



*It is shown, that perspective direction of further development of metal cord constructions for tires breakers is embedding of metal cord of type «Betru» or FRP.*

А. В. ВЕДЕНЕЕВ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

## МЕТАЛЛОКОРД С ПОЛНЫМ ПРОНИКНОВЕНИЕМ РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ В СТРУКТУРУ

Развитие шинной промышленности постоянно направлено на повышение качества и срока эксплуатации как легковых, так и грузовых шин с целью повышения безопасности дорожного движения и ремонтпригодности шин [1]. Современные требования к ходимости изготавливаемых шин обусловили появление конструкций металлокорда для брекерных слоев шин с полным проникновением резины в структуру металлокорда. Отсутствие в металлокорде каналов, незаполненных резиной, позволяет избавиться от проблем с коррозией металлокорда от влаги, проникаемой между проволоками при проколах шин, а также снижения фреттинг-коррозии от трения проволок друг об друга при знакопеременном изгибе с растяжением в результате качения колеса.

К таким конструкциям можно отнести корд специальных конструкций (с изменяющимся геометрическим расположением проволок), например, 2+1, 2+2, 3+2 и др., а также металлокорд открытых конструкций – 1x3 ОС, 1x4 ОС и др.

По сравнению с обычным металлокордом недостатком конструкций с изменяющимся геометрическим расположением проволок является повышенный диаметр металлокорда по сравнению с кордом, имеющим плотное расположение проволок (рис. 1). Это ведет к повышенному расходу резины при производстве шин и повышенной вибрации нитей корда при каландрировании, которая часто приводит к их перекрещиванию в резинокордном полотне, т.е. к браку.

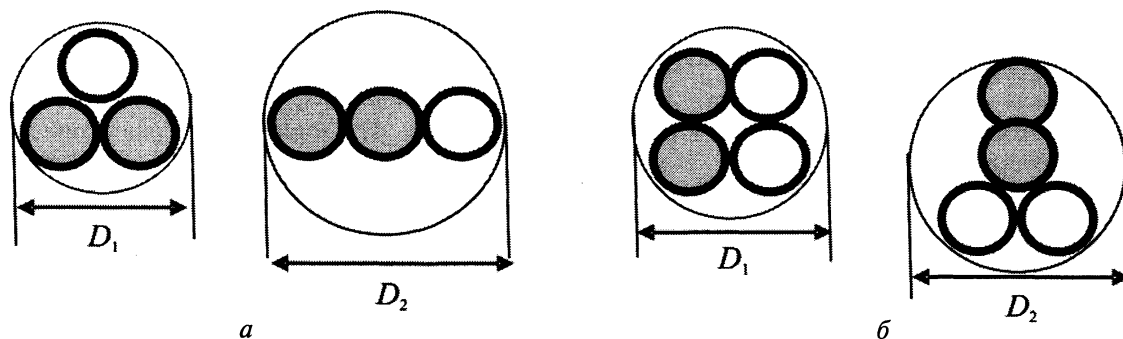


Рис. 1. Однослойный металлокорд с переменной геометрией расположения проволок на шаге свивки: а – 2+1хd; б – 2+2хd

При переработке металлокорда открытых конструкций на каландрах из-за натяжения нитей корда эффект «открытости» снижается или даже полностью исчезает, т.е. проникновение резиновой смеси внутрь корда сильно затрудняется. Другим недостатком открытой конструкции является высокое удлинение при низких (до 50 Н) растягивающих нагрузках, которое может ухудшать реакцию шин на рулевое управление [1].

Новая концепция металлокорда с высоким проникновением резины, разработанная фирмой Bekaert-«Betru (Bekaert total rubber penetration)», привлекательна тем, что диаметр корда незначи-

тельно превышает диаметр «закрытой» конструкции и при каландрировании открытость конструкции для прохождения резины сохраняется [2, 3].

