

На правах рукописи

РГБ ОД

Большакова Марина Михайловна:

- 5 МАЯ 2003

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОЛОЧЕНИЯ МЕТАЛЛОАРМАТУРЫ
С ПОВЫШЕННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
ДЛЯ БОРТОВЫХ КОЛЕЦ ШИН

Специальность 05.16.05 - Обработка металлов давлением

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Магнитогорск - 2000

Работа выполнена в ОАО «Магнитогорский калибровочный завод».

Научные руководители: доктор технических наук,
профессор
ГУН Г.С.

кандидат технических наук,
ПУДОВ Е.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор
Колмогоров Г. Л.

кандидат технических наук,
Коломиец Б.А.

Ведущее предприятие: ОАО «Белорецкий металлургический комбинат».

Защита состоится 27 апреля 2000г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 063.04.01 в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова по адресу: 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета. Автореферат разослан « 27 » марта 2000г.

Ученый секретарь
диссертационного совета


В. Н. Селиванов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Развитие автомобильной промышленности приводит к повышению требований к качеству шин в части увеличения предельно допустимой нагрузки, воспринимаемой центробежной силы, износостойкости и прочности при скольжении. В шинном производстве для армирования используется кордная и бортовая проволока (БЛП). Одним из основных элементов покрышки, обеспечивающим ее прочность, жесткость и устойчивую посадку шины на обод колеса, является бортовое кольцо.

Бортовая часть шины в процессе эксплуатации воспринимает различные нагрузки: от усилий при посадке ее на обод колеса, от внутреннего давления в шине, от действия центробежных сил при вращении колеса и уводе шины от боковых нагрузок. Поэтому требования к металлоарматуре для бортовых колец шин достаточно жесткие. При этом коэффициент использования прочности бортовой проволоки в пневматических шинах составляет лишь 40 %. Перспективными являются работы, направленные на повышение эксплуатационных свойств бортовой проволоки и разработку новых конструкционных материалов для бортового кольца.

Цель работы

Повышение потребительских и качественных характеристик металлоарматуры для бортов шин за счет разработки технологии изготовления на основе анализа закономерности формирования прочностных, пластических свойств бортовой проволоки, а также остаточных напряжений в процессе многократного волочения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать рациональную технологию изготовления бортовой проволоки для чего:

1.1. Изучить закономерности изменения физико-механических свойств проволоки по всему технологическому процессу; выполнить расчет поправочных коэффициентов, учитывающих специфические условия производства на ОАО «МКЗ»;

1.2. Исследовать причины неравновесного состояния проволоки, заключающиеся в формировании поля остаточных напряжений в процессе деформирования.

2. Разработать технологию изготовления перспективных видов изделий для армирования бортов шин.

Научная новизна

Разработаны математические модели и поправочные коэффициенты, описывающие закономерности изменения физико-механических свойств холоднодеформируемой проволоки при волочении применительно к действующему оборудованию ОАО «МКЗ».

Предложены методики для определения и оценки остаточных напряжений при волочении бортовой проволоки с точки зрения влияния их на неравновесное состояние на основании исследования процесса деформации, скорости волочения, изгиба проволоки на вытяжных шкивах.

Предложена зависимость для расчета напряжений волочения в строенной волоке, которая объясняет эффект выравнивания остаточных напряжений для изготовления равновесной бортовой проволоки.

Созданы технология изготовления, и новая конструкция металлоарматуры для борта шины в виде бесконечного кольца из проволочной пряди.

Практическая ценность и реализация результатов работы

На основании выявленных особенностей формирования механических свойств бортовой проволоки разработана эффективная технологическая схема изготовления заготовки и готовой проволоки. Определены рациональные параметры технологии и достигнуто повышение качества проволоки, разработана нормативно-технологическая документация.

Предложена и внедрена оригинальная конструкция строенной волоки, применение которой позволило получить равновесную бортовую проволоку. Разработаны и внедрены два технических условия на новые виды бортовой металлоарматуры.

Апробация работы

Основные результаты, представленные в диссертации, докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях МГМИ (1990-1998г.г.); Научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития научно-технического потенциала Южно-Уральского региона», Магнитогорск, 1994г.; Межгосударственной научно-технической конференции «Проблемы развития металлургии Урала на рубеже XXI века», Магнитогорск, 1996г.; III и IV Российских конференциях «Сырье и материалы для резиновой промышленности», Москва, 1996 и 1997г.г.; Научно-технической конференции «Материалы и конструкции в машиностроении и строительстве», Вологда, 1996г.; V Международной конференции «Актуальные проблемы материаловедения в металлургии», Новокузнецк, 1997; Конференции прокатчиков, Череповец, 1997г. и 1998г.

