

Таким образом, определено, что при уменьшении величины сетки конечных элементов результаты моделирования напряженного состояния являются более точными, а анализ распределения напряжений – более адекватным. Однако более мелкая сетка приводит к значительному увеличению времени расчетов. Для достижения оптимального режима расчета, когда достоверные результаты могут быть получены с достаточной скоростью, необходимо для каждой модели самостоятельно определять параметры сетки.

Литература

1. Мартьянов, Ю. В. Моделирование изгиба металлокорда перед намотом в деформирующих устройствах / Ю. В. Мартьянов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики управления : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2017. – С. 93–96.

ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОКОРДА

Д. С. Чубарев

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

Научный руководитель Ю. В. Мартьянов

Построены численные модели свивки металлокорда $4 + 3 \times 0,35$ NT и его деформации на ролике. Определены величины, экстремумы остаточных напряжений, формирующихся в процесс деформации проволок свивкой и изгибом. Установлено, что для улучшения технологических свойств металлокорда необходимо обеспечивать равномерность формирования остаточных напряжений.

Ключевые слова: металлокорд, напряжения, моделирование, технологические свойства.

Металлокорд представляет собой витое изделие из проволоки диаметром от 0,1 до 1 мм, которое используется в качестве армирующего элемента автомобильных шин и резиновых полотен. Наиболее распространенный класс прочности металлокорда НТ изготавливается из стали 80. Методы получения высокопрочного металлокорда (волочение проволоки на волочильных станах, свивка металлокорда из проволоки на канатных машинах) не всегда обеспечивают низкий показатель отклонения от прямолинейности металлокорда (менее 80 мм на длине 600 мм). Это влияет на процессы автоматизации производства автомобильных шин, так как автоматические линии производства шин переводятся в ручной режим, что снижает производительность. Основной причиной отклонения от прямолинейности металлокорда являются остаточные напряжения, возникающие в металле в процессе волочения проволоки и свивки металлокорда из проволоки [1].

Для достижения низкого показателя отклонения от прямолинейности металлокорда используются технические и технологические способы, основанные на изгибе и натяжении при волочении проволоки и изгибе металлокорда при свивке. Известные способы не позволяют снизить отклонение от прямолинейности металлокорда до низкого показателя в связи с отсутствием учета неравномерности распределения остаточных напряжений по сечению проволоки и металлокорда, отсутствием учета суммарных напряжений и макроперемещений проволок в конструкции металлокорда.

Производство металлокорда с низким показателем отклонения от прямолинейности является актуальной задачей, так как данное требование компаний-потребителей – важный критерий. При несоответствии металлокорда поставленным требованиям возникают рекламации и возврат металлокорда с последующей его заменой или исправлением, что накладывает дополнительную нагрузку на предприятие-производитель металлокорда.

В процессе свивки металлокорда проволока подвергается крутящим и изгибающим напряжениям. Это в совокупности с напряженно-деформированным состоянием проволоки в процессах волочения и свивки, а также с уровнем внутренних остаточных напряжений, возникающих в проволоке после волочения, делает невозможным прогнозирование изменения свойств проволоки и корда известными расчетными способами. Для корректного расчета свивки металлокорда требуется точный прогноз уровня внутренних остаточных напряжений, возникающих при волочении.

Главным методом исследования величины остаточных напряжений является метод численного моделирования. Использование этого метода, основанного на методе конечных элементов, позволяет получить общую картину напряжений и деформаций проволоки в рихтовальном устройстве с высокой точностью расчетов. Главными требованиями при численном моделировании являются правильное построение модели с точки зрения геометрии, выбор начальных и граничных условий, а также выбор оптимального типа сетки конечных элементов. От выбранного типа конечного элемента, его геометрической формы будет зависеть точность и длительность расчетов, а также адекватность построенной модели.

Численное моделирование в отличие от аналитических способов с достаточной точностью показывает картину напряжений и деформаций не только в упругой, но и в пластической зоне деформации. Это является основным преимуществом перед аналитическими расчетами.

Верификация результатов численного моделирования осуществляется сравнением результатов аналитических вычислений с результатами моделирования.

