

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

Ю. Л. Бобарикин, А. В. Веденеев, С. В. Шишков

ОСНОВЫ МЕТИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ПОСОБИЕ

**по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-42 01 01
«Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»,
направления специальности 1-42 01 01-02
«Металлургическое производство
и материалобработка (материалобработка)»,
специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка
материалов давлением»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2019

УДК 621.78.8(075.8)
ББК 34.8я73
Б72

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 7 от 25.06.2018 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Материаловедение в машиностроении» канд. техн. наук,
доц. *И. Н. Степанкин*

- Бобарикин, Ю. Л.**
Б72 Основы метизного производства : пособие по одной дисциплине для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)», направления специальности 1-42 01 01-02 «Металлургическое производство и материалобработка (материалобработка)», специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка материалов давлением» дневной и заочной форм обучения / Ю. Л. Бобарикин, А. В. Веденеев, С. В. Шишков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 86 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Пособие содержит классификацию метизной продукции, основы технологического процесса производства на этапе свивки и конструкцию металлокорда, основы производства эмалированного провода, болтов, гаек, фибры..

Для студентов, магистрантов, аспирантов, обучающихся и выполняющих исследования в области метизного производства металлокорда, эмалированного провода, болтов, гаек, фибры.

УДК 621.78.8(075.8)
ББК 34.8я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2019

Содержание

1	Определение и классификация метизной продукции	3
2	Краткая история метизного производства	4
3	Основные этапы волочильного производства	8
4	Структура металлокорда	9
5	Условное обозначение металлокорда	11
6	Конструкция стального корда	14
7	Основные характеристики стального металлокорда.....	17
8	Специальные методы определения характеристик металлокорда	20
9	Общая характеристика основного оборудования для свивки металлокорда	24
9.1	Основное оборудование	24
9.2	Свивка металлокорда на машинах двойного кручения	26
9.3	Оплеточные и перемоточные машины	40
9.4	Схема свивки металлокорда на канатной машине типа TD	43
10	Технология получения эмалированного провода.....	46
10.1	Медь.....	46
10.2	Алюминий.....	50
10.3	Другие сплавы	51
10.4	Агрегаты для эмалирования проволоки	52
11	Общая технологическая схема производства крепежных изделий ..	54
12	Схема операций высадки крепежных изделий	55
13	Схема получения резьбы на крепежных изделиях	57
14	Виды болтов и типоразмеры.....	58
15	Материал и классы прочности болтов	61
16	Требования, предъявляемые к качеству металла болтов.....	64
17	Использование фибры	66
18	Виды фибры.....	69
19	Преимущества высокомодульной проволочной фибры	75
20	Развитие производства стальной фибры	78
21	Оборудование для изготовления фибры	81
	Список литературы	86

1 Определение и классификация метизной продукции

Метизы— стандартизованные металлические изделия малых габаритов разнообразных номенклатуры и назначения.

Метизное производство - изготовление из проката стандартизованных металлических изделий разнообразной номенклатуры промышленного и широкого назначения. К метизам промышленного назначения условно относят стальную холоднокатаную ленту, стальную проволоку и изделия из нее (гвозди, канаты, сетку, металлокорд для шин, сварочные электроды), крепежные детали (болты, гайки, шпильки, винты, шурупы, пружинные шайбы), заклепки, железнодорожные костыли, противоугоны и др. К метизам широкого назначения относят стальные мелющие шары, рамные, круглые, поперечные, продольные пилы, ножи разных видов и др. Метизы изготавливают преимущественно методами холодной и горячей обработки давлением (прокатка, волочение, высадка и др.) и резания, как правило, на высокопроизводительных агрегатах-автоматах.

Метизами сокращенно и условно принято называть группу наиболее широко применяемых в народном хозяйстве металлических изделий промышленного и широкого назначения. Для изготовления метизов используют слитки, катанку, мелкосортный прокат, (калиброванный металл) и катаные полосы – продукция третьего передела. К метизам, относящимся к продукции четвертого передела черной металлургии (считая первым производство чугуна, вторым — стали и третьим — проката), относятся: проволока, канатные изделия (стальные канаты, металлокорд, витая арматура для железобетона), металлические сетки, лента, сварочные электроды, порошковая проволока, мелкие пружины, крепежные изделия (болты, шпильки, винты, шурупы, заклепки, гвозди, дюбели, гайки, шайбы, железнодорожные костыли и др.), противоугоны для рельсов, крючья для телеграфных столбов, хозяйственные цепи и др. Изделия, изготавливаемые из проволоки, называют проволочными. Производство всех перечисленных изделий называют метизным производством. Оно осуществляется посредством холодной пластической деформации.

Условно метизную продукцию можно разделить по назначению на промышленного и широкого назначения.

Метизы промышленного назначения — это крепежные изделия: болты, винты, гайки, шайбы, заклепки, а также костыли, которые применяются в железнодорожном строительстве, железнодорожные

болты, телеграфные и телефонные крючья. Проволочная продукция: металлическая проволока, стальная лента, стальные канаты, металлокорд, металлическая сетка, гвозди, пружинные шайбы, разводные шплинты и др.