Публикации

Основное содержание диссертации изложено в 23 публикаци-

ях, в том числе в одной монографии.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, приложениях и списка литературы. Диссертация изложена на 95 страницах, содержит 11 рисунков, 17 таблиц. Список используемой литературы состоит из 98 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении проведено обоснование актуальности разработки эффективной технологии изготовления проволоки для бортовых колец шин и необходимости создания новых изделий для армирования шин, работающих при различных нагрузках.

В первой главе проведен анализ требований к проволоке для армирования бортов пневматических шин. Традиционно в нашей стране и за рубежом используется проволока, обладающая высокими прочностными, пластическими и адгезионными свойствами. При этом физико-механические характеристики ГОСТа 26366-84 превосходят аналогичные показатели к оцинкованной канатной проволоке марки В, применяемой при изготовлении канатов особо ответственного назначения для транспортировки людей в шахтах, лифтах, фуникулерах (по кручениям до 50 %, по гирам до 100 % в зависимости от прочностных характеристик). Выполнение требований к бортовой латунированной проволоке по временному сопротивлению разрыву, кручениям и гирам значительно сложнее, чем для оцинкованной проволоки. Это связано с процессом деформационного старения металла при термодиффузионном латунировании и отпуске. Поэтому для получения характеристик, заложенных в ГОСТ 26366-84, необходимо на проволоке перед по-

следней операцией – отпуском иметь уровень временного сопротивления разрыву на 15 %, по кручению на 50 % и, по гибам на 10 % выше требований на готовую латунированную проволоку. Кроме того, одной из основных технических характеристик бортовой проволоки диаметром 1,0 мм является прямолинейность (равновесность). Данный показатель зависит от характера распределения остаточных напряжений. На их величину и характер распределения оказывают влияние различные факторы: подготовка поверхности металла к волочению, величина суммарного обжатия, угол рабочей зоны волски, содержание углерода в стали, величина единичного обжатия при постоянном суммарном обжатии, способ патентирования и конструктивные особенности оборудования.

Следовательно, формирование вышеприведенных физико-механических характеристик проволоки требует специального комплексного подхода с учетом специфических особенностей действующего термического и волочильного оборудования.

Другим перспективным направлением повышения потребительских характеристик бортовой металлоарматуры является изменение сортамента и применение специальных конструкций. Так в последние годы в мировой и отечественной практике наметились следующие тенденции:

- увеличение диаметра бортовой проволоки;
- использование в бортовом кольце проволоки из высокоуглеродистой стали с пределом прочности не менее 2380 Н/мм^2 ;
- использование спиральновитых бортовых колец.

В работе доказана целесообразность разработки первых двух направлений на примере расчета усилий, возникающих в бортовом кольце шины в процессе эксплуатации. Результаты расчета пока-

зывают, что применение в бортовом кольце проволоки увеличенного сечения или повышенной прочности позволяет значительно понизить напряжения в отдельных проволоках бортового кольца и уменьшить его поперечное сечение, так как полезная загруженность бортового кольца увеличивается на 15..23 % и снижается живое сечение. В заключение главы определен круг вопросов, обусловивших актуальность и цели настоящего исследования, сформулированы конкретные задачи диссертационной работы.

Во второй главе проведен анализ базовой технологической схемы изготовления бортовой проволоки и предложены к внедрению гибкие технологические схемы.

Как показала практика работы, выход проволоки, соответствующей требованиям ГОСТ 26366-84, по базовому варианту технологии составил 60..70 %. Поэтому на основании известных зависимостей влияния содержания углерода, величины частных и суммарных обжатиий на физико-механические свойства проволоки разработано несколько технологических схем.

По предложенным вариантам переработано 124 партии катанки и проведено около 25000 испытаний физико-механических свойств проволоки по каждому переделу. Выполнен анализ структуры статистических данных для создания математических моделей и прогнозирования механических характеристик.