У всех конструкций «Betru» в поперечной проекции проволока образует многоугольник (рис. 2). В связи с этим для металлокорда многослойных конструкций выявляется недостаточная плотность прилегания проволок друг к другу, что может привести к проблемам миграции проволок внутренних слоев как при резке обрешиненного полотна, так и в готовой шине через бортовую часть шины. Это может привести к потере устойчивости металлокорда

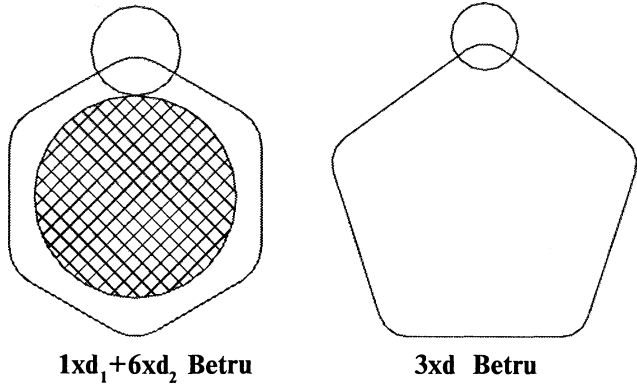


Рис. 2. Вид деформированной проволоки в поперечном сечении металлокорда «Betru»

при сжатии и преждевременному выходу шин из эксплуатации.

С 2004 г. на РУП «БМЗ» были разработаны технологии и конструкции металлокорда, имеющие преимущества металлокорда «Betru» и устраняющие недостатки, обнаруженные в указанной выше концепции. Конструкции металлокорда, получаемые с помощью новой технологии, получили обозначение FRP (Full rubber penetration) [4–6].

При свивке металлокорда FRP проекция кривой проволоки приобретает вид звезды на поперечной плоскости сечения металлокорда. При этом большой радиус изгиба, соприкасаясь с проволоками внутреннего слоя, создает дополнительное силовое взаимодействие, препятствующее за счет сил трения миграции проволок в структуре металлокорда (рис. 3, 4). Кроме того, малый радиус изгиба на вершинах обеспечивает повышенное по сравнению с «Betru» сопротивление разгибу при растягивающей нагрузке, тем самым гарантируя наличие зазоров при достаточно высоком уровне натяжения (к примеру, по диаграмме растяжения разгиб проволок 3x0,30 НТ Betru происходит при нагрузке 60–80 Н, а у металлокорда 3x0,30 НТ FRP проволоки распрямляются при нагрузке 100–110 Н).

Для лучшего проникновения резиновой смеси проекции на продольную ось металлокорда вершин деформированных, рядом расположенных проволок, смещены относительно друг друга (рис. 5).

Примерами использования металлокорда FRP могут быть конструкции 1x3; 1x4; 1x5; 1+3; 1+4; 1+5; 1+6; 1+7; 2+5; 2+6; 2+7; 3+6; 3+7; 4+7; 5+7 и др. Причем форма проволок в виде звезды может присутствовать как в наружном повиве, так и сердечнике по отдельности и совместно. На рис. 6 показан внешний вид корда 3x0,30 НТ FRP.

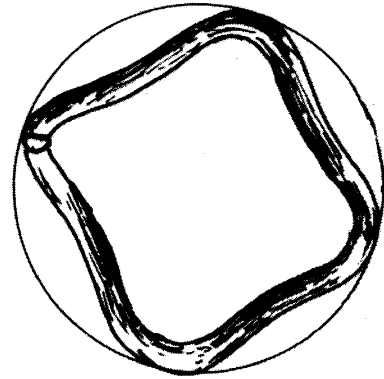


Рис. 3. Геометрия проекции на поперечную плоскость к оси металлокорда единичной проволоки после деформации и свивки в металлокорд

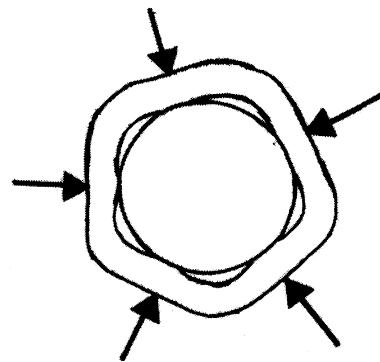


Рис. 4. Схема силового воздействия на проволоки внутреннего слоя со стороны проволок наружного повива

Поперечное сечение конструкции 3x0,30 НТ FRP, произведенное в разных точках по длине металлокорда, показано на рис. 7.

Другим примером конкретного исполнения служит металлокорд 0,40+6x0,38 НТ FRP, показанный на рис. 8, 9.