В таблице 1.1 приведены исходные материалы и способы получения для производства метизов.

Широкого назначения — изделия, которые изготавливают из металла и применяют в повседневной жизни. Это различные ножницы и ножи, разнообразные пилы, предметы сельскохозяйственного назначения (вилы, лопаты) и многое другое.

Таблица 1.1 – Исходные материалы и способы получения метизной продукции

№ п/п	Вид заготовки	Вид операции	Вид метизной продукции
1	Катанка	Волочение	Проволока разного назначения
2	Проволока	Плетение	Металлическая сетка
3	Проволока	Свивка	Стальной канат, металлокорд, мелкие пружины
4	Проволока	Эмалирование	Кабельная продукция
5	Проволока	Гибка, резка	Фибра
6	Калиброванный металл (пруток)	Высадка, гибка	Крепежные изделия: гвозди, болты, гайки, заклепки, винты, шурупы, шплинты и др.
7	Горячекатанная полоса	Холодная прокатка	Холоднокатаная лента
8	Холоднокатаная лента	Листовая штамповка	Пилы, ножи, шайбы
9	Проволока	Волочение с роликовым плющением	Плющенная проволока

2 Краткая история метизного производства

История метизного производства берет свое начало во втором тысячелетии до нашей эры. Именно таким периодом датируются артефакты, обнаруженные во время раскопок на территории Египта, Греции и Рима и подтверждающие, что в изготовлении ювелирных изделий и предметов быта использовалась тонкая волоченная золотая или серебряная проволока диаметром не менее 0,5 мм. Производилась она путем протягивания через отверстия в камне или твердых породах дерева тонких полосок ковального листа металла. Находки железной

проволоки и изготовленных из нее тросов диаметром 25 мм и длиной около 5 метров относятся уже к III-V векам до нашей эры.

Процесс производства гладкой железной проволоки, уже достаточно распространенный в IV-V веках н.э., был еще абсолютно несовершенен и не позволял получать на выходе большие мотки. Используемая технология выглядела следующим образом: волочение проходило при помощи круглых отверстий в специальных досках, подвергнутых для упрочнения цементации.

Настоящий прорыв в производстве проволоки состоялся в 1568 году, когда в Британии был запущен первый волочильный стан с использованием механического привода от вала мельницы. Дальше — больше. В XVIII веке появляются многократные волочильные машины с противоскольжением проволоки. В 1865 году на смену железу пришла бессемеровская сталь, что позволило получать стальную гладкую проволоку практически любой длины и хорошего качества. Переселенцы, прибывшие в Северную Америку, начали использовать ее для элементов ограждения территорий, в основном, пастбищ. Чуть позже принятый закон о неприкосновенности частной собственности увеличил спрос на оградительные конструкции, появились крупные промышленные цеха, производящие проволоку.

Датировать освоение промышленного производства проволоки и изделий из нее можно первой половиной XIX века, почти через четыре тысячи лет, после того как человечество начало пользоваться процессом волочения.

Что касается Российской империи, то она отставала в промышленном производстве метизной продукции от Северной Америки приблизительно на полвека. Проволока экспортировалась из США, а изделия из нее: гвозди, заклепки, сетка и т.д. изготавливались кустарным способом на небольших мануфактурах.

О промышленных масштабах производства можно говорить, начиная с 1869 года, когда в Риге запускается гвоздильно-проволочный завод, мощности которого позволяли ежемесячно отгружать до 70 вагонов продукции. Спустя 21 год в Екатеринославле (ныне Днепрпетровск) организован металлический завод, который с 1910 года под наименованием «Проволочно-гвоздильный завод» начал выпускать проволоку, гвозди, болты, гайки и железнодорожный крепеж. Потребности российского рынка растут, и в 1899 году в центре г. Царицын основывается «Царицынский болтозаклепочный завод», довольно крупное предприятие, производящее кроме крепежных изделий

якорные цепи. Отдельное место в истории метизной отрасли Российской империи занимает проволочно-гвоздильный завод, который был основан в 1912 году братьями Рикк в уездном городе Речице Минской губернии. В 1922 году предприятие восстановлено и названо завод «Интернационал». В 1935 году, в результате реконструкции, увеличена мощность завода. В первые дни войны паровые машины и оборудование предприятия было эвакуировано в г. Горький. В 1943 году, после освобождения Речицы, приступили к восстановлению, и уже в 1945 году работали на полную мощность. В 1959 году предприятие переименовано в Речицкий метизный завод, а в 1965 – начата крупная технико-технологическая реконструкция, появились автоматические линии и агрегатные станки, к номенклатуре добавились крепежные изделия и калиброванные цепи.

Важный этап в истории метизного производства начинается в 1839 году, когда американский ученый-изобретатель Чарльз Гудьир (Charles Goodyear) изобрел процесс вулканизации резины. Данное событие положило начало резинотехнической промышленности, в том числе и шинной, и производству армирующих материалов.