Проведен анализ остаточных напряжений при волочении проволоки на станах АЗТМ 12/650 ВСКТ с точки зрения разработки технологии волочения, обеспечивающей благоприятное распределение остаточных напряжений. Известно, что остаточные напряжения имеют решающее значение при получении равновесных, прямолинейных изделий, что является одной из наиболее важных

эксплуатационных характеристик бортовой проволоки. Влияние остаточных напряжений в производстве проволоки изучено в работах И.Л. Перлина, Ф.Ф. Витмана, Б.А. Никифорова и других исследователей. Так как остаточные напряжения являются упругими, то и изгибающий момент приводит к упругой деформации проволоки и получению неравновесных изделий. Нарушение симметрии распределения остаточных напряжений относительно оси волочения связано с изгибом проволоки на тяговых устройствах и обводных роликах, непосредственно при деформации в волокнах из-за перекоса в волокодержателе или асимметрии трения в очаге деформации. Поэтому в работе исследуется роль остаточных напряжений возникающих, как при непосредственном деформировании проволоки в конических волокнах, так и при изгибе проволоки во время намотки на тяговые и приемные устройств.

Для определения остаточных напряжений при многократном волочении в работе предложен энергетический подход, основанный на трудах Г.Л. Колмогорова. При этом компоненты напряженного состояния выражаются через неизвестный параметр:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{\bar{a}_1}{4\mu} \cdot (r^{-2} - 1) \\ \sigma_\theta &= \frac{\bar{a}_1}{4\mu} \cdot (3r^{-2} - 1) \\ \sigma_z &= \frac{\bar{a}_1}{2} \cdot (2r^{-2} - 1) \end{aligned} \right\}$$

где $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$ – радиальное, окружное (тангенциальное) и осевое

остаточные напряжения; μ – коэффициент Пуассона протягиваемого материала; $\bar{r} = \frac{r}{R}$ – безразмерная радиальная координата; R – радиус проволоки; \bar{a}_1 – неизвестный параметр.

В работе предложена методика для определения параметра \bar{a}_1 , в которой учитываются основные факторы процесса волочения: вытяжка за проход, угол конусности рабочего инструмента, механические свойства протягиваемого материала:

В работе предложена методика для определения параметра \bar{a}_1 , в которой учитываются основные факторы процесса волочения: вытяжка за проход, угол конусности рабочего инструмента, механические свойства протягиваемого материала:

$$\bar{a}_1 = \sqrt{\frac{24\mu^2 E}{1-\mu} \psi \sigma_s \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha_b \right)},$$

где E – модуль упругости; ψ – параметр, характеризующий физико-механические свойства; λ – вытяжка за проход; α_b – угол наклона образующей волоки к оси волочения.

Данная методика применена для многократного волочения, при этом остаточные напряжения будут возрастать от перехода к переходу и могут быть рассчитаны по всему маршруту волочения. Производится суммирование пластического деформирования по переходам и потенциальная энергия упругих остаточных напряжений определяется как часть энергии пластического деформирования:

$$U_{\text{деф}} = \sum_{i=1}^n \sigma_{\text{ср}}^i \cdot \varepsilon_i,$$

где $\sigma_{\text{ср}}^i$ – среднее сопротивление деформации в i -том проходе; ε_i – степень деформации за проход; n – количество проходов при многократном волочении.

Тогда выражение для расчета \bar{a}_1 примет вид:

$$\bar{a}_1 = \sqrt{\frac{24\mu^2}{1-\mu^2} \cdot \psi \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_{ср}^i \cdot \varepsilon_i}$$

В таблице приведены результаты расчета максимальных осевых остаточных напряжений σ_z в поверхностных слоях бортовой проволоки по всему маршруту волочения, в качестве заготовки используется проволока диаметром 2,80 мм с содержанием углерода 0,66..0,72 % , после патентирования с пределом прочности 1127..1225 Н/мм².

Результаты расчета осевых остаточных напряжений

Переходы маршрута	Маршрут волочения, мм	ε_i	$\sigma_{ср,2}$ Н/мм ²	$\Delta\sigma_z^{ост}$ Н/мм ²
1	2,73	0,255	780	60,8
2	2,48	0,259	830	63,3
3	2,25	0,261	880	65,6
4	2,04	0,262	940	67,4
5	1,85	0,260	990	69,5
6	1,68	0,270	1042	70,9
7	1,52	0,260	1095	74,1
8	1,38	0,240	1147	74,8
9	1,25	0,240	1220	76,8
10	1,14	0,250	1252	76,2
11	1,05	0,220	1300	73,6
12	1,00	0,230	1347	76,2

Как следует из таблицы, суммарное увеличение осевых остаточных напряжений в поверхностных слоях проволоки составляет 849,5 Н/мм², что не является опасным с точки зрения прочности и опасности разрушения проволоки. Расчеты остальных маршрутов дают аналогичные результаты. Таким образом, выполненные рас-

четы по предлагаемой методике позволяют оценить остаточные напряжения при волочении бортовой проволоки.

