



А. Н. САВЕНОК, Ю. Л. ХУДОЛЕЙ, РУП «БМЗ»

УДК 669

ПРОИЗВОДСТВУ МЕТАЛЛОКОРДА В БЕЛАРУСИ – 15 ЛЕТ

Металлокорд – основной армирующий материал при производстве автомобильных шин и других резинотехнических изделий (РТИ). История возникновения резинотехнической промышленности, в том числе и шинной, начинается с 1839 г., когда американский ученый Чарльз Гудьир изобрел процесс вулканизации резины. С того времени автомобильная шина претерпела значительную эволюцию.

Основными этапами развития автомобильной шины с точки зрения стальных армирующих материалов являются:

- 1937 г. – французская компания «Мишлен» впервые применила в качестве армирующего материала стальной трос (металлокорд). Первый металлокорд был произведен в г. Клермон-Ферран (Франция) на заводе «Мишлен».
- 1946 г. – французский предприниматель Пьер Будон запатентовал радиальную шину.
- 1955 г. – компания «Мишлен» разработала полностальную шину (ЦМК).

В 1962 г. в СССР пущен в строй первый цех по производству металлокорда для автомобильных шин в г. Белоречке. Эта дата является отправной точкой в истории применения металлокорда как армирующего материала в шинном производстве сначала в СССР и в дальнейшем в странах СНГ.

К середине 80-х годов XX в. шинная промышленность СССР в связи с массовым освоением шинными заводами радиальных шин, армированных металлокордом, стала испытывать острый дефицит в стальных армирующих материалах. Существующих производственных мощностей металлокорда Орловского сталепроволочно-прокатного завода (ОСПАЗ), Белоречского металлургического комбината (БМК), Магнитогорского металлургического комбината (ММК) явно не хватало. В связи с создавшейся ситуацией Совет Министров СССР принял решение о строительстве цеха по производству металлокорда в г. Жлобине в составе Белорусского металлургического завода, продукция которого должна была идти на нужды таких шинных гигантов, как

In this article there is briefly narrated about the history of the steel wire cord production, the development of its production at Belorussian metallurgical works, perspectives of the further increase of the Belorussian steel wire cord production volume. The information on the dynamics of the production of wire RVD, wire of bead rings of tires and steel wire cord at RUP "BMZ" for the last 15 years is given. The tendencies of the development of the tires reinforcing materials for the nearest future are considered.

Ярославский шинный завод (ЯШЗ) и Бобруйский шинный комбинат (БШК). Вместе с пуском цеха была запущена вторая очередь металлургического и прокатного производства завода, позволившая обеспечить производство металлокорда высококачественной горячекатаной заготовкой. Строительство выполнялось «под ключ» консорциумом западноевропейских фирм под руководством австрийской «Фёст-Альпине» и итальянской «Даниели».

В 1987 г. был введен в строй сталепроволочный цех №1 с производством металлокорда по проекту «Micord». Дальнейшее расширение производства металлокорда отразилось в запуске в 1991 г. сталепроволочного цеха №2 с производством металлокорда по проекту «Pluscord». Суммарные проектные мощности составляли 50 тыс. т металлокорда, 10 тыс. т латунированной проволоки для бортовых колец шин, 10 тыс. т проволоки для рукавов высокого давления (РВД).

Распад СССР в начале 90-х годов обострил негативные тенденции в экономике на постсоветском пространстве. Рушились партнерские связи между производителями сырья, армирующих материалов и шин, снижался спрос на все виды РТИ, в том числе и автомобильные шины. В таких тяжелых экономических условиях руководством завода была поставлена задача по выходу на рынки дальнего зарубежья. Для этого на предприятии имелись все предпосылки: высококачественные исходные материалы; современное оборудование; высококвалифицированные кадры.

Вместе с тем предстояло решить ряд проблем, связанных с освоением новых конкурентоспособных видов продукции, развития систем маркетинга и сбыта.

По мере продвижения в этих направлениях росли объемы продаж и производства (рис. 1).

Динамика изменения объемов производства по основным видам продукции – металлокорду, бортовой проволоке и проволоке РМЛ приведена на рис. 2.

