



Ю. Л. ХУДОЛЕЙ, РУП «БМЗ»

УДК 669

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ СПИРАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТАЛЛОКОРДА 2+7 И 3+9 С РАЗНЫМИ ШАГАМИ СВИВКИ ПО СЛОЯМ В ОДНУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ОПЕРАЦИЮ

Металлокорд — это трос, спирально свитый из стальных проволок, покрытых латунью и обеспечивающий структурную прочность резино-технических изделий, таких, как автомобильные шины, рукава высокого давления, конвейерные ленты и т.д. На Белорусском металлургическом заводе металлокорд впервые начал изготавливаться в 1987 г. после запуска проекта «МИКОРД» в сталепроволочном цехе №1. Дальнейшее развитие производства металлокорда на РУП «БМЗ» нашло свое воплощение в проекте «ПЛЮСКОРД» в сталепроволочном цехе №2, введенном в эксплуатацию в 1991 г.

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.

Технологические схемы изготовления металлокорда и KNOW-HOW были разработаны и предоставлены РУП «БМЗ» фирмой «Societa Pneumatici Pirelli». В сортаментный ряд вошли такие широко используемые на тот момент конструкции металлокорда, как 3+9x0,20, 3+9+15x0,22+0,15, 3+9+15x0,18 (0,175)+0,15, 2+7x0,22+0,15 и т.д. Способ изготовления данных конструкций металлокорда, ставший классическим, предусматривает использование метода двойного кручения в поэлементном изготовлении металлокорда слой за слоем с последовательным переносом изготовленного элемента на новую канатную машину. Более подробно рассмотрим данную схему на примере изготовления конструкции 2+7x0,22+0,15.

Конструкция 2+7x0,22+0,15 состоит из трех основных элементов: сердечника 2x0,22, образо-

*The way of the production of steel wire cord of the two-layer spiral constructions with the different lay paces in one technological operation, developed at RUP "BMZ", is presented. The calculations of the steel wire cord technological characteristics, parameters of the cable machine adjustment in technological operation are given. Advantages of the new way of the steel wire cord production, the ways of attainment of economic efficiency and alternative ways of its application at production of other steel wire cord constructions are pointed out".*

ванного свивкой двух проволок 0,22; металлокорда 2+7x0,22, для изготовления которого используется сердечник 2x0,22 и семь проволок 0,22; оплетки, которая спирально наносится на металлокорд 2+7x0,22.

Готовая конструкция 2+7x0,22+0,15 имеет следующие геометрические характеристики:

направления свивки по слоям  $S/S/Z$ , шаги свивки по слоям 6,3/12,5/3,5 мм. Свивка сердечника 2x0,22 производится с начальным шагом 12,5 мм в  $S$  направлении на машине двойного кручения, выполненной по схеме «изнутри-наружу». Свивка корда 2+7x0,22 производится с шагом 12,5 мм в  $S$  направлении на машине двойного кручения, выполненной по схеме «снаружи-внутри», при этом сердечник 2x0,22 укручивается, изменяя свой шаг до 6,3 мм. Оплетка металлокорда производится на оплеточной машине спиральным нанесением оплеточной проволоки с шагом 3,5 мм в направлении  $Z$ .

Таким образом, в изготовлении металлокорда заняты две канатные и одна оплеточная машины.

Налицо неэффективное использование оборудования в схеме изготовления металлокорда 2+7x0,22+0,15.