Другой причиной образования остаточных напряжений при волочении является неблагоприятный температурный режим проволоки в процессе волочения. Режимы волочения (в данном случае скорость волочения) должны быть подобраны таким образом, чтобы предотвратить данное явление. Термоупругому состоянию проволоки будут соответствовать следующие выражения для напряжений:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{\alpha E}{1-\mu} \cdot \left(\frac{1}{R^2} \int_0^R T_r dr - \frac{1}{r^2} \int_0^r T_r dr \right) \\ \sigma_\theta &= \frac{\alpha E}{1-\mu} \cdot \left(\frac{1}{R^2} \int_0^R T_r dr + \frac{1}{r^2} \int_0^r T_r dr \right) \\ \sigma_z &= \frac{\alpha E}{1-\mu} \cdot \left(\frac{2\mu}{R^2} \int_0^R T_r dr - T \right) \end{aligned} \right\}$$

где α – коэффициент линейного температурного расширения материала; μ – модуль упругости; E – коэффициент Пуассона; R – радиус проволоки; $T_{(r)}$ – температурная функция.

После определенных преобразований определяются температурные напряжения σ_r , σ_θ , σ_z , из анализа которых рассчитываются условия перехода в термопластическое состояние.

Из условий достижения критических температурных режимов контактного разогрева определяется предельная скорость волочения стальной проволоки диаметром 1,0 мм. Результаты расчета показывают, что для различных значений температуры центральных слоев по маршруту многократного волочения максимальная скорость волочения (8,3 м/с) находится в допустимых пределах.

При изгибе проволоки на вытяжных барабанах возникают нормальные растягивающие напряжения в наружных волокнах и сжимающие на внутренних волокнах проволоки. При этом нейтральной является ось проволоки, напряжения в которой равны нулю. Для элемента длиной L по нейтральной оси максимальная относительная деформация в наружном слое проволоки ($r=R$) будет равна:

$$\varepsilon_z = \frac{\frac{\Delta l}{R_B} \cdot (R_B + 2 \cdot R) - \Delta l}{\Delta l} = \frac{R_B + 2 \cdot R}{R_B + R} - 1 = \frac{R}{R_B + R} = \frac{R}{R_B}$$

Учитывая, что радиус барабана (R_B) во много раз превышает радиус проволоки, это соотношение упрощается: $\varepsilon_z = \frac{R}{R_B}$. Как

следует из данного соотношения, чем меньше радиус поверхности, на которую навивается проволока, тем большие деформации возникают в проволоке и при определенных соотношениях размеров эти деформации могут быть пластическими.

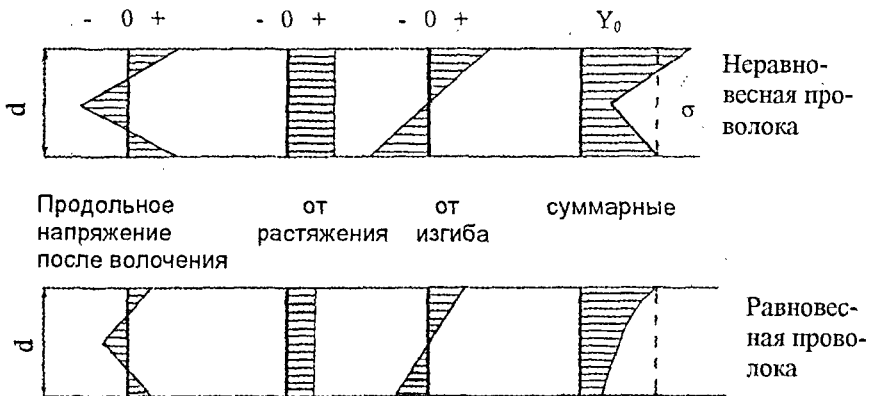


Схема распределения напряжений в проволоке диаметром 1,0 мм при напряжении: растяжение – изгиб

На рисунке показаны остаточные напряжения, возникающие при волочении, при изгибе проволоки на тяговых барабанах и суммарная эпюра остаточных напряжений. Результирующая эпюра остаточных напряжений несимметрична по отношению к оси проволоки. Данная несимметрия остаточных напряжений приводит к появлению изгибающего момента, который и является причиной неравновесности готовой проволоки.