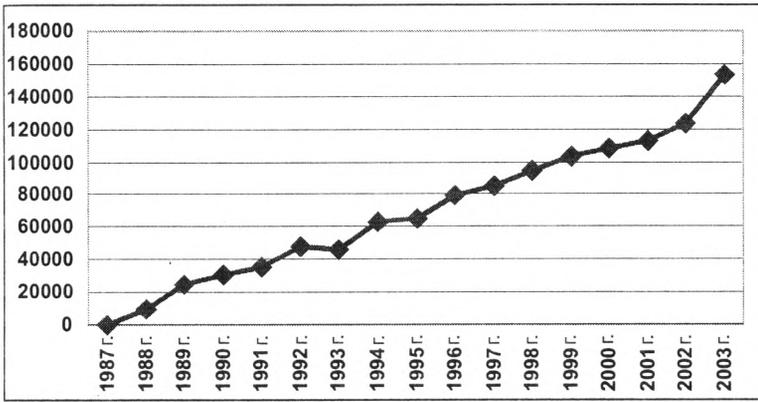


Рис. 1. Динамика роста объемов метизного производства

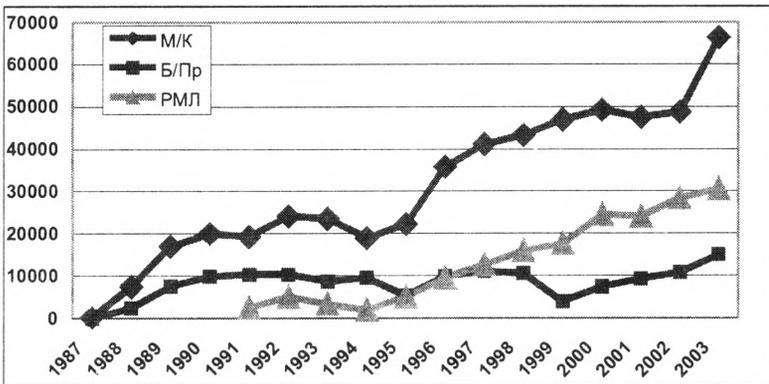


Рис. 2. Изменение производства основных видов метизной продукции

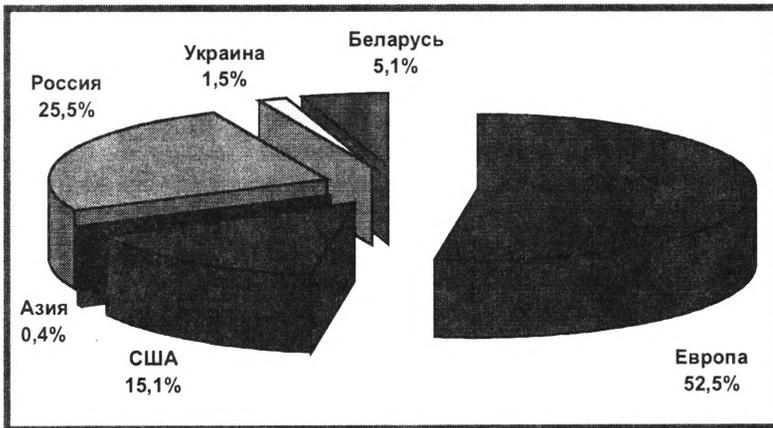


Рис. 3. Структура поставок металлокорда по регионам

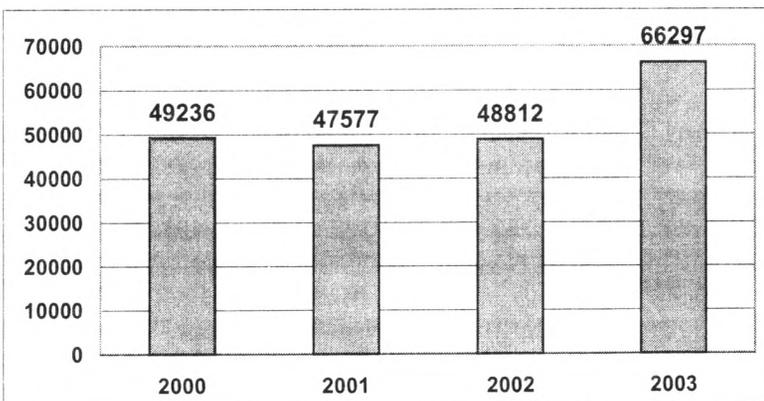


Рис. 4. Изменение объемов производства металлокорда

Непрерывное стремление к улучшению качества и конкурентоспособности метизной продукции, постоянный поиск возможностей усовершенствования технических и технологических характеристик металлокорда позволили метизному производству РУП «БМЗ» не только преодолеть кризисную ситуацию, но и к концу 90-х годов выйти на проектную мощность. География поставок продукции метизного производства включает в себя 40 стран мира.

На рис. 3 показана структура поставок металлокорда по регионам в 2003 г. Объем производства металлокорда в 2000–2002 гг. составлял 48,2 тыс. т. Резкий рост объемов производства металлокорда произошел в 2003 г. (рис. 4).

Стабилизация и улучшение экономической ситуации в странах СНГ обусловили подъем шинной промышленности России, Украины в конце 90-х годов и соответственно вызвали повышение спроса на армирующие материалы для шин. Это привело к активизации на рынке СНГ как российских, так и западных производителей металлокорда и бортовой проволоки.

Образовавшийся дефицит армирующих материалов, а также то, что существующие производственные мощности практически достигли максимального предела объемов производства поставил перед РУП «БМЗ» реальную задачу проведения полномасштабной реконструкции производства проволоки и металлокорда.

Стратегия проведения реконструкции включала в себя два параллельных подхода: модернизацию существующего оборудования для увеличения его производительности; закупку оборудования нового поколения для производства перспективных видов продукции с минимальными издержками производства. Осуществление реконструкции происходило с учетом программы внедрения высокотехнологичных конструкций металлокорда в СНГ.