В табл. 1, 2 приведены сравнительные характеристики металлокорда 0,40+6x0,38 и 3x0,30 НТ в различных вариантах конструктивного исполнения.

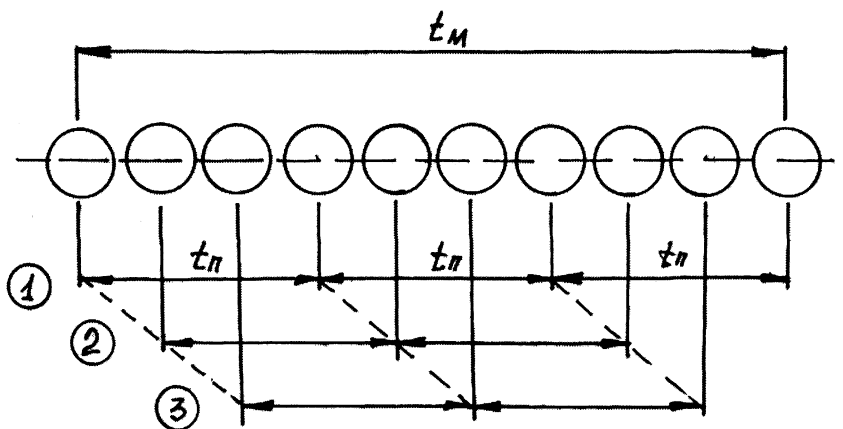


Рис. 5. Расположение деформированных участков проволок на шаге свивки металлокорда 3xd:  $t_m$  – шаг свивки металлокорда;  $t_n$  – проекция на ось металлокорда расстояния между точками изгиба проволок по малому радиусу; 1, 2, 3 – номера проволок диаметром  $d$  в порядке расположения на шаге свивки

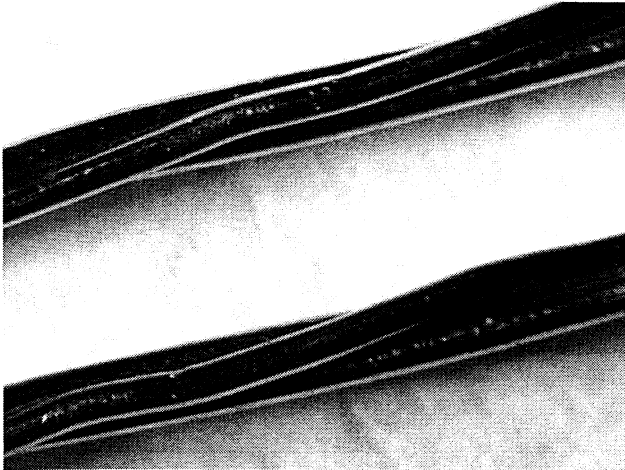


Рис. 6. Внешний вид металлокорда 3x0,30 HT FRP

Как видно из табл. 1, металлокорд 0,40+6x0,38 FRP в силу особой формы проволок, свитых в металлокорд, имеет самый высокий уровень анкеровки центральной проволоки как в обрешиненном, так и необрешиненном состоянии. Кроме того, при испытании на продувку обрешиненного металлокорда отсутствие прохода воздуха через образец указывает на полное проникновение резины.

По данным табл. 2, металлокорд 3x0,30 FRP обладает не только полным проникновением резины, но преимуществом в показателе адгезии с резиной. По-видимому, это достигается за счет увеличения поверхности контакта металлокорда и резины, а также механического сопротивления деформируемой проволоки продольному перемещению в резине.