К основным этапам в развитии автомобильной шины с точки зрения использования стальных армирующих материалов можно смело причислить:

- 1937 год. Французская компания «Мишлен» («Michelin») впервые применила в качестве армирующего материала стальной трос (металлокорд). Первый металлокорд был произведен в г. Клермон-Ферран (Франция) на заводе «Мишлен»;

- 1946 год. Французский предприниматель Пьер Будон запатентовал радиальную шину;

- 1955 год. Компания «Мишлен» разработала полностальную шину (ЦМК).

В 1962 году в СССР пущен в строй первый цех по производству металлокорда для автомобильных шин в г. Белоречке. Эту дату можно считать датой рождения производства металлокорда в СССР как армирующего материала в шинном производстве.

К середине 80-х годов XX века 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 на Орловском сталепроволочно-прокатном заводе (ОСПАЗ), Белоречком металлургическом комбина-

те (БМК), Магнитогорском калибровочном заводе (МКЗ) 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 Ярославский шинный завод (ЯШЗ) и Бобруйский шинный комбинат (БШК).

С пуском цеха металлокорда заработала и вторая очередь металлургического и прокатного производства завода, позволившая обеспечить производство металлокорда высококачественной горячекатаной заготовкой. Строительство выполнялось «под ключ» консорциумом западноевропейских фирм под руководством австрийской «Voest-Alpine» и итальянской «Danieli».

В 1987 году был введен в строй сталепроволочный цех №1 по производству металлокорда (проект «Micord»). Дальнейшее расширение производства металлокорда произошло в 1991 году, когда был введен в эксплуатацию сталепроволочный цех № 2 с производством металлокорда (проект «Pluscord»). Суммарные проектные мощности метизного комплекса составили 50 тыс. т металлокорда, 10 тыс. т латунированной проволоки для бортовых колец шин, 10 тыс. т проволоки для рукавов высокого давления (РВД). В 2000 году в рамках проекта «Днепр» был введен в эксплуатацию сталепроволочный цех № 3, специализирующийся на производстве холодноотянутой арматуры, проволоки общего назначения, гвоздевой и пружинной проволоки. В 2008 году в сталепроволочном цеху № 3 был запущен участок по производству фибры для армирования бетона с проектной мощностью 400 тонн в месяц.

Таким образом, сегодня метизное производство Белорусского металлургического завода представлено тремя основными сталепроволочными цехами (№ 1 – Micord; № 2 – Pluscord и № 3) и вспомогательным цехом тары и волок. Перечень выпускаемой ими продукции включает следующие позиции: металлокорд, бортовая бронзированная проволока для автомобильных шин, латунированная проволока для армирования рукавов высокого давления, арматурная, сварочная, пружинная, спицевая, гвоздевая проволока, проволока общего назначения и фибра стальная (анкерная, волновая и микрофибра).

Действующие мощности метизного производства, в котором задействовано около 3 тысяч человек (четвертая часть всего коллектива завода), позволяют изготавливать более 70 конструкций металлокор-

да, 16 типоразмеров бортовой проволоки, 50 типоразмеров проволоки РВД (RML), более 130 наименований проволоки различного назначения, 12 типоразмеров стальной фибры. Освоено производство высокопрочной проволоки для резки монокристаллов кремния (Saw Wire).

3 Основные этапы волочильного производства

Исходной заготовкой волочильного производства является катанка. Ее качество определяет качество тонкой проволоки и изделий из нее (металлокорд, фибра). Традиционно диаметр катанки для проволочного производства имеет диапазон 4,5 - 12 мм. Для производства стальной проволоки – 5,5-6,5 мм.

Качество металлической катанки формируется на стадии прокатки на проволочных прокатных станах. Основными параметрами, влияющими на качество катанки, являются:

- качество сырья для сталеплавильного производства;
- технология выплавки стали;
- технология горячей прокатки стали;
- химический состав металла;
- структура металла.

Для сталепроволочного производства рекомендуется формирование у стальной катанки феррито-перлитных структур. Эта структура обеспечивает максимальную пластичность при достаточной прочности проволоки. Полученная катанка сматывается в бунты.

С экономической точки зрения и увеличения производства, предпочтительно формировать бунты максимальной массы, что обеспечивает максимальную загрузку волочильного производства, уменьшая количество пауз между бунтами.

Использование катанки минимально возможного диаметра также повышает производительность волочения за счет сокращения волочильных переделов и переходов.

Катанка из прокатных цехов поступает на склад катанки волочильных цехов. С помощью специальных транспортных средств бунты катанки поступают на участок подготовки поверхности катанки к волочению. Подготовка поверхности заключается в удалении окалина и в нанесении специальных подсмазочных слоев.

Операция травление проводится механическими и/или термомеханическими способами для удаления окалины. Эти способы считаются экологически чистыми и ресурсосберегающими.