Реализация данных положений воплощена в следующих проектах, осуществленных в 2001–2002 гг.:

- введение в эксплуатацию высокоскоростных станов грубого волочения фирмы КОСН;
- реконструкция агрегатов патентирования в агрегаты совмещенного патентирования – латунирования, проведенная фирмами «Cosesco» и FIB;

• запуск современных станов фирмы КОСН тонкого волочения.

По итогам 2003 г. производство металлокорда на РУП «БМЗ» составило 66,3 тыс. т. В сравнении с предыдущим 2002 г. рост производства металлокорда составил 132,6%. Таким образом, производство увеличилось на 16 тыс. т в год.

В 2002–2003 гг. на общемировом рынке металлокорда сложилась ситуация, когда возник дефицит металлокорда из-за банкротства с последовательным закрытием крупнейших североамериканских компаний «AmerCord» и ATR. В результате прекращения деятельности данных предприятий общий дефицит металлокорда составил 50 тыс. т в год. В связи с создавшейся ситуацией на РУП «БМЗ» была разработана стратегическая программа продолжения реконструкции метизного производства, которая позволит не только увеличить объемы производства и продаж, но закрепить за собой образовавшиеся новые рынки сбыта продукции.

Аналогичной является ситуация и для других видов армирующих материалов для РТИ – проволоки для бортовых колец шин и проволоки для рукавов высокого давления.

Производство проволоки для бортовых колец шин

Классически применяемая шинными заводами СНГ бортовая латунированная проволока практически полностью вытеснена с рынка дальнего зарубежья более технологичной бортовой проволокой с бронзовым покрытием. На рынках СНГ бронзированная бортовая проволока также находит все большее применение. Изменения объемов производства проволоки для бортовых колец с бронзовым покрытием на РУП «БМЗ» приведены на рис. 5. Объем производства проволоки для бортовых колец за 2003 г. увеличен с 10,7 до 15,2 тыс. т. Чистый прирост производства составил 4,5 тыс. т, или 141,95%.

