

СЕКЦИЯ II МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ВЫПУСКАЕМОГО МЕТАЛЛОКОРДА

А. А. Кравцов

*Открытое акционерное общество «Белорусский
металлургический завод» – управляющая компания
холдинга «Белорусская металлургическая компания», г. Жлобин*

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Отмечено, что на мировом рынке одной из актуальных тенденций является использование в шинах металлокорда более высокой прочности. Тенденция уже прочно укрепилась на европейском рынке и набирает популярность в странах ЕАЭС. Стремление к развитию производства высокопрочной проволоки и изготовленного из нее металлокорда обусловлено не только экономическими, но и экологическими требованиями к продукции автомобильной промышленности. Многолетний опыт работы в области производства металлокорда позволил разработать технологию изготовления сверх- и ультравысокопрочного металлокорда для легковых и легкогрузовых шин. Дальнейшее повышение прочности выпускаемого металлокорда позволит расширить сортамент и освоить новые виды конкурентоспособной продукции. Определено, что для этого требуется решить ряд вопросов, связанных как с модернизацией или обновлением оборудования, так и с необходимостью использования новых материалов и усовершенствованных технологических режимов.

Ключевые слова: технология, волочение, свивка, микролегирование, тенденции.

Металлокорд представляет собой витое изделие, состоящее из нескольких проволок, каждая из которых оказывает влияние на свойства конечного продукта, и используется для армирования шин. Производство металлокорда тесно связано с развитием автомобильной промышленности. Стремление к развитию производства мегавысокопрочной проволоки и изготовленного из нее металлокорда связано не только экономическими, но и экологическими требованиями к продукции автомобильной промышленности. Повышение прочности металлокорда позволит увеличить время жизни шин, уменьшить их потребление и соответственно уменьшить влияние на экологию. Развитие данного направления дает возможность расширить линейку групп прочности металлокорда и освоить новые виды конкурентоспособной продукции. Ряд мировых производителей приступил к разработке шин, с использованием металлокорда, изготовленного из стальной латунированной проволоки с прочностью 4100 МПа, а в некоторых случаях – до 4800 МПа [1]. Поскольку практически все разработки в данном направлении можно отнести к секретам производства («ноу-хау»), приходится искать пути достижения повышения прочности выпускаемого металлокорда, исходя из возможностей имеющегося в распоряжении оборудования.

Цель работы – определение основных направлений исследований для совершенствования и разработки технологий производства мегавысокопрочного металлокорда.

Среди возможных путей повышения прочности металлокорда можно выделить следующие:

- увеличение углеродного эквивалента в исходной катанке;
- применение микролегирования;
- повышение чистоты стали;
- совершенствование режимов волочения проволоки и свивки металлокорда с целью поиска технологической возможности более интенсивного деформационно-го упрочнения стали без повышения содержания углерода.

Существует ряд факторов, сдерживающих повышение прочности металлокорда:

- увеличение углеродного эквивалента в исходной катанке способствует возрастанию уровня ликваций, что, в свою очередь, может стать причиной появления структурно-свободного цементита в процессе патентирования. Кроме того, из-за увеличения содержания углерода происходит возрастание динамического деформационного старения, приводящего к потере пластичности поверхностных слоев проволоки;

- микролегирование переходными металлами замедляет процесс патентирования, что приводит к снижению производительности процесса;

- обеспечение повышенной чистоты стали, полученной электродуговой плавкой с шихтой преимущественно из металлолома, проблематично;

- использование термодиффузионных установок, предназначенных для нагрева проволоки после нанесения медного и цинкового покрытия с целью получения сплава – латуни, в результате взаимной диффузии меди и цинка снижает прочность проволоки;

- увеличение суммарной деформации, необходимой для получения уравновешенного высокопрочного металлокорда, зачастую приводит к росту обрывов в процессе свивки. И, как следствие, может потребоваться снижение скоростей волочения стальной латунированной проволоки и свивки металлокорда, что также окажет отрицательное влияние на производительность процесса;

- увеличение прочности стальной латунированной проволоки ведет к увеличению упругости материала, что может отрицательно сказаться на прямолинейности и нераскручиваемости металлокорда.

Несмотря на сложность и многофакторность процесса изготовления мегапрочного металлокорда, из литературных источников [2–4] известно, что достижение высокого уровня прочности тонкой проволоки в сочетании с достаточной пластичностью возможно с использованием катанки с высоким содержанием углерода и легирующих элементов. Высокоуглеродистая сталь с содержанием углерода 0,90 % после тонкого волочения достигает прочности при растяжении более 4000 МПа.