В настоящее время наиболее распространен химический способ удаления окалины, который заключается в травлении поверхности катанки специальными химическими средствами. После травления проволока промывается водой и на ее поверхность химическим способом наносится подмазочный слой (для БМЗ - это слой буры). Далее проволока промывается и просушивается, поступает на склад, расположенный перед участком грубого волочения.

После механического удаления окалины обычно подмазочный слой не наносят.

Волочение проводится на станах грубого среднего и тонкого волочения, на участках соответствующих процессу волочения.

В связи с упрочнением проволоки, при волочении в промежутках между этапами волочения могут располагаться термические участки, обеспечивающие промежуточные разупрочнения, нанесение слоев металлических покрытий (для БМЗ латунные, бронзовые и цинковые покрытия).

После волочения проволока может служить как готовая продукция, так и заготовка для метизного производства.

4 Структура металлокорда

Металлокорд является основным армирующим материалом для брекера и каркаса радиальных шин. Расположение металлоарматуры в шинах этого типа показано на рис. 4.1.

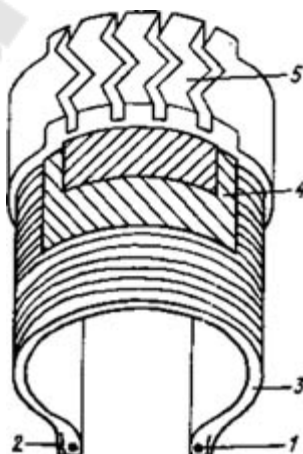


Рис. 4.1 – Схема расположения армирующих элементов в радиальной шине:

1 - борт; 2 - чефер; 3 - каркас; 4 - брекер; 5 - протектор.

Постоянный рост потребления металлокорда обуславливается удачным сочетанием его эксплуатационных характеристик.

1) Металлокорд – один из самых прочных промышленно используемых материалов. Хотя металлокорд уступает по удельной прочности арамидам, стеклокорду, поликапрамиду, но его высокая прочность, жесткость и сопротивление сжатию позволяет уменьшать число слоев, закладываемых в шину, и, тем самым, снижать вес самой шины. Также важным свойством является (в отличие от текстиля) отсутствие снижения прочности под воздействием влаги, относительно малое (особенно у компактных конструкций) снижение прочности в результате *фреттинга* (коррозия при минимальном повторяющемся (локальном) перемещении двух поверхностей относительно друг друга в условиях воздействия коррозионной среды).

2) Металлокорд имеет самый высокий модуль Юнга среди армирующих материалов для шин, а это обуславливает низкие потери на гистерезис и тепловыделение при работе шин, малое сопротивление качению, стабильность формы шины под различными видами нагрузок. Температурная стабильность металлокорда обеспечивает сохранение формы брекера и каркаса при высоких скоростях.

3) Металлокорд без всякой дополнительной обработки, необходимой для остальных видов армирующих изделий, имеет высокую адгезию к резине, как в исходном состоянии, так и после длительного температурного воздействия (старения).

Во всем мире происходит не только рост производства металлокорда, но и его значительное качественное развитие. Подтверждением служит ежегодный рост освоенных конструкций на ОАО "БМЗ".

В производстве металлокорда имеются определенные технологические трудности, касающиеся, в частности, процесса латунирования, мокрого волочения и свивки стальной латунированной проволоки, производства металлокорда с высокими адгезионными свойствами по отношению к резине, а также уменьшения обрывности тончайшей проволоки при волочении и свивке. Знакомство с путями устранения этих трудностей представляет значительный интерес.

Металлокорд состоит, как правило, из трех элементов (рис. 4.2): проволок – 1, прядей – 2 и оплеточной проволоки – 3.

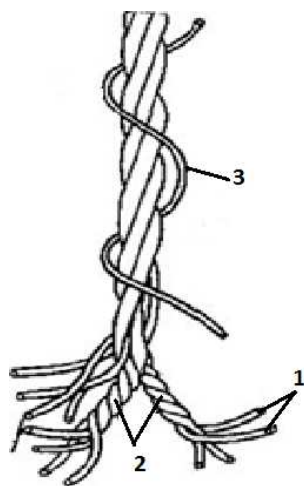


Рис. 4.2 – Структура металлокорда

По внешнему виду металлокорд имеет равномерный блестящий желтый цвет и наматывается на стальные или пластмассовые катушки одной непрерывной длиной. Изготовители шин стремятся выбрать наиболее эффективные конструкции многоцелевого назначения и тем самым унифицировать сортамент используемого металлокорда.

5 Условное обозначение металлокорда

В соответствии с требованиями «Американского общества по испытанию материалов» (Методы «ASTM») обозначение металлокорда содержит описание его конструкции с добавлением соответствующих индексов.