Технология производства латунированной и бронзированной бортовой проволоки имеет различия. В первом случае латунное покрытие нано-

сится гальванотермическим способом, во втором – химическим. Суть гальванотермического способа латунирования заключается в последовательном электрохимическом осаждении на поверхность стальной проволоки слоев меди и цинка с последующим нагревом для образования латуни путем их взаимной диффузии меди и цинка (РУП «БМЗ» использует электроконтактный нагрев). Бронзовое покрытие наносится химическим способом (без применения тока) путем одновременного осаждения меди и олова из одной ванны. Использование диффузионного нагрева при производстве бортовой латунированной проволоки приводит к неоднородности прогрева как по длине проволоки, так и между отдельными проволоками из-за таких факторов, как удельное сопротивление самой проволоки (неравномерное даже по длине проволоки, не говоря уже про колебания химического состава стали на соседних нитях), различное переходное сопротивление, связанное с подводом тока к проволоке через контактные кольца, а к кольцам – через электроконтактные щетки. Поэтому для получения относительного удлинения более 4,5 % приходится поднимать среднюю температуру нагрева при диффузионной обработке, чтобы колебания (связанные с контактной системой нагрева) не сдвигали процесс в область низкого удлинения. Повышение средней температуры нагрева соответственно усиливает разупрочнение при нагреве, особенно при высокой удельной прочности проволоки. Кроме того, изгиб проволоки в нагретом состоянии на электроконтактных кольцах приводит к дестабилизации остаточного кручения готовой проволоки, что, в свою очередь, приводит к неравномерности бортовых колец при их производстве. Нестабильность электроконтактного нагрева и искрение вызывает снижение пластических свойств проволоки (уменьшение числа скручиваний и перегибов).

При бронзировании нагрев проволоки с целью придания ей оптимальных пластических свойств осуществляется в расплаве свинца до осаждения покрытия и обеспечивает равномерность нагрева всех проволок по всей длине. В результате стабильно получается относительное удлинение более 5,5% при незначительном снижении прочностных характеристик. Наряду с пределом прочности или разрывным усилием в большинстве спецификаций регламентируется предел текучести, причем в некоторых случаях нормируется не абсолютная величина предела текучести, а его отношение к пределу прочности. При этом в разных спецификациях минимально допустимое отношение $\sigma_{02}/\sigma_{\text{в}}$ колеблется от 0,805 до 0,935. Для

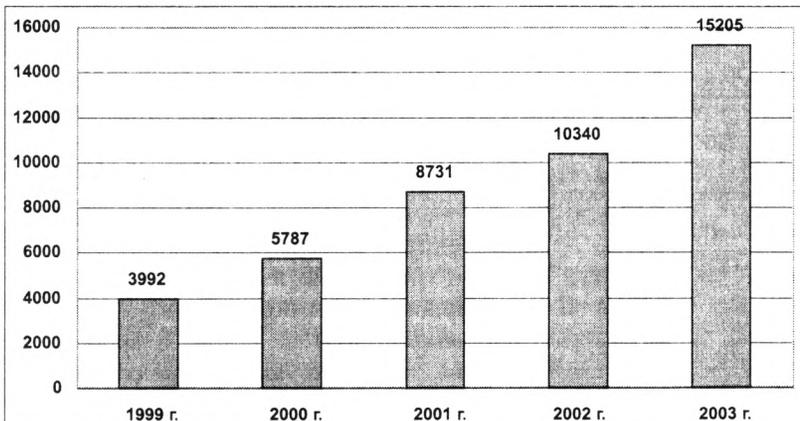


Рис. 5. Изменение объемов производства проволоки для бортовых колец на РУП «БМЗ»

латунированной проволоки эти характеристики не нормировались. Можно отметить преимущество отпуска в свинцовой ванне, который позволяет получить постоянное соотношение σ_{02}/σ_B в диапазоне 0,93–0,97 в широком диапазоне режимов отпуска, что практически невозможно получить при электроконтактном нагреве. Регулировка глубины рихтовки проволоки (после отпуска) с учетом получения оптимального качества покрытия с использованием различного типа канавок подшипников рихтовки позволяет получить проволоку для потребителей, когда регламентирован в спецификации низкий уровень σ_{02} . Использование покрытия кумароновой смолой перед намоткой проволоки дает возможность не только предотвратить коррозию проволоки, но и способствует повышению начальной («зеленой») адгезии.