В третьей главе выполнен статистический анализ полученных результатов испытаний физико-механических характеристик проволоки после волочения готовой - диаметром 1,0 мм и передельной - диаметрами 3,0; 2,8; 2,6 мм с целью уточнения известных зависимостей расчета прочности и установления возможности прогнозирования пластических свойств.

Как известно, в результате холодной пластической деформации свойства металла, полученные после волочения или приобретенные в результате термической обработки, существенно меняются. На изменение свойств при деформации оказывают влияние многие факторы: химический состав материала, его структура, величина зерна, степень деформации, величина и распределение частных обжатий в маршруте волочения, профиль волочильного инструмента, скорость волочения, температура деформации и др. Технология волочения решает две задачи: получение заданных размеров и формирование требуемого комплекса физико-механических характеристик. За основу для расчета прочностных характеристик и выбора диаметра передельной заготовки принимается уравнение Н.В. Соколова – К.И. Туленкова. По результатам математического анализа каждой партии катанки рассчитываем поправочные коэффициенты для данной формулы, которая при-

нимает вид:
$$\sigma_n = K_{K,з} \cdot \sigma_з \cdot \sqrt{\frac{d_з}{d_n}},$$

где $d_n, d_з$ – диаметр готовой проволоки и заготовки, мм; $\sigma_n, \sigma_з$ – предел прочности готовой и патентированной заготовки, Н/мм²; $K_з$ – коэффициент для волооченной проволоки из патентированной передельной заготовки; K_K – коэффициент для проволоки, изготовленной из катанки с прокатного нагрева.

Величину K_K и $K_з$ можно определить по следующим формулам:

$$K_K = \frac{C}{10} + \frac{Q}{10} + 0,90 \text{ и } K_з = \frac{C}{10} + \frac{Q}{10} + 0,95,$$

где Q – суммарные обжатия, %; C – содержание углерода, %.

Для прогнозирования прочностных и пластических характеристик проведено исследование и моделирование свойств проволоки по корреляционной связи между параметрами, предложен ряд уравнений, для примера приведем некоторые из них:

– проволока диаметром 1,0 мм (марка стали 60)

$$X_{4в} = 136 + 81,8X_c + 2,2X_{si} + 0,5X_{mn} + 4,2X_Q,$$

$$X_{4кр} = 38,8 - 8,0X_c + 2,7X_{si} + 4,5X_{mn} - 1,2X_Q,$$

– проволока диаметром 1,0 мм (марка стали 70)

$$X_{4в} = 144,9 + 11,6X_c + 27,9X_{si} + 20,1X_{mn} + 28,2X_Q,$$

$$X_{4кр} = -5,2 + 27,7X_c + 24,6X_{si} + 2,9X_{mn} - 14,7X_Q,$$

где $X_{4в}, X_{4кр}$ – временное сопротивление разрыву и число скручиваний проволоки диаметром 1,0 мм после волочения; X_c, X_{si}, X_{mn} – коэффициенты, учитывающие содержание C, Si, Mn ; X_Q – коэффициент, учитывающий диаметр заготовки.

Фактический уровень значений прочности и пластические характеристики волооченной проволоки диаметром 1,0 мм на 90 % соот-

ветствуют расчетным. Это позволило разработать гибкие технологические схемы изготовления БЛП, что привело к увеличению выхода годного до 98 %. Таким образом, разработанные коэффициенты и зависимости основных технологических факторов на уровень физико-механических характеристик позволили откорректировать технологическую схему изготовления проволоки диаметром 1,0 мм и подойти к проблеме создания АСУ «Качество».

Для создания технологии изготовления бортовой проволоки гарантированной равновесностью предложена оригинальная конструкция строенной волоки. Рассмотрены условия волочения при ее использовании. Предварительно изучены исследования, проводимые в этом направлении М.Ш. Райза, А.В. Трубицына, П.И. Денисова и других.