Непрерывное стремление к улучшению качества и конкурентоспособности метизной продукции, постоянный поиск возможностей усовершенствования технических и технологических характеристик металлокорда, сплоченная работа всего коллектива позволили метизному производству РУП «БМЗ» не только преодолеть кризисную ситуацию, но и к концу 90-х годов выйти на проектную мощность. Однако необходимость дальнейшего увеличения объемов производства, стабильный и все время увеличивающийся спрос на легковые конструкции металлокорда производства БМЗ, а также то, что парк канатного оборудования цеха «ПЛЮСКОРД» состоит в основном из машин, предназначенных для изготов-

ления тяжелых грузовых конструкций, поставили перед инженерами БМЗ задачу по рационализации использования канатных машин. В 1998 г. была разработана технологическая схема свивки металлокорда конструкций 3+9 и 2+7 в одну технологическую операцию. Данная схема основывалась на особенности конструкции канатной машины, предназначенной для изготовления металлокорда 3+9+15 (DV3TIR). Основной задачей при разработке такой схемы являлось одновременное изготовление первого и второго слоев двухслойной спиральной конструкции с различными шагами, но одинаковым направлением свивки. Схема машины показана на рис. 1.

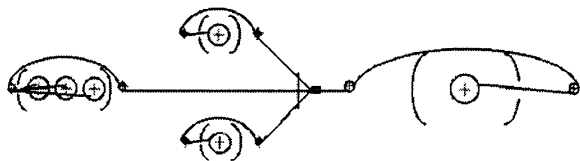


Рис. 1. Принципиальная схема машины DV3TIR, переоборудованной для изготовления двухслойных спиральных конструкций

Указанная задача была решена применением метода двойного кручения при свивке сердечника и самого двухслойного витого проволочного изделия в одну технологическую операцию с разными шагами свивки и с одинаковым (*SS* или *ZZ*) или противоположным (*ZS* или *SZ*) направлением свивки. При этом проволоки сердечника свивают с предварительным шагом свивки  $t_0$ , значительно большим требуемого в готовом изделии при одинаковом направлении свивки проволочного изделия (*SS* или *ZZ*) или с предварительным шагом свивки  $t_0$ , значительно меньшим требуемого в готовом изделии при противоположном направлении свивки проволочного изделия (*ZS* или *SZ*).

Достижение требуемого шага свивки проволочного сердечника в готовом двухслойном витом проволочном изделии, изготавливаемом с одинаковым направлением свивки проволочного сердечника и наружного слоя (*SS* или *ZZ*), осуществляется за счет подкрутки предварительного шага свивки сердечника  $t_0$  до финального шага свивки  $t_k$  одновременно с операцией свивки витого проволочного изделия с шагом свивки  $t_m$ .

При изготовлении двухслойного витого проволочного изделия с противоположным направлением свивки проволочного сердечника и проволочного наружного слоя (*ZS* или *SZ*) достижение требуемого шага свивки проволочного сердечника в готовом витом проволочном изделии осуществляется за счет открутки предварительного шага свивки  $t_0$  до финального шага свивки  $t_k$  одновременно с операцией свивки витого проволочного изделия с шагом свивки  $t_m$ .

Таким образом, при изготовлении двухслойного витого проволочного изделия с одинаковым направлением проволочного сердечника и наружного слоя (*SS* или *ZZ*) количество кручений, необходимое для формирования финального шага свивки сердечника, определяется суммой количества кручений, необходимых для формирования шага свивки витого проволочного изделия и предварительного шага свивки сердечника:

$$\frac{2\pi}{t_k} = \frac{2\pi}{t_m} + \frac{2\pi}{t_0}.$$

Отсюда предварительный шаг свивки проволочного сердечника:

$$t_0 = \frac{t_m t_k}{t_m - t_k}. \quad (1)$$

При изготовлении двухслойного витого проволочного изделия с противоположным направлением свивки проволочного сердечника и наружного слоя (*ZS* или *SZ*) количество кручений, необходимое для формирования финального шага свивки сердечника, определяется разницей количества кручений, необходимых для формирования предварительного шага свивки проволочного сердечника и шага свивки витого изделия:

$$\frac{2\pi}{t_k} = \frac{2\pi}{t_0} - \frac{2\pi}{t_m}.$$

Отсюда предварительный шаг свивки проволочного сердечника:

