейность металлокорда. Согласно данным, полученным в результате моделирования изгиба металлокорда на деформирующем ролике разного диаметра, а также в результате лабораторных и промышленных испытаний, можно сделать вывод о том, что на прямолинейность металлокорда после свивки оказывает влияние натяжение металлокорда при намотке, воздействуя на величину осевых сдвигов проволоки в конструкции металлокорда. Результаты моделирования режимов растягивающих нагрузок с оценкой осевых макроперемещений и изменения напряжений в конструкции металлокорда показаны на рис. 7–10 на примере металлокорда $2 \times 0,25$.

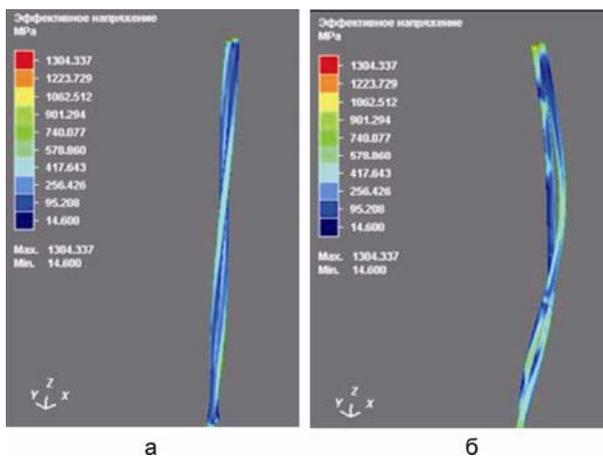


Рис. 7. Сравнение напряжений в проволоках металлокорда $2 \times 0,25$ до и после деформации на ролике diam. 45 мм и с натяжением металлокорда 10 Н: а — перед роликом; б — на ролике

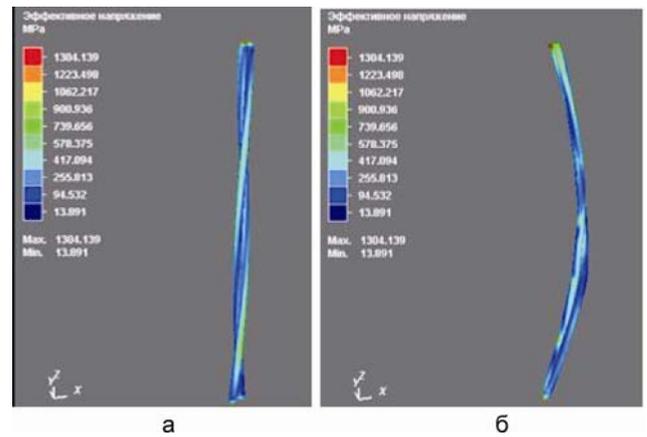


Рис. 8. Сравнение напряжений в проволоках металлокорда $2 \times 0,25$ до и после деформации на ролике diam. 45 мм и с натяжением металлокорда 15 Н: а — перед роликом; б — на ролике

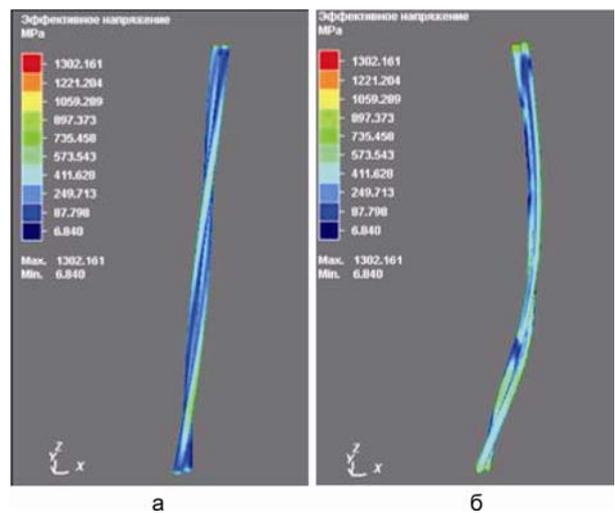


Рис. 9. Сравнение напряжений в проволоках металлокорда $2 \times 0,25$ до и после деформации на ролике diam. 45 мм и с натяжением металлокорда 17 Н: а — перед роликом; б — на ролике

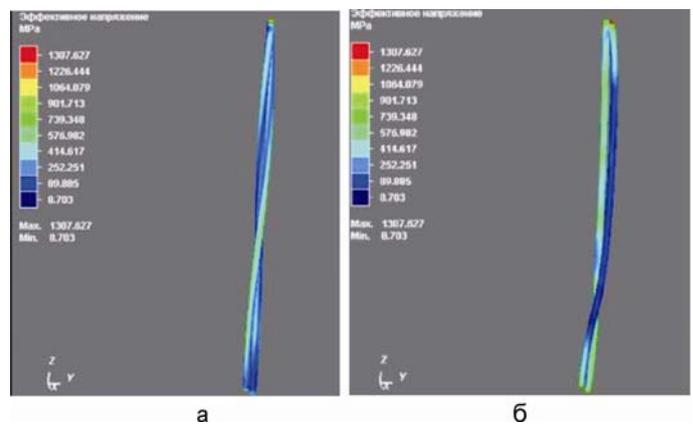


Рис. 10. Сравнение напряжений в проволоках металлокорда $2 \times 0,25$ до и после деформации на ролике diam. 45 мм и с натяжением металлокорда 20 Н: а — перед роликом; б — на ролике

Для сравнения уровней напряжения и значений осевого смещения проволок принимаются пиковые зоны с высокими значениями напряжений в связи с особенностями построения компьютерной модели.