Принципиальная особенность деформации в строенной волоке заключается в том, что первая и вторая волоки производят ступенчатое деформирование до окончательного размера проволоки в второй волоке, третья волока осуществляет дополнительную окончательную центровку проволоки в инструменте. Эффективность строенной волоки в обеспечении получения равновесной проволоки объясняется наличием противонапряжения, создаваемого волокой первой ступени деформирования, при волочении через строенную волоку. В данном случае двухступенчатое деформирование в строенной волоке обеспечивает противонапряжение проволоки как между первой и второй деформирующими волоками, так и противонапряжение в целом в последнем проходе. Для оценки величины противонапряжения и усилия волочения воспользуемся формулой И.Л.Перлина. Учитывая, что при деформировании в первой волоке противонапряжение отсутствует, а возникающие напряжени

в первой волоке является противонапряжением при волочении через вторую волоку, формула для расчета напряжения волочения через строенную волоку примет вид:

$$\sigma_{\text{вол}2} = \sigma_{s1}^{cp} (1 + fctga_n) (Ln\mu_1 + \frac{\sigma_{s2}^{cp}}{\sigma_{s1}^{cp}} \cdot Ln\mu_2 - Ln\mu_1 \cdot Ln\mu_2 \cdot fctga_n)$$

где σ_{s1}^{cp} , σ_{s2}^{cp} – среднее сопротивление деформации металла в первой и во второй волоках; μ_1, μ_2 – вытяжка на первой и второй ступени соответственно; f – коэффициент трения в очаге деформации; α_n – приведенный угол волоки.

Формула позволяет рассчитать напряжение волочения при двухступенчатом деформировании в строенной волоке и объяснить эффект получения равновесной проволоки. В расчетах силовых условий волочения большую роль играет коэффициент трения. При этом в поверхностных слоях проволоки напряжения достигают 1201,2 Н/мм² и 1204 Н/мм² в интервале возможных значений коэффициента трения. Эти напряжения несколько больше в поверхностных слоях проволоки, где действуют также несимметричные относительно оси волочения остаточные напряжения от изгиба. Таким образом, технологические расчеты остаточных напряжений говорят о том, что при многократном волочении проволоки с использованием на последних переходах строенной проволоки в поверхностных слоях проволоки действуют суммарные напряжения близкие к пределу текучести протягиваемого материала (для стали марки 70 $\sigma_b=1815..2110$ Н/мм²; $\sigma_m=1270..1475$ Н/мм²).

На основании выполненных расчетов можно утверждать, что в строенной волоке возникают упругопластические деформации в поверхностных слоях проволоки, которые приводят к

перераспределению напряжений по сечению проволоки. По физическому смыслу многократное волочение с использованием в конце маршрута строенной волоки аналогично правке проволоки растяжением, когда подвергаемое правке изделие переводится в упругопластическое состояние и фиксируется его прямолинейная форма за счет перераспределения и выравнивания по сечению остаточных напряжений. Приведены данные практического применения строенной волоки при промышленном внедрении, которые подтвердили теоретические разработки. Использование строенной волоки в сочетании с роликовыми правильными устройствами гарантирует выход годного по равновесности до 98 %.

В четвертой главе рассматриваются перспективные направления повышения потребительских характеристик шин и изменение требований к бортовой металлоарматуре. Постоянно изменяющиеся требования рынка приводят к необходимости выпуска, наряду со стандартными шинами для легковых и грузовых автомобилей, шин для автотранспорта, рассчитанных на особые условия эксплуатации. К ним относятся шины для автомобилей высокой проходимости, шины для скоростных автомобилей, шины для различных сельскохозяйственных машин и широкопрофильные шины. Изменение конструкции шины приводит к необходимости использования новых армирующих материалов. Шинниками предложено к освоению производство бортовой проволоки диаметром 1,5 мм с пределом прочности не менее 1770 Н/мм^2 ; диаметром 1,0 мм с пределом прочности $2350..2550 \text{ Н/мм}^2$.

Разработка технологии изготовления проволоки увеличенного сечения и повышенной прочности проведена на основе теорети-

ческих расчетов, изложенных во второй главе данной работы. Приведен полный комплекс опытно-технологических исследований и промышленного внедрения в производство изготовления проволоки диаметром 1,0 и 1,50 мм со специальным сочетанием качественных характеристик, применение которой в конструкции бортов позволяет повысить коэффициент использования фактической прочности проволоки в готовой шине до 70 %.