Для описания конструкций корда, в шинной промышленности приняты условные обозначения проволоки ASTM. *Описание корда начинается с крайнего внутреннего элемента и продвигается наружу.* Знаком «плюс» (+) отделяется каждый слой корда. Если нити в двух или нескольких компонентах имеют одинаковый диаметр, его размер опускается для всех кроме последнего компонента. *Если элементом является одиночная нить, числовое обозначение один (1) опускается.* Ниже дана обобщенная форма данных условных обозначений:

сердечник + промежуточная часть + крайняя внешняя часть + оплетка

или:

$$(N \times F) \times D + (N \times F) \times D + (N \times F) \times D + W \times D, \quad (5.1)$$

где: N – количество элементов;
F – количество нитей;
D – диаметр нитей (мм);
W – оплетка (нить).

Необходимо отметить, что данные условные обозначения не учитывают направление скручивания (S или Z), а также длину свивки (шаг) корда. При определении конструкции стального корда, направление скручивания и длина свивки указываются в последнем обозначении после введения в формулу любых возможных упрощений. Это можно проиллюстрировать на следующем примере.

Конструкция корда:

Слой I: N=1, F=4, D=0,175 мм

Слой II: N=6, F=4, D=0,175 мм

Слой III: (оплетка) N=1, F=1, D=0,15 мм

Подставив данные значения в формулу (1), конструкцию корда можно выразить следующим образом:

$$(1 \times 4) \times 0,175 + (6 \times 4) \times 0,175 + 1 \times 0,15 \quad (5.2)$$

Используя правило одиночного элемента нити (N = 1 или F = 1), упрощенное выражение данной конструкции корда будет иметь следующий вид:

$$4 \times 0,175 + (6 \times 4) \times 0,175 + 0,15 \quad (5.3)$$

В предыдущем примере конструкции стального корда, и компонент в слое I (крайний внутренний), и компонент в слое II (крайний внешний) выполнены из нитей с диаметром D=0,175 мм. Дальнейшее упрощение обозначения конструкции корда позволяет использовать идентификацию диаметра (D) только с крайним внешним компонентом при условии, что все компоненты имеют нити одинакового диаметра. Тогда обозначение конструкции корда для данного примера будет иметь следующий вид:

$$4 + (6 \times 4) \times 0,175 + 0,15 \quad (5.4)$$

Если направления скрутки обоих элементов одинаковое, выражение можно упростить до:

$$7 \times 4 \times 0,175 + 0,15 \quad (5.5)$$

Данное обозначение конструкции корда (т.е. тип конструкции корда) не является окончательным, так как в нем не отражается направление скрутки и длина свивки (шаг) стренг, корда и нити оплетки. Если мы допустим, например, что:

- шаг навивочной нити в пряди составляет 10 мм при левом направлении скрутки (S),
- шаг навивочных прядей в корде составляет 20мм при правом направлении скрутки (Z),
- шаг оплетки составляет 3,5 мм при левом направлении скрутки (S).

Окончательно обозначение конструкции корда выглядит следующим образом:

$$7 \times 4 \times 0,175 + 0,15 \ 10/20/3,5 \ S/Z/S \quad (5.6)$$

На рис. 5.1 дается схематичное представление данной конструкции стального корда ($7 \times 4 \times 0,175 + 0,15$) с учетом шага и направления скрутки нитей, прядей и оплеточной проволоки.

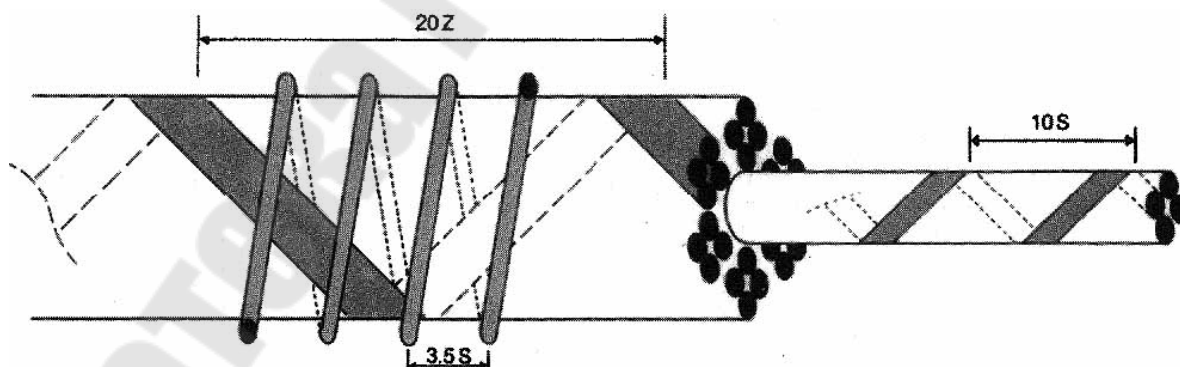


Рис. 5.1 Конструкция стального корда $7 \times 4 \times 0,175 + 0,15$

Методика идентификации стального корда (так называемая марка корда) предусматривает использование четырех чисел и буквы, например, 21Л15. Число 21 показывает количество нитей в корде. Буква русского алфавита Л означает, что проволока корда имеет латунное покрытие (латунированная). Число 15 показывает диаметр нити в

миллиметрах, умноженный на 100, т.е. 0,15 мм. Следует отметить, что нити в пряжи и сердечнике в данном примере (21Л15) имеют диаметр 0,15 мм.