Проведение модернизации агрегата по производству проволоки для бортовых колец в 1990 г. позволило не только увеличить объемы производства проволоки, но и расширить географию поставок и начать поставки на экспорт проволоки для бортовых колец. Распределение поставок проволоки за 2003 г. приведено на рис. 6.

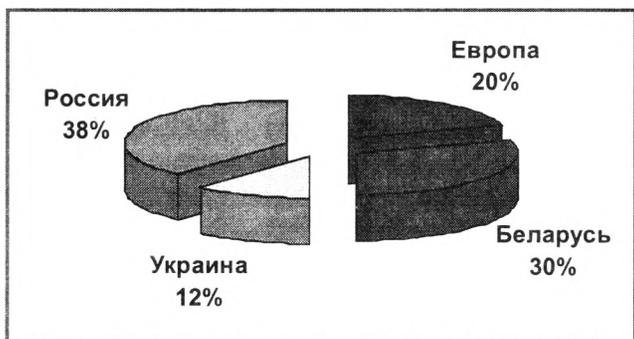


Рис. 6. Распределение поставок проволоки для бортовых колец по регионам в 2003 г.

В соответствии с «Программой развития метизного производства РУП «БМЗ» на 2004–2006 гг.» будет построен новый высокопроизводительный современный агрегат бортовой проволоки мощностью 20 тыс. т в год, позволяющий производить бронзированную проволоку самого высокого мирового уровня качества с минимальными энергетическими затратами.

Производство проволоки для рукавов высокого давления

Общемировое потребление проволоки для рукавов высокого давления составляет, по оценкам специалистов, 120 тыс. т. Доведя объемы производства проволоки РВД в 2003 г. до 30,5 тыс. т, РУП «БМЗ» занял четверть мирового производства данного вида проволоки. Изменение объемов производства проволоки для рукавов высокого давления приведено на рис. 7, а распределение поставок по регионам продукции – на рис. 8.

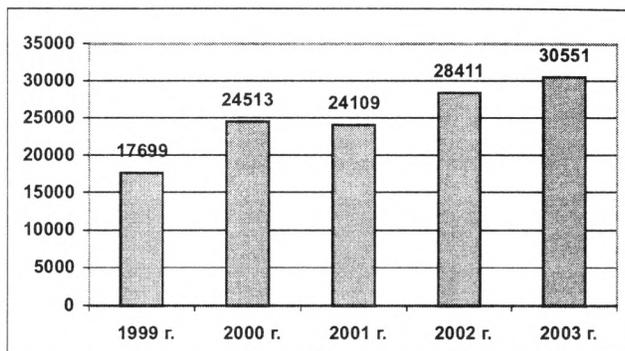


Рис. 7. Изменение объемов производства проволоки для армирования рукавов высокого давления



Рис. 8. Распределение поставок проволоки для армирования РВД за 2003 г. по регионам

Продукция поставляется всем ведущим мировым производителям рукавов высокого давления. Рост спроса на проволоку РУП «БМЗ» обусловлен высокими качественными характеристиками проволоки.

Производители рукавов высокого давления стремятся улучшить эксплуатационные свойства шлангов путем постоянного увеличения прочностных свойств армирующих материалов (проволоки РМЛ) с одновременным повышением долговечности шлангов. РУП «БМЗ» старается соответствовать требованиям своих партнеров в области улучшения характеристик проволоки РМЛ. Например, одни из самых прочных шлангов в мире – шланги «Diamond», армированные проволокой РУП «БМЗ», выдерживающие давление 1000 кг/см² и выпускаемые нашим итальянским партнером компанией MANULI RUBBER, или шланги нашего американского клиента PARKER, прошедшие самые строгие тесты и испытания в США и используемые при запуске космических челноков Shuttle, где применялась высокопрочная проволока производства РУП «БМЗ».

В целях увеличения присутствия на рынке метизной продукции, более полного удовлетворения запросов потребителей, высвобождения основных сталепроволочных цехов от производства непрофильной продукции в октябре 2000 г. был

сдан в эксплуатацию сталепроволочный цех №3. Итоги работы метизного производства в области производства стальной проволоки общего назначения приведены на рис. 9.