В работах, проводимых на предприятии, находят отражение новые мировые тенденции в области разработки перспективных конструкций шин и металлокорда для них, что проявляется в постоянно расширяющемся списке конструкций, которые производятся или могут быть произведены на существующем оборудовании, а также улучшении эксплуатационных свойств выпускаемой продукции. Освоение технологического процесса изготовления металлокорда в условиях предприятия началось с изготовления тонкой латунированной проволоки диаметрами от 0,15 до 0,265 мм из стали марки 70К. Дальнейшее развитие данного направления позволило расширить сортамент и освоить новые виды конкурентоспособной продукции, в том числе сверх- и ультравысокопрочной проволоки, из которой изготавливается металлокорд для легковых и легкогрузовых шин [5–23]. Внедрение мегавысокопрочных конструкций металлокорда в промышленных объемах требует не только совершенно нового уровня технологической дисциплины, но и предъявляет новые требования к исходным материалам и используемому для производства оборудованию.

Проведенный литературно-патентный анализ [1–30] показал, насколько возрос интерес к области разработки конструкций шин с использованием мегавысокопрочного металлокорда. Систематизированные и обобщенные данные, полученные в процессе изучения вопроса повышения прочности металлокорда в условиях отечественного производства, определили сдерживающие факторы и основные направления исследований для совершенствования и разработки технологий производства мегавысокопрочного металлокорда. Определено, что исследования будут направлены на использование для металлокорда стали, микролегированной хромом с содержанием углерода 0,80–0,90 %, на условия повышения чистоты стали и совершенствовании режимов волочения проволоки, а также режимов свивки металлокорда.

Литература

1. Веденеев, А. В. Новые направления в развитии металлокорда / А. В. Веденеев // Литье и металлургия. – 2004. – № 3 (31). – С. 162–165.
2. Kazuhiko, K. Production Technology of Wire Rod for High Tensile Strength Steel Cord / K. Kazuhiko // Wire Rod Production Department, Kakogawa Works, Iron & Steel Business Kobelco technology review. – 2011. – Dec. – N 30.
3. Daiton, V. Микроструктура сильнодеформированной высокоуглеродистой проволоки = Microstructures of heavily deformed high carbon steel wires / V. Daiton, T. Hamada // Tetsu to hagane = Journal of Iron and Steel Institute of Japan. – 2000. – Vol. 86, N 2. – С. 105–110.
4. Бобарикин, Ю. Л. Перспективные направления совершенствования метизного производства в Республике Беларусь / Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартыанов // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем : сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Ун-т им. Аджинкья Д. Я. Патила ; под ред. М. Н. Андриянчиковой. – Гомель, 2023. – С. 138–140.
5. Lings, K. High-strength wire rod for tire cord applications / K. Lings // Tire technology international. – 2006. – P. 112–114.
6. Куренкова, Т. П. Анализ возможных причин образования зернистого цементита в структуре проволоки из высокоуглеродистой стали в условиях метизного производства РУП «БМЗ» / Т. П. Куренкова, И. В. Борисовец // Литье и металлургия. – 2008. – № 3. – С. 84–88.
7. Влияние скорости волочения на температуру и напряженно-деформированное состояние в проволоке из высокоуглеродистой стали / М. Н. Верещагин, Ю. Л. Бобарикин, А. Н. Савенок [и др.] // Литье и металлургия. – 2008. – № 1. – С. 40–48.
8. Маточкин, В. А. Особенности термической обработки и подготовки поверхности высокоуглеродистой катанки-проволоки при волочении / В. А. Маточкин // Металлургия и литейное производство 2007 : материалы Междунар. науч.-техн. конф., г. Минск, май 2007 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – С. 45–48.
9. Савенок, А. Н. 20 лет метизному производству белорусского «индустриального гиганта» / А. Н. Савенок, А. В. Веденеев // Литье и металлургия. – 2007. – № 4. – С. 24–28.
10. Андрианов, Н. В. Производство металлокорда в Беларуси / Н. В. Андрианов, А. Н. Савенок, Ю. Л. Худoley // Металлургия и литейное производство 2007 Беларусь : материалы Междунар. науч.-техн. конф., г. Минск, 2007 г. – С. 27–32.
11. Веденеев, А. В. Современные тенденции развития оборудования для свивки металлокорда / А. В. Веденеев, В. С. Панизович // Литье и металлургия. – 2005. – № 4 (36). – С. 81–85.
12. Савенок, А. Н. Новые направления развития производства металлокорда / А. Н. Савенок, А. В. Веденеев // Сталь. – 2004. – № 10. – С. 89–91.
13. Влияние неметаллических включений на обрывность проволоки при свивке металлокорда / С. А. Исаков, Л. А. Бердикулова, Т. М. Кудрявцева, Д. С. Лучшева // Сталь. – 2002. – № 10. – С. 34–37.
14. Катильков, Г. Н. Сверхвысокопрочная латунированная проволока для рукавов высокого давления / Г. Н. Катильков // Литье и металлургия. – 2005. – № 3 (35). – С. 107–108.
15. Веденеев, А. В. Модернизация канатной машины для производства металлокорда / А. В. Веденеев, А. Н. Пушков, С. Б. Никитин // Металлургия XXI века : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 2004.
16. Игнатенко, О. И. Влияние распределения частных деформаций и величины рабочих углов волок на характеристики тонкой высокопрочной проволоки / О. И. Игнатенко, А. С. Желтков // Металлургия XXI века : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 2004.