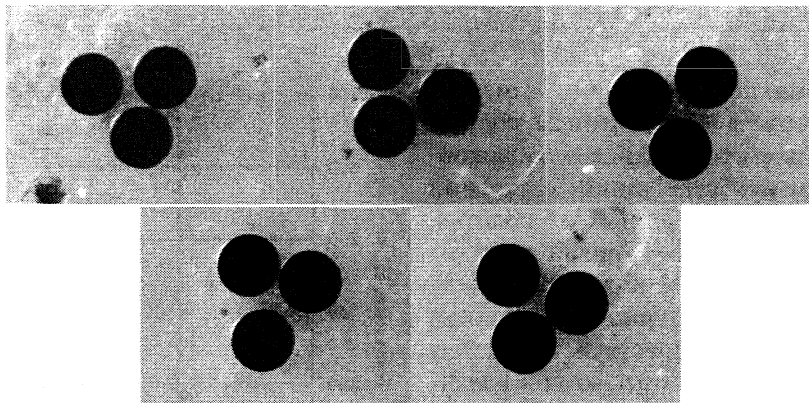


Рис. 7. Геометрическое расположение проволок в конструкции 3x0,30 HT FRP

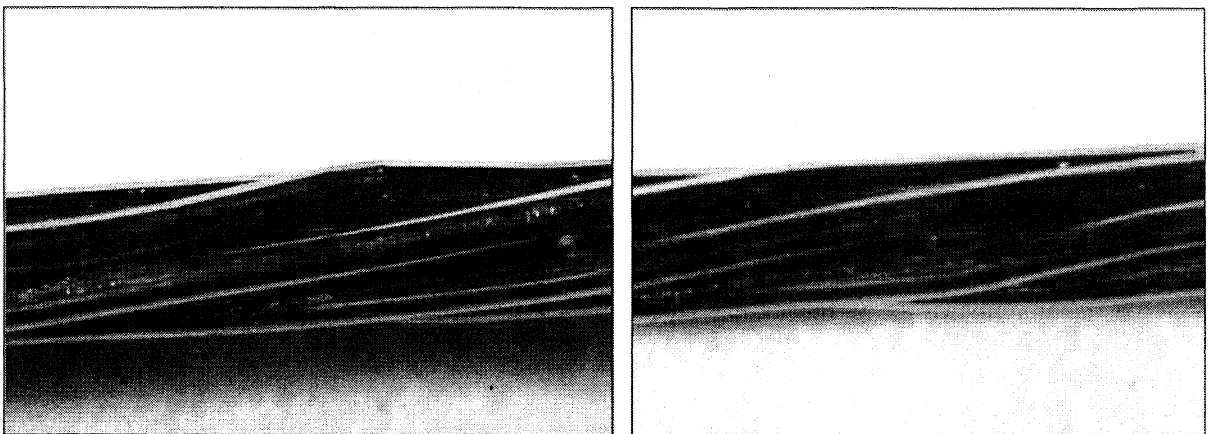


Рис. 8. Внешний вид металлокорда 0,40+6x0,38 HT FRP. x16

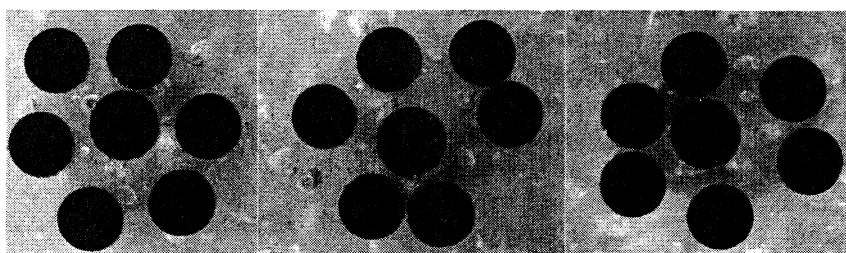


Рис. 9. Поперечное расположение проволок металлокорда конструкции 0,40+6x0,38 HT FRP

Таблица 1. Сравнение характеристик металлокорда 0,40+6x0,38 в различном исполнении

Конструкция металлокорда	Диаметр, мм	Адгезия металлокорда с резиной, Н	Падение давления, МПа	Анкеровка центральной проволоки в металлокорде, Н	Анкеровка центральной проволоки в обрешиненном металлокорде, Н
0,40+6x0,38 (обычный)	1,16	889	1	26	334
0,40+6x0,38 Betru	1,25	896	0	29	340
0,40+6x0,38 FRP	1,19	894	0	332	357

Таблица 2. Сравнение характеристик металлокорда 3x0,30 в различном исполнении

Конструкция металлокорда	Диаметр, мм	Разрывное усилие, Н	Адгезия металлокорда с резиной, Н	Падение давления, МПа
3x0,30 (обычный)	0,64	662	584	1
3x0,30 Betru	0,67	628	598	0
3x0,30 FRP	0,68	612	605	0

Улучшенное проникновение резины изменяет поведение металлокорда в обрешиненном состоянии. Сравнение диаграмм растяжения металлокорда в обрешиненном и необрешиненном состоянии оценивали на образцах, извлеченных из полотна.