Рис. 9. Изменение объемов производства стальной проволоки на РУП «БМЗ»

Завод выпускает десятки наименований метизной продукции (сварочная омедненная и неомедненная проволока, проволока арматурная, пружинная, спицевая и др.) и везде метизное производство РУП «БМЗ» старается удовлетворить требования своих клиентов, соответствовать и превосходить ожидания партнеров, выпуская продукцию только высочайшего качества. Распределение продукции по видам за 2003 г. показано на рис. 10.

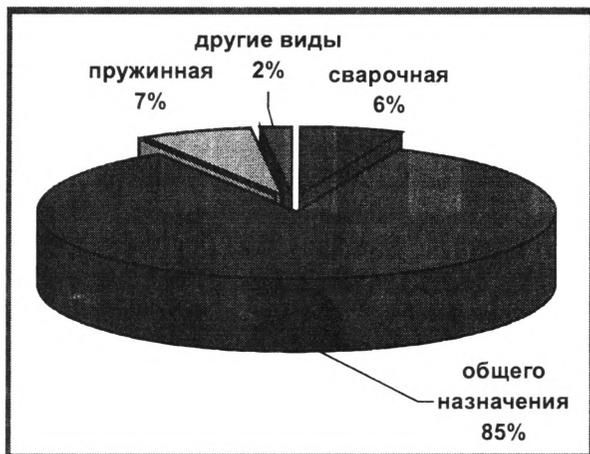


Рис. 10. Распределение объемов производства стальной проволоки по видам за 2003 г.

С учетом существующих запросов потребителей металлокорда и индивидуальных программ развития с крупнейшими мировыми шинными компаниями и фирмами по производству рукавов высокого давления необходимо провести ряд намеченных мероприятий по реконструкции и увеличению объемов производства. В итоге выполнения всех мероприятий по реконструкции суммарные проектные мощности составят:

- металлокорд — до 88 тыс. т;
- проволока РМЛ — до 33 тыс. т;
- проволока для бортовых колец — до

20 тыс. т.

Для достижения поставленных целей будут выполнены следующие мероприятия.

Для восполнения дефицита латунированной заготовки из-за недостаточности производительности гальванического оборудования необходимо увеличение мощностей гальванических агрегатов. В

пределах существующих площадей должен быть установлен новый гальванический агрегат, который компенсирует дефицит латунированной заготовки в количестве 17 тыс. т в год. Для этого необходимо строительство нового термогальванического агрегата мощностью $VD=100$ на 40 блоков, что даст дополнительное увеличение объемов на 17100 т в год. При увеличении объемов производства латунированной заготовки необходимо проведение реконструкции

станов тонкого волочения, что позволит достичь скоростей волочения для проволоки обычной прочности до 21 м/с и повысить производство проволоки под металлокорд на 8,5 тыс. т в год. В технологическом процессе волочения за счет увеличения скоростей значительно возрастет нагрузка на централизованные эмульсионные станции, которые служат для обеспечения эмульсией волочильных станков. Для продления «жизни» эмульсии и улучшения технологических свойств волоченой проволоки необходимо улучшение охлаждения эмульсии, которое заключается в установке дополнительных охладителей на эмульсионные станции. Более интенсивное охлаждение проволоки снизит обрывность при свивке металлокорда. Снижение обрывности сократит расход металла при свивке металлокорда до 10 кг/т, что позволит при производстве 4200 т металлокорда, полученного из проволоки с использованием дооснащенной системы охлаждения, сэкономить до 16 т катанки в месяц или до 192 т в год.

Дополнительно с учетом увеличения объемов товарной продукции будет построен отгрузочный терминал для хранения и отправки продукции потребителям.