$$t_0 = \frac{t_m t_k}{t_m + t_k}. \quad (2)$$

Отношение шага свивки витого проволочного изделия к предварительному шагу свивки сердечника, согласно (1), составляет

$$\frac{t_m}{t_0} = \frac{t_m - t_k}{t_k} = \frac{t_m}{t_k} - 1, \quad (3)$$

согласно (2), —

$$\frac{t_m}{t_0} = \frac{t_m + t_k}{t_k} = \frac{t_m}{t_k} + 1. \quad (4)$$

В предлагаемом способе свивки линейная скорость вытяжки сердечника  $N_c t_0$ , свитого двойным кручением с предварительным шагом  $t_0$ , задается вытяжным устройством модуля двойной свивки витого проволочного изделия и соответственно равно линейной скорости вытяжки витого проволочного изделия  $N_m t_m$ :

$$N_c t_0 = N_m t_m.$$

Отсюда проверяем правильность расчетов предварительного шага свивки сердечника:

$$t_0 = \frac{N_m t_m}{N_c}. \quad (5)$$

Соотношение скорости вращения роторов модуля двойной — предварительной свивки сер-

дечника ( $N_c$ ) и роторов двойной свивки готового витого проволочного изделия ( $N_m$ ) определяется по выражению:

$$\frac{N_c}{N_m} = \frac{t_m}{t_0} = \frac{t_m}{t_0} \pm 1.$$

Отсюда скорость вращения роторов модуля двойной – предварительной свивки сердечника составляет:

$$N_c = \frac{N_m(t_m \pm t_k)}{t_k},$$

где (–) – для витого проволочного изделия с одинаковым направлением свивки сердечника и наружного слоя (SS или ZZ); (+) – для витого проволочного изделия с противоположным направлением свивки сердечника и наружного слоя (ZS или SZ).

К недостаткам машины, использованной при внедрении данной схемы (рис. 1), можно отнести отдельные электроприводы для свивки металлокорда и сердечника, электронную связь управления электроприводами, делающую возможным рассогласование скоростей приводов в режимах разгона и торможения вследствие разницы в моментах инерции вращающихся масс.

Вследствие изложенного выше дальнейшая работа по модернизации предложенной схемы проводилась с учетом возможного исключения приведенных недостатков на базе машины DV3TI. В 2001 г. была разработана схема, устраняющая эти недостатки.

На рис. 2 схематически показан способ изготовления двухслойного витого проволочного изделия. Данная схема имеет один электропривод, установленный в модуле 2, вращение модуля 3 осуществляется через механическую передачу с жесткой кинематической связью.