Оба диаметра (например, 49 Л17/25) указываются в том случае, если диаметр нити сердечника в пряжи отличается от размера других нитей сорта корда. В данном случае, цифра 49 показывает количество проволок в корде, буква Л означает, что проволока имеет латунное покрытие, а пряжи изготовлены из одиночных нитей диаметром 0.17 мм и диаметром нити сердечника – 0.25 мм.

6 Конструкция стального корда

Существует шесть основных типов конструкции стального корда:

- *обычный корд*. Направление скручивания нитей в прядях (S) противоположно направлению прядей в корде (Z) (рис. 6.1-1).

- *корд со свивкой Лэнга*. И пряжи, и корд имеют одно и то же направление скручивания (S) (рис. 6.1-2).

- *открытый корд (OC)*. Свободное расположение нитей, в результате чего резина может проникать внутрь корда (рис. 6.1-3).

- *компактный корд*. Нити контактируют друг с другом вдоль длины корда и имеют, как правило, спиральную оплетку (рис. 6.1-4).

- *корд с высокой степенью удлинения (HE)*. Корд со свивкой Лэнга, пряжи которого имеют свободное расположение, пониженный шаг свивки и могут перемещаться относительно друг друга, обеспечивая тем самым значительное удлинение под нагрузкой (рис. 6.1-5).

- *корд с полным проникновением резины (FRP)* – металлокорд сохраняющий открытую для доступа резины структуру при растягивающей нагрузке на каландре (рис. 6.1-6).

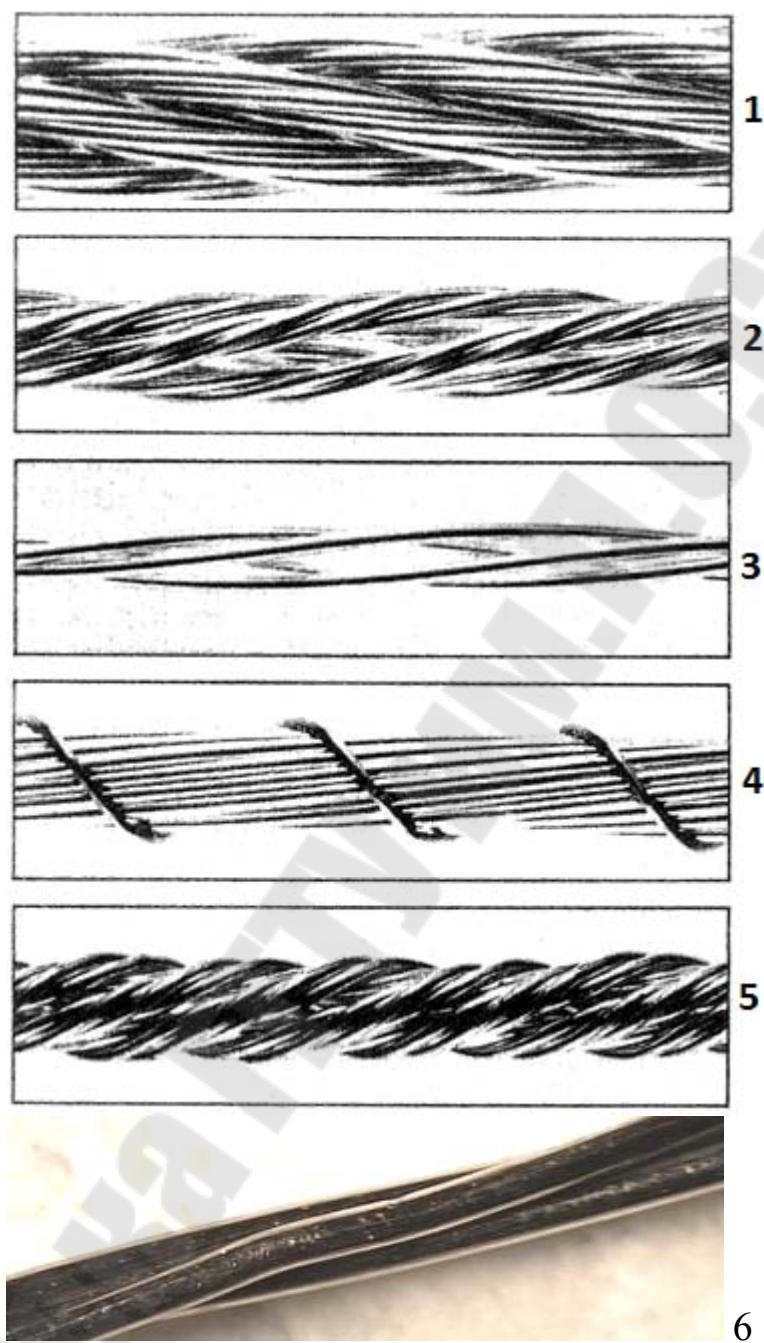


Рис. 6.1 – Типы конструкции металлокorda

На рис. 6.2 дается схематичное представление поперечного сечения нескольких конструкций шинного корда. Данные конструкции представляют различные геометрии в последовательных слоях, а также разные диаметры нити.