Одним из основных способов повышения объемов производства является внедрение производительных конструкций металлокорда. Принятая Белорусским металлургическим заводом в 2001–2002 гг. реконструкция с одновременным предложением на рынке СНГ высокопроизводительных конструкций металлокорда $3 \times 0,20 + 6 \times 0,35 \text{НТ}$ и $2 + 7 \times 0,23$ взамен устаревших $3 \times 5 \times 0,18$, $3 \times 0,15 + 6 \times 0,265$ и $3 + 9 + 15 \times 0,18(0,22) + 0,15$ позволила к концу 2003 г. увеличить производство металлокорда. Однако образовавшийся к началу 2004 г. дефицит металлокорда делает необходимым дальнейшее увеличение производства металлокорда на РУП «БМЗ». В сложившейся ситуации РУП «БМЗ» предложил для внедрения на шинных заводах СНГ новые конструкции металлокорда, такие, как $2 + 2 \times 0,32 \text{НТ}$, $3 + 2 \times 0,35 \text{НТ}$, $3 \times 0,28 / 9 \times 0,26 \text{НТ}$ и $2 + 7 \times 0,30 \text{НТ}$,

которые позволят не только обеспечить повышенные эксплуатационные характеристики автомобильных шин (сопротивление фреттингу, удельная прочность, сопротивление коррозии и т.д.), но и значительно увеличить производительность действующего оборудования метизного производства. При изготовлении равнопрочного обрешиненного полотна с использованием металлокорда перспективного ассортимента экономия затрат на приобретение металлокорда составляет от 70 до 369 долл. США за 1 т. Переход на новые конструкции и использование высококачественного металлокорда является предпосылкой прогресса в области как шинного, так и метизного производства. В настоящее время перспективные конструкции металлокорда внедряются на ряде шинных заводов на территории СНГ.

При дальнейшем развитии автомобильных шин несомненной является тенденция к росту прочности используемого металлокорда. На РУП «БМЗ» проводится постоянная работа по исследованию путей улучшения всего комплекса его эксплуатационных, технических и технологических характеристик. Совместно с рядом крупнейших мировых шинных компаний и фирм по производству рукавов высокого давления разработаны программы освоения продукции с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками.

Основной тенденцией в улучшении характеристик автомобильных шин является постоянное стремление производителя снизить массу шины при сохранении (и даже увеличении) ее прочностных и эксплуатационных свойств. Эта вызвано рядом объективных факторов и преимуществ более легкой шины, таких, как:

- необходимость соответствовать постоянно увеличивающимся скоростям транспортных потоков;
- возможность снижения расхода топлива автомобиля (экономический и экологический аспекты);
- уменьшение динамических нагрузок на элементы конструкции автомобиля и увеличение их срока службы.

Так как основным армирующим материалом шины является металлокорд, то производители постоянно стремятся сократить его количество в шине. Единственный путь уменьшения удельного расхода металлокорда в шине при сохранении или даже увеличении ее прочностных характеристик – повышение прочностных свойств металлокорда. В последние годы наблюдается явно выраженный рост потребления высоко-, сверхвысоко- и ультрапрочных конструкций металлокорда.

Однако технология изготовления сверхпрочных конструкций металлокорда значительно отличается от технологии производства металлокорда обычной прочности. Достижение необходимых технологических свойств продукта требует как внесения значительных изменений в технологические режимы настройки существующего оборудования, так и модернизации его или даже закупки принципиально новых машин.

Представленные на рис. 11 данные свидетельствуют о правильности выбранного направления развития. Поэтому дальнейшие разработки на РУП «БМЗ» по металлокорду также будут основываться на выработанной концепции. В табл. 1 показано влияние уровня прочности проволоки и металлокорда на усталостную выносливость (изгиб с вращением).