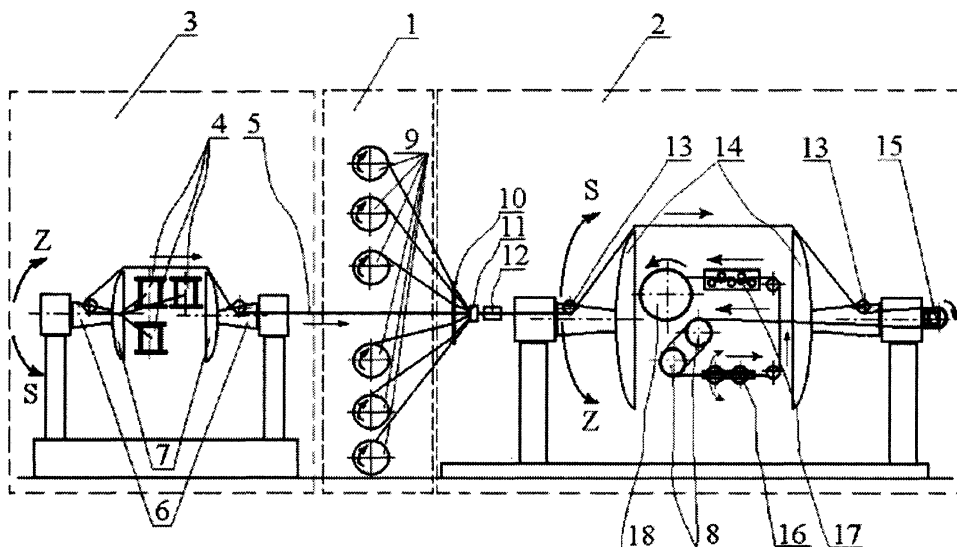


Рис. 2. Схема изготовления двухслойного витого проволочного изделия

Сущность предлагаемого способа заключается в объединении операций по изготовлению центрального сердечника и готового витого проволочного изделия в одну технологическую операцию путем присоединения к существующей машине двойного кручения, состоящей из модуля статической размотки 1 и модуля двойного кручения 2, дополнительного модуля двойного кручения 3.

Указанный способ включает в себя следующие стадии: размотку первой группы проволок, формирующих сердечник с питающих катушек 4 и их скручивание в сердечник 5 в модуле двойной свивки 3 с предварительным шагом свивки  $t_0$ .

Скручивание проволок в сердечник осуществляется за счет вращательного движения роторов 6 и маховиков 7 модуля двойной свивки 3 и поступательного движения сердечника с линейной скоростью вытяжки  $v_c$ , которая задается вытяжным устройством 8 модуля двойной свивки 3 и двухслойного витого проволочного изделия 2 и

соответственно равняется линейной скорости вытяжки витого проволочного изделия  $v_m$ .

Следующая стадия – прохождение сердечника, сформированного с предварительным шагом  $t_0$ , и второй группы проволок с питающих катушек 9, модуля статической размотки 1 через распределительный шаблон 10, формирующую втулку 11 и обжимные плашки 12 для образования внешнего слоя вокруг сердечника.

Дальнейшая стадия включает в себя подачу предварительно сформированного двухслойного витого проволочного изделия к ведущим роликам 13, маховикам 14, реверсивному ролику 15, вытяжному устройству 7, тorsiону 16, правильному устройству 17 и к приемной катушке 18 модуля двойной свивки 3 двухслойного витого проволочного изделия 2, где двухслойное витое проволочное изделие свивается с установленным шагом свивки  $t_m$ . Одновременно с процессом свивки двухслойного витого проволочного изделия

лия осуществляется подкрутка предварительного шага свивки сердечника  $t_0$  до финального шага  $t_k$  в случае, если сердечник и наружный слой имеют одинаковое направление свивки (*SS* или *ZZ*). При этом направление вращения роторов и маховиков модуля предварительной свивки сердечника 3 и модуля двойной свивки витого проволочного изделия 2 противоположное (*SZ* или *ZS*).

Если двухслойное витое проволочное изделие имеет противоположное направление свивки сердечника и наружного слоя, в этом случае в процессе свивки витого изделия с шагом свивки  $t_m$  в модуле двойной свивки витого изделия 2 происходит открутка предварительного шага свивки сердечника  $t_0$  до финального шага свивки  $t_k$ . При этом направление вращения роторов и маховиков модуля предварительной – двойной свивки сердечника 3 и модуля двойной свивки витого проволочного изделия 2 одинаковое (*SS* или *ZZ*).

В предлагаемом способе вместо модуля статической размотки 1 может использоваться модуль с ротационной размоткой, т.е. с подкруткой проволоки наружного слоя, а также двойное или одинарное внешнее подкручивающее устройство (торсион).

Способ изготовления двухслойного витого проволочного изделия покажем на следующих примерах.

1. Изготовление металлокорда конструкции 2+7x0,23*SS* с одинаковым направлением свивки проволоки сердечника и наружного слоя (*SS* или *ZZ*).

Исходные данные: скорость вращения роторов и маховиков модуля свивки металлокорда – 3250 мин<sup>-1</sup>; шаг свивки металлокорда – 12,5 мм; финальный шаг свивки проволоки сердечника – 6,3 мм.