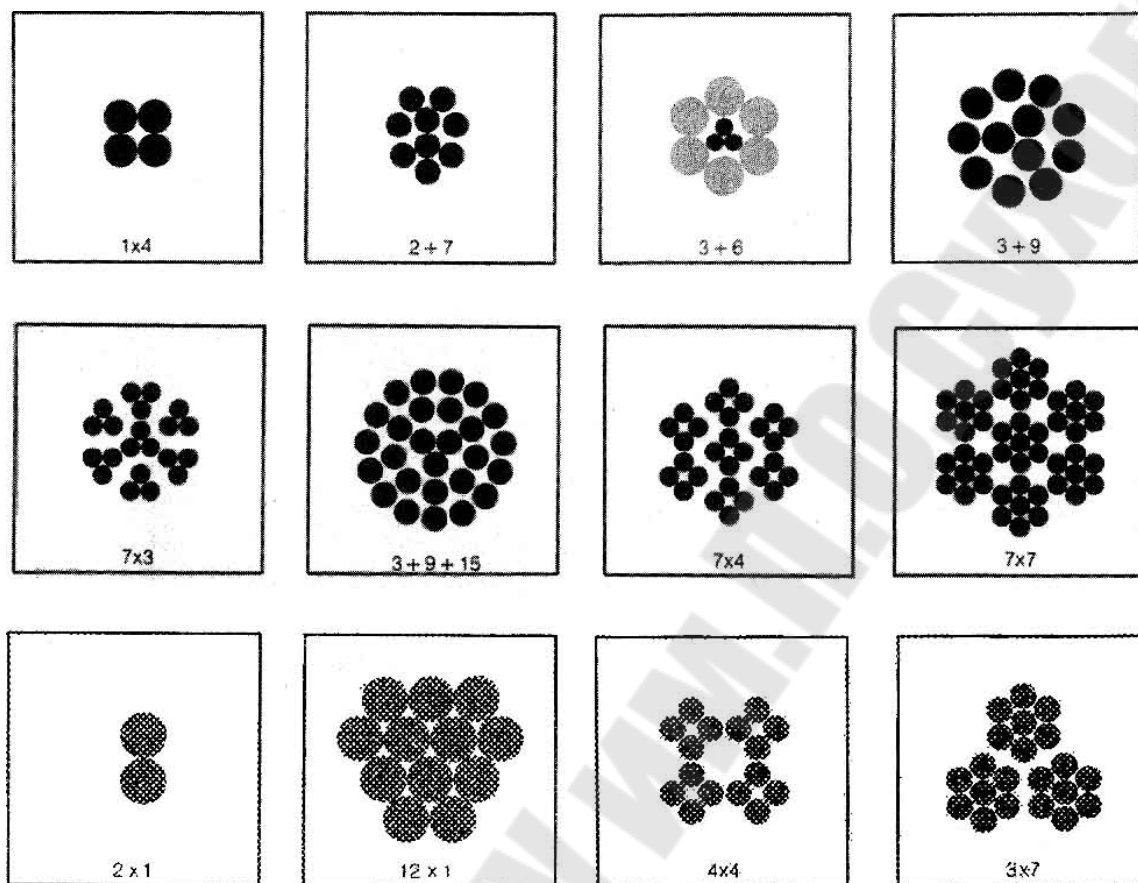


Рис. 6.2 - Поперечные сечения стального корда

На рис. 6.3 показано удлинение обычного стального корда $7 \times 3 \times 0,175$ и стального корда с высокой степенью удлинения (HE) $3 \times 7 \times 0,175$. Корд HE имеет более высокое значение удлинения при низких нагрузках и более низкое разрывное усилие при разрыве.

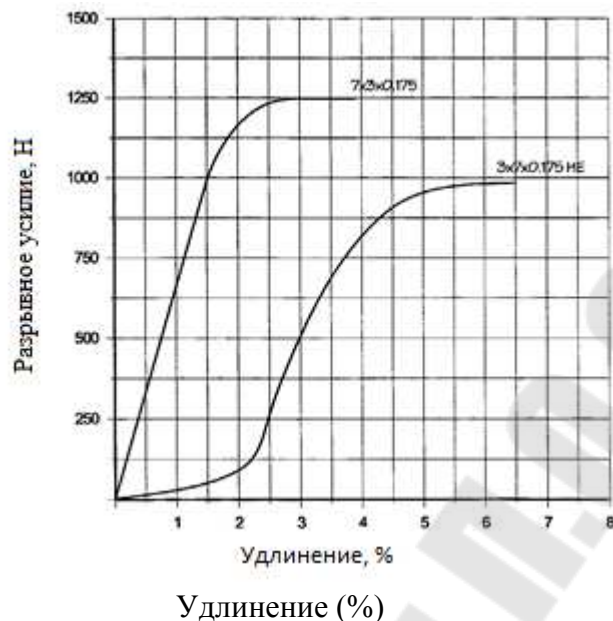


Рис. 6.3 - Разрывное усилие и удлинение для обычной конструкции и конструкции HE

7 Основные характеристики стального металлокorda

Стальной корд имеет много физических и химических характеристик, включающих диаметр корда, шаг свивки, линейную плотность, прямолинейность, остаточное кручение, раскручиваемость, способность к латунированию, адгезию, механические свойства.