Кроме того, при переходе на радиальные шины, конструкция борта должна иметь точный размер и круглую форму по всему сечению. Этим требованиям отвечает круглая витая проволочная пряжа. В отличие от бортовой проволоки она представляет собой бесконечное кольцо. Первой начала выпускать круглые бортовые витые проволочные пряжи фирма «Мишлен». В данной работе предложена конструкция бортового кольца, состоящая из высокопрочной проволоки диаметром, равным 1,15 диаметров пряжи, которая сваривается в кольцо диаметром, равным расчетному внутреннему диаметру бортового кольца, плюс диаметр пряжи повива. Далее ранее изготовленная пряжа повивается вокруг стального сердечника с шагом, равным 6,5 диаметров поперечного сечения кольца, проходя шесть раз по длине окружности сердечника. Начало повиваемой пряжи совпадает на сердечнике с концом повиваемой пряжи, плотно заполняя всю длину сердечника. В месте стыковки концов повиваемой пряжи накладывается металлическая скрепка, удерживающая концы пряжи от расплетания. На данную конструкцию подана заявка на изобретение и получено положительное решение. Изготовленные партии колец прошли испытания у потребителя, получены следующие положительные результаты:

1. Исключается выход проволоки из бортового кольца на дли-

ну, не превышающую шаг свивки проволоки в пряди за счет конструктивной особенности кольца, близкой к канату.

2. Уменьшается металлоемкость кольца в среднем на 30 % при сохранении прочностных характеристик.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработаны математические модели и поправочные коэффициенты, которые позволяют прогнозировать физико-механические характеристики подката и проволоки по переделам. Внедрены в производство гибкие технологические схемы изготовления, позволяющие повысить потребительские характеристики бортовой проволоки.

2. Исследованы причины неравновесного состояния бортовой проволоки, заключающиеся в формировании поля остаточных напряжений в процессе волочения на готовый размер для этого:

– предложена методика для расчета деформационных остаточных напряжений по маршруту волочения бортовой проволоки, с учетом накопления остаточных напряжений от перехода к переходу.

– выполнена оценка используемых скоростей волочения с точки зрения контактного разогрева от сил трения в очаге деформации. Показано, что применение скорости волочения до 8,3 м/с не приводит к образованию термических остаточных напряжений.

– рассчитаны деформации при изгибе проволоки в зависимости от размеров вытяжных барабанов волочильной машины.

3. Разработана и внедрена оригинальная конструкция строенной волоки, применение которой позволило получить равновесную бортовую проволоку.

4. Предложена зависимость для определения напряжений

волочения в строенной волоке.

5. Разработана технология изготовления и технические характеристики бортовой проволоки увеличенного сечения (диаметром 1,5 мм) и повышенной прочности (предел прочности 2350..2550 Н/мм²). Разработаны и внедрены технические условия ТУ 14-4-1524-95 "Проволока стальная латунированная повышенной прочности для бортовых колец шин" и ТУ 14-4-1670-95 "Проволока стальная латунированная для бортовых колец шин".

6. На уровне изобретений разработана конструкция бортового кольца из витой проволоочной пряжи, позволяющая использовать запас прочности материала до 0.8 - 0.9 против 0.3 - 0.6 у проволоочного кольца.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Получение равновесной проволоки диаметром 1,0 мм в процессе волочения на станах типа АЗТМ 12/650 ВСКТ/ Большакова М.М., Алексеев А.В., Мухамбетов Т.Б.// Сталь.1987. № 9. С.54-56.

2. Разработка интенсифицированной технологии производства проволоки из катанки диам. 5,5 мм повышенной деформируемости и оценка экономической эффективности процесса/ Большакова М.М., Рудаков В.П., Щербакова Т.Г.// Тез. научно-технической конференции МГМИ, Магнитогорск, 1990. С.27-28.

3. Большакова М.М., Чайка И.М. Основные направления совершенствования технологии производства проволоки на МКЗ// Тез. научно-технической конференции МГМИ. Магнитогорск, 1990. С.29

4. Разработка оптимальной схемы плановой замены волок при

волочении латунированной проволоки на станах мокрого волочения/ Большакова М.М., Щербакова Т.Г., Литвинова Н.В.// Тез. научно-технической конференции МГМИ, Магнитогорск, 1991. С.31.

5. Освоение производства невитой плоской металлоарматуры/ Большакова М.М., Лунев В.Е., Рудаков В.П. и др.// Состояние и перспективы развития научно-технического потенциала Южно-Уральского региона: Тез. научно-технической конференции, Магнитогорск, 1994. С.115-116.

6. Разработка и внедрение технологии новых видов проволоки/ Большакова М.М., Чайка И.М., Щербакова Т.Г.// Состояние и перспективы развития потенциала Южно-Уральского региона: Тез. научно-технической конференции, Магнитогорск, 1994. С.118.