17. Фетисов, В. П. Структурные аспекты снижения пластичности высокопрочной проволоки при больших суммарных обжатиях / В. П. Фетисов // Литье и металлургия. – 2012. – № 4 (68). – С. 107–109.
18. Фетисов, В. П. Влияние технологии свивки методом двойного кручения на формирование остаточных кручений и прямолинейности металлокорда / В. П. Фетисов // Литье и металлургия. – 2012. – № 4 (68). – С. 45–47.
19. Евдонич, В. А. Исследование влияния применения сдвоенной чистовой волоки на пластические свойства стальной высокоуглеродистой проволоки / В. А. Евдонич, Ю. Л. Бобарикин, Т. А. Ахметов // Литье и металлургия. – 2019. – № 3. – С. 113–117.
20. Ковалева, И. А. Особенности формирования закалочных структур в высокоуглеродистой катанке диаметром 5,5 мм / И. А. Ковалева, Н. А. Ходосовская, А. А. Кучкоч // Литейное производство и металлургия 2019, Беларусь : материалы Междунар. науч.-техн. конф, 2019. С. 151–153.
21. Бирюков, Б. А. Снижение обрывности высокопрочной проволоки при свивке металлокорда на машинах двойного кручения / Б. А. Бирюков, Ю. В. Феоктистов, А. В. Веденеев // Черные металлы. – 2012. – С. 37–43.
22. Демидов, А. В. Опыт модернизации станков мокрого волочения проволоки для металлокорда / А. В. Демидов, И. А. Муравейко // Литье и металлургия. – 2018. – № 4 (93). – С. 97–102.
23. Температурно-деформационный критерий оптимизации маршрутов волочения тонкой высокоуглеродистой проволоки / Ю. Л. Бобарикин, С. В. Авсейков, А. В. Веденеев, И. Н. Радькова // Литье и металлургия. – 2012. – № 3 (67). – С. 205–208.
24. Борисовец, И. В. Дефекты латунного покрытия и их влияние на качество тонкой латунированной проволоки / И. В. Борисовец, В. И. Возная, А. А. Сахарная // Литье и металлургия. – 2013. – № 3 (72). – С. 192–198.
25. Серегина, Е. С. Обрывность проволоки во время волочения по причинам наличия поверхностных дефектов, наследованных с катанки / Е. С. Серегина // Литье и металлургия. – 2017. – № 4 (89). – С. 26–31.
26. Игнатенко, О. И. Эффективность использования сталей, микролегированных хромом, в мезином производстве в условиях РУП «БМЗ» / О. И. Игнатенко, Е. В. Шамановская // Литье и металлургия. – 2008. – № 3 (47). – С. 89–91.
27. Заявка RU 0002695847. Высокопрочная стальная проволока / Mesplont C., Tempelaere G, Van Haver W., De Clercq M. : опубл. 28.02.2019.
28. Патент BY 6035. Способ изготовления высокопрочной стальной проволоки / Желтков А. С., Савенок А. Н., Ежов В. В., Филиппов В. В. : опубл. 30.03.2004.
29. Патент BY 6487. Способ изготовления высокопрочной стальной проволоки с повышенной пластичностью при скручивании / Желтков А. С., Филиппов В. В. : опубл. 30.09.2004.
30. Столяров, А. Ю. Разработка конкурентоспособной технологии производства проволоки высокой прочности для армирования автомобильных шин : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.16.05 / Столяров Алексей Юрьевич ; Магнитогор. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова. – Магнитогорск, 2013. – 16 с.

ВЛИЯНИЕ ТИПА И РАЗМЕРА СЕТКИ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СВИВКИ МЕТАЛЛОКОРДА

Д. С. Чубарев

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

Научный руководитель Ю. В. Мартянов

Рассмотрены различные виды сеток конечных элементов для численного моделирования. Определены типы сеток, применяемые для моделирования свивки металлокорда. Проведен сравнительный анализ влияния размера сетки на точность расчетов.

Ключевые слова: металлокорд, моделирование, сетка, конечный элемент.