Построена численная модель свивки и деформации изгибом металлокорда на ролике. Внешний вид модели деформации металлокорда на примере $4 + 3 \times 0,35$ NT представлен на рис. 1.

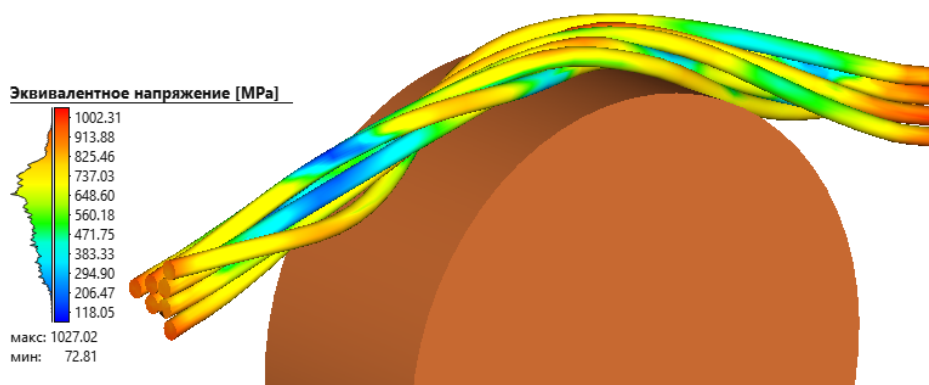


Рис. 1. Внешний вид модели деформации металлокорда $4 + 3 \times 0,35$ NT

После обработки результатов моделирования определяются экстремумы напряжений, распределения напряжений по поперечному сечению. Установлено, что наибольшие напряжения при изгибе металлокорда локализуются в зоне, наиболее

удаленной от центра ролика и от оси свивки металлокорда. Таким образом, в металлокорде преобладают растягивающие объемные напряжения, которые могут быть рассчитаны как геометрическая сумма изгибающих и крутящих напряжений. Это означает, что металлокорда при изгибе находится в сложном напряженном состоянии.

Неравномерное распределение остаточных напряжений в проволоке после волочения, а также высокое значение остаточных напряжений после свивки металлокорда могут увеличить отклонение от прямолинейности металлокорда.

Для уменьшения отклонения от прямолинейности требуется приблизить состояние металлокорда близкое к равновесному состоянию, при котором остаточные напряжения будут равномерно распределены по сечению проволоки. Для этого необходимо достичь условия изгиба металлокорда на деформирующем ролике, при котором смещение точек контакта и изменение эквивалентных напряжений в пределах шага свивки металлокорда минимально.

Л и т е р а т у р а

1. Мартянов, Ю. В. Современные тенденции и перспективы развития производства проволоки и металлокорда для автомобильных шин / Ю. В. Мартянов // I Международный молодежный научно-культурный форум студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых : сб. материалов, Гомель, 5–7 марта 2024 г. / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель, 2024. – С. 125. – EDN QJAIQIG.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ИЗГИБА МЕТАЛЛОКОРДА НА ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Д. В. Деревянко

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

Научные руководители: Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартянов

Построены численные модели свивки и изгиба металлокорда. Определено, что количество изгибов металлокорда в роликовой рихтовке влияет на величину эквивалентных напряжений. Установлена зависимость величины эквивалентных напряжений в проволоке металлокорда от количества изгибов металлокорда в рихтовальном устройстве.

Ключевые слова: металлокорд, напряжения, моделирование, технологические свойства.

Цель исследования – изучить влияние способа изгиба металлокорда на его технологические свойства

Металлокорд – стальное витое изделие из проволок, которое используется в качестве армирующего элемента в резинотехнических изделиях.

К технологическим свойствам относятся отклонение от прямолинейности, остаточное кручение и др. Основная причина отклонения технологических свойств от требований – неравномерность остаточных напряжений, их величина и релаксация.

Наиболее современным способом исследования технологических процессов является моделирование с помощью метода конечных элементов. Были построены модель свивки металлокорда, а также модель знакопеременного изгиба металлокорда, которая, в свою очередь, учитывает степень деформации проволок, распределение напряжений и деформаций в проволоках, а также контактное взаимодействие в конструкции металлокорда [1].