7. Новые направления развития металлоарматуры для авто-, мототшин/ Большакова М.М., Рудаков В.П., Лунев В.Е.// "Проблемы развития металлургии Урала на рубеже XXI века" :Тез. межгосударственной научно-технической конференции, Магнитогорск, 1996. С. 89.

8. Производство металлоарматуры на ОАО "МКЗ"/ Большакова М.М., Рудаков В.П.// Сырье и материалы для резиновой промышленности: Тез. III Российской конференции, Москва, 1996г.

9.. Новые направления развития металлоарматуры для авто-, мототшин/ Большакова М.М., Рудаков В.П., Лунев В.Е // Материалы и конструкции в машиностроении и строительстве: Тез. конференции, Вологда, 1996. С.42.

10. Освоение технологии и оборудования безокислительного газового патентирования/ Большакова М.М., Кривошчалов В.В., Рудаков В.П // Материалы и конструкции в машиностроении и строительстве:Тез. конференции, Вологда , 1996. С.31-33.

11. Перспективы развития производства проволоки специального назначения и изделий из нее/ Большакова М.М., Рудаков В.П., Адамчук С.В.// *Материалы и конструкции в машиностроении и строительстве: Тез. конференции, Вологда, 1996. С.12.*

12. Совершенствование технологического процесса и расширение сортамента проволочно-канатного производства/ Большакова М.М., Рудаков В.П. и др.// *Актуальные проблемы материаловедения в металлургии :Тез. У международной конференции , Новокузнецк, 1997. С. 78.*

13. Большакова М.М., Вершигора С.М. Освоение производства проволоки для холодной высадки вело-, мотоспиц на ОАО "МКЗ"/ *Прогрессивные решения в метизной промышленности. Сборник научных трудов под ред. Кривошапова В.В., выпуск 1, Магнитогорск, 1996. С.120-128.*

14. Новый армирующий материал для шин/ Кривошапов В.В., Рудаков В.П., Большакова М.М.// *Сырье материалы для резиновой промышленности. 1997. № 4. С. 121.*

15. Вершигора С.М., Большакова М.М. Совершенствование технологии подготовки поверхности катанки к волочению // *Сталь. 1997. № 10. С. 50.*

16. Совершенствование технологии сухого волочения проволоки с применением эффективных смазок/ Савинчук Л.Г., Вершигора С.М., Большакова М.М. и др.// *Издание МГМА, Магнитогорск, 1997. 83с.*

17. Новые направления развития и освоения металлокорда / Кривошапов В.В., Рудаков В.П., Большакова М.М // *Обработка сплошных и слоистых материалов. Межвузовский сборник научных трудов./ Под ред. Г.С. Гуна Магнитогорск: МГМА, 1997. С. 41.*

18. Разработка рациональных технологий изготовления арматурных изделий на МКЗ/ Вершигора С.М., Большакова М.М., Пудов Е.А. и др.// Научный поиск в обработке давлением. Сб. науч. тр. под ред. Г.С. Гуна, МГМА: Магнитогорск, 1998. С. 104.

19. Основные направления разработки технологии получения армирующего материала для армирующего материала для бортов шин/ Рудаков В.П., Лунев В.Е., Большакова М.М.// Научный поиск в обработке давлением. Сб. науч. тр. под ред. Г.С. Гуна, МГМА: Магнитогорск, 1998. С. 119.

20. Пути повышения потребительских характеристик проволоки для армирования бортов шин/Большакова М.М., Пудов Е.А., Осьмирко Н.Г., Гун Г.С.// Моделирование и развитие технологических процессов обработки металлов давлением. Сб. науч. тр. под ред. Г.С. Гуна. МГМА: Магнитогорск, 1998. С. 85-88.

21. Влияние остаточных напряжений в процессе волочения на неравновесное состояние проволоки/Большакова М.М., Пудов Е.А., Вершигора С.М., Гун Г.С.// Обработка сплошных и слоистых материалов. Межвузовский сборник научных трудов. Под ред. Г.С. Гуна. МГТУ: Магнитогорск., 1999. С. 40-44.

22. Решение о выдаче патента на изобретение. Заявка № 97117387/12 (017884), приоритет 10.10.97г. Армированное эластомерное полотно./ Рудаков В.П., Вершигора С.М., Большакова М.М., Лунев В.Е.

23. Заявка № 97117386/28 (017883), приоритет 10.10.97г. Уведомление о положительном результате экспертизы. Бортовое кольцо. / Рудаков В.П., Кривошапов В.В., Большакова М.М. и др.