Анализ приведенных данных по влиянию натяжения металлокорда при намотке на приемную катушку показал небольшую разницу в изменении напряжений в проволоке, но при этом максимальное осевое смещение наблюдается при минимальной растягивающей нагрузке. Таким образом, уменьшение натяжения металлокорда $2 \times 0,25$ должно благоприятно сказаться на перераспределении контактных напряжений и улучшить прямолинейность металлокорда во времени.

Еще одним параметром деформации металлокорда на деформирующем ролике является значение угла охвата деформирующего ролика. Угол охвата определяет число шагов металлокорда, одновременно обрабатываемых на деформирующем ролике. Скорость проработки также показывает, сколько шагов металлокорда находится каждую секунду на деформирующем ролике.

Анализ графиков, приведенных на рис. 11, показывает, что наибольшим эффектом для металлокорда $2 \times 0,30$ НТ обладает заправка с 1–1,2 оборотом на деформирующем ролике диам. 44 мм. Увеличение числа оборотов не дает положительного эффекта. Напротив, при повышении числа оборотов до двух наблюдается увеличение отклонения от прямолинейности металлокорда при выдержке его на катушке. Это значит, что воздействие на металлокорд должно быть ограничено упругой зоной и не превышать предела текучести металла, т. е. не переходить зону пластичности [6]. При изменении шага свивки металлокорда значения оптимального угла охвата и диаметра деформирующего ролика будут другими.

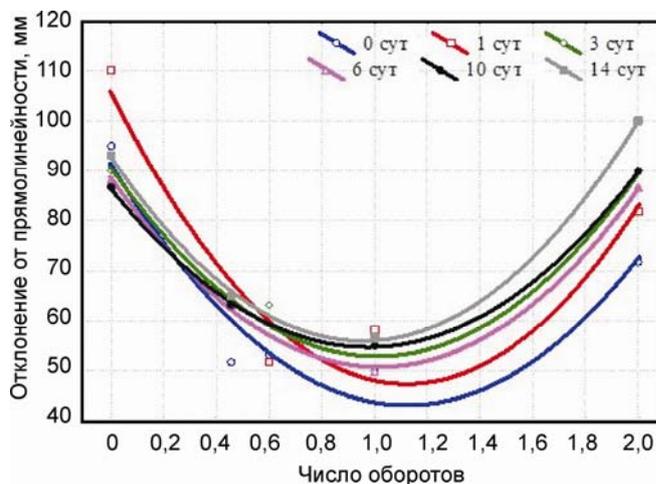


Рис. 11. Результаты определения оптимального угла охвата металлокорда $2 \times 0,30$ НТ на цилиндре 44 мм

Установлено, что использование дополнительных деформирующих устройств при свивке металлокорда перед намоткой на приемную катушку имеет положительное воздействие на прямолинейность металлокорда. Особое влияние на прямолинейность металлокорда оказывают диаметры деформирующего ролика и схемы заправки металлокорда на ролик. Диаметр деформирующего ролика влияет на уровень напряжений в проволоках в конструкции металлокорда при изгибе и на величину осевых сдвигов проволоки в конструкции металлокорда. Для уменьшения отклонения от прямолинейности металлокорда необходимо обеспечить устойчивый режим осевых макроперемещений в конструкции металлокорда путем подбора диаметра деформирующего ролика, оптимальный угол охвата металлокордом деформирующего ролика, минимально допустимое натяжение металлокорда при деформации на деформирующем ролике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Веденеев, А. В. Релаксационные явления при изготовлении металлокорда [Текст] / А. В. Веденеев, В. С. Музыченко // Сталь. — 2016. — № 5. — С. 41–46.
2. Бобарикин, Ю. Л. Определение диаметра ролика обратной деформации для канатной машины в узле намота металлокорда [Текст] / Ю. Л. Бобарикин, С. В. Авсейков, Ю. В. Мартыанов, А. В. Веденеев // Обработка материалов давлением. — 2015. — № 1 (40).
3. Бобарикин, Ю. Л. Определение диаметра ролика обратной деформации для канатной машины в узле намота металлокорда [Текст] / Ю. Л. Бобарикин, С. В. Авсейков, Ю. В. Мартыанов // 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.; под общ. ред. А. А. Бойко. — Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. — 531 с.
4. Bobarikin, Y. L. Effect of deformation parameters of steel cord before lapping on straightness [Text] / Y. L. Bobarikin, Y. V. Martyanov, A. V. Vedeneev // Czestochowa University of Technology, Czestochowa (Польша), a collective monograph XVIII International scientific conference “New technologies and achievements in metallurgy, material engineering, production engineering and physics”. — 2017. — № 68. — S. 133–141.

5. Бобарикин, Ю. Л. Влияние диаметра деформирующего ролика на макродвижения в металлокорде [Текст] / 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.; под общ. ред. С. И. Тимошина. — Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. — С. 117, 118.
6. Бобарикин, Ю. Л. Влияние схемы заправки деформирующего устройства для повышения прямолинейности металлокорда [Текст] / Ю. Л. Бобарикин, С. В. Авсейков, Ю. В. Мартьянов, А. В. Веденеев // Механическое оборудование металлургических заводов, ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова. — 2015. — № 2 (5). — С. 42–46.