На рис. 10 показано отличие кривой растяжения в начальной стадии. Данное поведение можно объяснить уменьшением структурной неплотности корда за счет заполнения пространства между проволоками корда резиновой смесью при каландрировании. Уровень разрывной нагрузки у обрешиненного и необрешиненного металлокорда примерно одинаков.

Чтобы визуальнo определить поведение металлокорда в процессе обрешинивания, в лаборатории металлографических исследований изготавливали поперечные шлифы из обрешиненного полотна.

На рис. 11, 12 можно отметить неплотное прилегание проволок, что обеспечивает полное заполнение резиновой смесью структуры металлокорда при каландрировании. Этот факт свидетельствует о том, что при растягивающих нагрузках в процессе каландрирования металлокорд сохраняет свою открытость для резиновой смеси.

Таким образом, можно утверждать, что перспективным направлением дальнейшего развития конструкций металлокорда для брекерных слоев шин, в которых требуется от армирующих материалов высокого уровня адгезии с резиной, полного затекания резины в структуру, а также отсутствия миграции проволок внутреннего слоя относительно проволок наружного повива, является внедрение металлокорда типа «Betru» или FRP. Причем металлокорд FRP имеет ряд преимуществ перед остальными видами металлокорда. Поэтому наиболее целесообразно изготавливать уже существующие конструкции металлокорда и создавать новые с использованием технологии FRP.

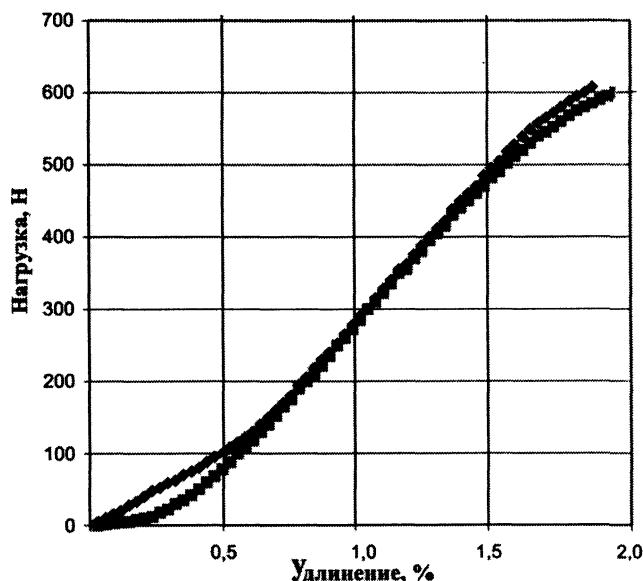


Рис. 10. Диаграмма растяжения 3x0,30 HT FRP в обрешиненном (◆) и необрешиненном (■) состоянии



Рис. 11. Поперечное сечение резинометаллокордового полотна



Рис. 12. Фрагменты резинометаллокордового полотна: геометрическое расположение проволок после каландрирования

### Литература

1. Arkens O. Economic steel cord constructions for the future / Becaert Corp. Докл. Междунар. конф. IТЕС 1996, Акрон, США.2. Xavier De Vos, Frans Van Giel. Корд с открытой структурой // Bekaert SA NV, Пат. US 5687557.
3. Xavier De Vos, Frans Van Giel. Металлокорд и способ его получения, металлокордовая ткань и устройства для деформирования усиливающего элемента металлокорда // Bekaert SA NV, Пат. RU 2137869 С1.
4. Веденеев А.В., Савенок А.Н., Андрианов Н.В., Ежов В.В. Металлокорд с улучшенным проникновением резины. Пат. на полезную модель ВУ 1427 U.
5. Веденеев А.В., Савенок А.Н., Андрианов Н.В., Ежов В.В. Металлокорд с улучшенным проникновением резины. Пат. RU 2256017 С1.
6. Веденеев А.В., Савенок А.Н., Андрианов Н.В., Ежов В.В. Металлокорд с улучшенным проникновением резины. Пат. ВУ 8166 С1.