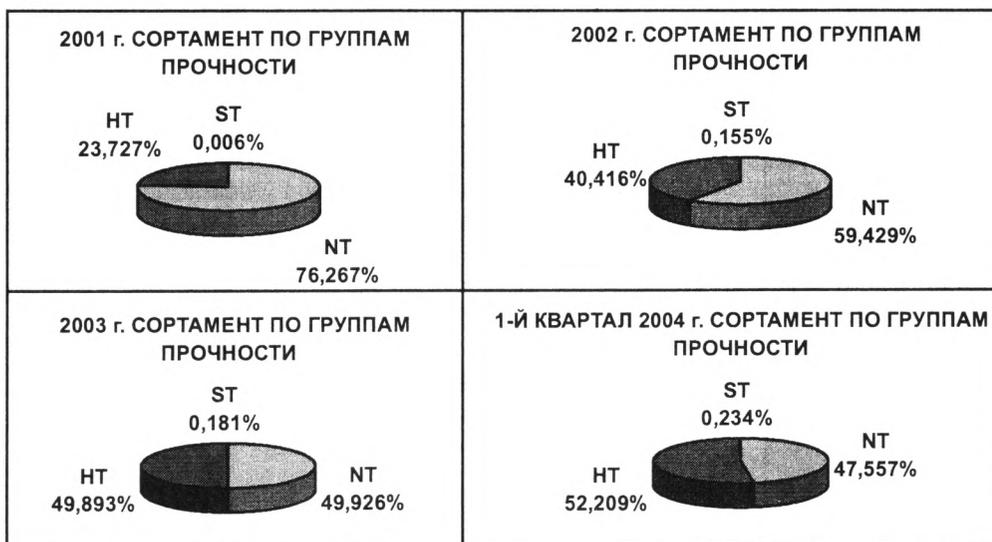


Рис. 11. Динамика изменения производства металлокорда по группам прочности

Таблица 1. Влияние прочности проволоки на прочность корда и усталостную выносливость

Группа прочности	Проволока диаметром 0,50 мм				Металлокорд 2х0,30			
	временное сопротивление разрыву, Н/мм ²	процент прироста	предел усталостной выносливости, Н/мм ²	процент прироста	агрегатный разрыв, Н	процент прироста	усталостная прочность, Н/мм ²	процент прироста
NT	2850	0	1033	0	392	0	850	0
HT	3217	13	1133	9,7	444	13	1053	24
ST	3544	24,4	1250	21	494	26	1200	41

Как видно из таблицы, с повышением уровня прочности, используемой при свивке металлокорда проволоки, возрастает показатель усталостной прочности. Это свидетельствует о том, что при проектировании шин ЦМК следует использовать в каркас высоко- и сверхвысокопрочные конструкции металлокорда. Наряду с улучшением показателя «усталостная выносливость» повышение прочности применяемой проволоки позволяет повысить и модуль упругости металлокорда, что может ока-

зать положительное влияние на характеристики брекерного слоя шин.

Приведем общую картину развития конструкций металлокорда на ближайшую перспективу, которая позволяет снизить массу армирующих материалов в шине и самих шин, повысить сопротивление коррозии металлокорда в обрешиненном состоянии, снизить сопротивление шин качению, уменьшить стоимость единицы площади резинокордового полотна. В табл. 2, 3 приведены примеры эволюционного развития металлокорда.

Таблица 2. Пример эволюции конструкций металлокорда для легковых шин

Конструкция	4х0,265	3х0,30(HT) 3х0,30OC (HT)	2х0,30 HT	2х0,32 HT
Проволока, мм	0,265	0,30	0,30	0,32
Группа прочности	NT	NT (HT)	HT	HT
Количество проволок в корде	4	3	2	2

Таблица 3. Пример эволюции развития конструкций металлокорда для грузовых шин

Конструкция	3х5х0,18	3х0,15/6х0,27 CC	2+7х0,23	2+2х0,32 HT
Проволока	0,18	0,15;0,27	0,23	0,32
Группа прочности	NT	NT	NT	HT
Количество проволок в корде	15	9	9	4

Таким образом, успешная деятельность любого предприятия зависит от того, насколько полно оно претворяет в жизнь понятие «качество» как интегральный показатель, включающий в себя не только требование соответствовать спецификации потребителя, но сочетающий конкурентоспособность цен, своевременность и полноту сервиса и возможность предугадывать желания потребителей. Не даром основным лозунгом метизного производства РУП «БМЗ» является:

«Качество — цель №1».

Наш стиль — это устремленность в будущее. Мы уверены, что постоянное совершенствование характеристик нашей продукции, знание и выполнение всех требований и ожиданий потребителей позволят метизному производству РУП «БМЗ» всегда оставаться в числе лидирующих производителей армирующих материалов резинотехнической промышленности как в СНГ, так и за рубежом.