Находим:

соотношение между числом оборотов роторов модуля предварительной свивки сердечника и модуля двойной свивки металлокорда (*K*):

$$K = \frac{t_m}{t_k} - 1 = \frac{12,5\text{мм} - 6,3\text{мм}}{6,3\text{мм}} = 0,984;$$

число оборотов роторов модуля двойной свивки проволоки сердечника:

$$N_c = \frac{N_m(t_m - t_k)}{t_k} = \frac{3250\text{мин}^{-1}(12,5\text{мм} - 6,3\text{мм})}{6,3\text{мм}} = 3198\text{мин}^{-1};$$

предварительный шаг свивки проволоки сердечника:

$$t_0 = \frac{t_m t_k}{t_m - t_k} = \frac{12,5\text{мм} \cdot 6,3\text{мм}}{12,5\text{мм} - 6,3\text{мм}} = 12,7\text{мм}.$$

Проверка правильности расчетов предварительного шага свивки сердечника:

$$t_0 = \frac{N_m t_m}{N_c} = \frac{3250\text{мин}^{-1} \cdot 12,5\text{мм}}{3198\text{мин}^{-1}} = 12,7\text{мм}.$$

2. Изготовление металлокорда конструкции 3x0,20+6x0,35*SZ* с противоположным направлением свивки проволоки сердечника и проволоки наружного слоя (*ZS* или *SZ*).

Исходные данные: скорость вращения роторов модуля двойной свивки металлокорда – 3250 мин<sup>-1</sup>; шаг свивки металлокорда – 18 мм; финальный шаг свивки проволоки сердечника – 10 мм.

Находим:

соотношение между числом оборотов модуля двойной – предварительной свивки сердечника и модуля двойной свивки металлокорда:

$$K = \frac{t_m}{t_k} + 1 = \frac{18\text{мм} + 10\text{мм}}{10\text{мм}} = 2,8;$$

число оборотов модуля двойной – предварительной свивки проволоки сердечника:

$$N_c = \frac{N_m(t_m + t_k)}{t_k} = \frac{3250\text{мин}^{-1}(18\text{мм} + 10\text{мм})}{10\text{мм}} = 9100\text{мин}^{-1};$$

предварительный шаг свивки сердечника

$$t_0 = \frac{t_m t_k}{t_m + t_k} = \frac{18\text{мм} \cdot 10\text{мм}}{18\text{мм} + 10\text{мм}} = 6,43\text{мм}.$$

Проверка правильности расчетов предварительного шага свивки проволоки сердечника:

$$t_0 = \frac{N_m t_m}{N_c} = \frac{3250\text{мин}^{-1} \cdot 18\text{мм}}{9100\text{мин}^{-1}} = 6,43\text{мм}.$$

Преимуществами нового способа изготовления металлокорда конструкций 2+7 и 3+9 в одну операцию являются.

- Высвобождение канатной машины сердечника для изготовления более производительных готовых конструкций металлокорда.
- Сокращение транспортных расходов на перевозку сердечника от одной машины к другой.
- Уменьшение расходного коэффициента по проволоке и экономия электроэнергии.
- Повышение производительности труда оператора.

Дальнейшие перспективы использования модернизированных канатных машин.

- Расширение сортамента конструкций 2+7 и 3+9 в высокопрочном и сверхпрочном исполнении.
- Изготовление «тяжелых» конструкций металлокорда 2+2, 3+2 и 4+3.

Использование нового способа предпочтительно при изготовлении металлокорда с одинаковым направлением свивки сердечника и металлокорда (*SS* и *ZZ*). При изготовлении металлокорда с противоположным направлением свивки сердечника и металлокорда применение нового способа ограничивается высокими скоростями роторов и маховиков модуля предварительной – двойной свивки сердечника.