Диаметр корда – это арифметическое среднее максимальных и минимальных значений, измеренных в миллиметрах через каждые 90 градусов вокруг корда.

Шаг свивки определяется шагом и направлением скручивания. Длина шага свивки – это осевое расстояние вдоль корда, выраженное в миллиметрах и необходимое для совершения одного полного оборота на 360 градусов вокруг корда.

Направление свивки элементов пряди или корда обозначается заглавными буквами Z и S. Определение направления свивки производится следующим образом: удерживая прядь или корд в вертикальном положении, наблюдайте за скруткой отдельных элементов вокруг оси пряди корда. Если они свиты в направлении наклона центральной части буквы Z, свивка будет правосторонней, если в направлении буквы S, свивка будет левосторонней. Если смотреть вдоль оси пряди или корда, Z-свивка имеет скрутку в направлении против часовой стрелки, а S-свивка – в направлении часовой стрелки.

На рис. 7.1(a) показан стальной корд с правосторонними (Z) и левосторонними (S) свивками. На рис. 7.1(b) показан корд с S-свивкой и шагом свивки 10 мм.

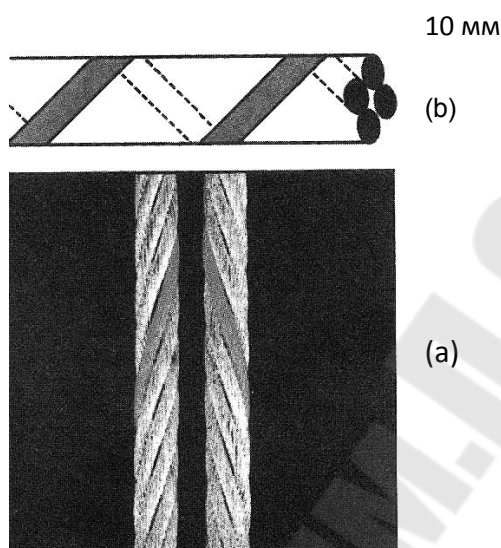


Рис. 7.1 - (a) Стальной корд с Z- и S-свивками; (b) корд со свивкой с шагом 10 мм S.

Направление свивки отдельных элементов шинного корда может быть идентичной или противоположной. Корд крестовой свивки имеет разные направления свивки в каждом последующем слое. Например, сердечник может быть намотан в направлении Z, а прядь – в направлении S. Что касается корда односторонней свивки, то все его элементы скручиваются в одном и том же направлении (Z или S).

Линейная плотность определяется как отношение масса на единицу длины (обычно в г/м) пряди или корда.

Прямолинейность – способность пряди или корда находиться в горизонтальной плоскости между двумя прямыми, параллельными линиями, находящимися друг от друга на определенном расстоянии.

Остаточное кручение – это количество оборотов, сделанных прядью или кордом заданной длины в положении, когда один конец зафиксирован в неподвижном состоянии, а другой свободно вращается.

Раскручиваемость определяется как развивка элементов обрезанного конца пряди или корда и выражается как распушенная длина в миллиметрах.

Характеристики латунного покрытия. Перед тем как приступить к окончательному волочению нити, стальная проволока для произ-

водства шинного корда подвергается электролитическому латунированию. Латунирование преследует две цели. Во-первых, латунное покрытие выполняет функцию подмазочного слоя при мокром волочении. Во-вторых, латунь обеспечивает сцепление между металлокорда с резиной. Медь в латунном покрытии при вулканизации реагирует с серой и другими компонентами резины и образует химическое соединение с прочной долговечной связью. Латунное покрытие характеризуется химическим составом, массой покрытия, толщиной латунного слоя и градиентом содержания меди по толщине покрытия.

Химический состав – это весовое процентное содержание меди и цинка в общем слое покрытия. Производители шин, как правило, предпочитают латунные сплавы с общим составом меди от 61 до 70% и цинка от 39 до 30%.

Масса покрытия определяется как количество материала, нанесенного на поверхность проволоки, выраженного в граммах покрытия на килограмм стальной проволоки.

Толщина латуни – это толщина латунного слоя, измеренная в микрометрах ($\mu\text{м}$).

На рис. 7.1 показано отношение массы покрытия в г/кг к ее толщине ($\mu\text{м}$) как функция диаметра проволоки.

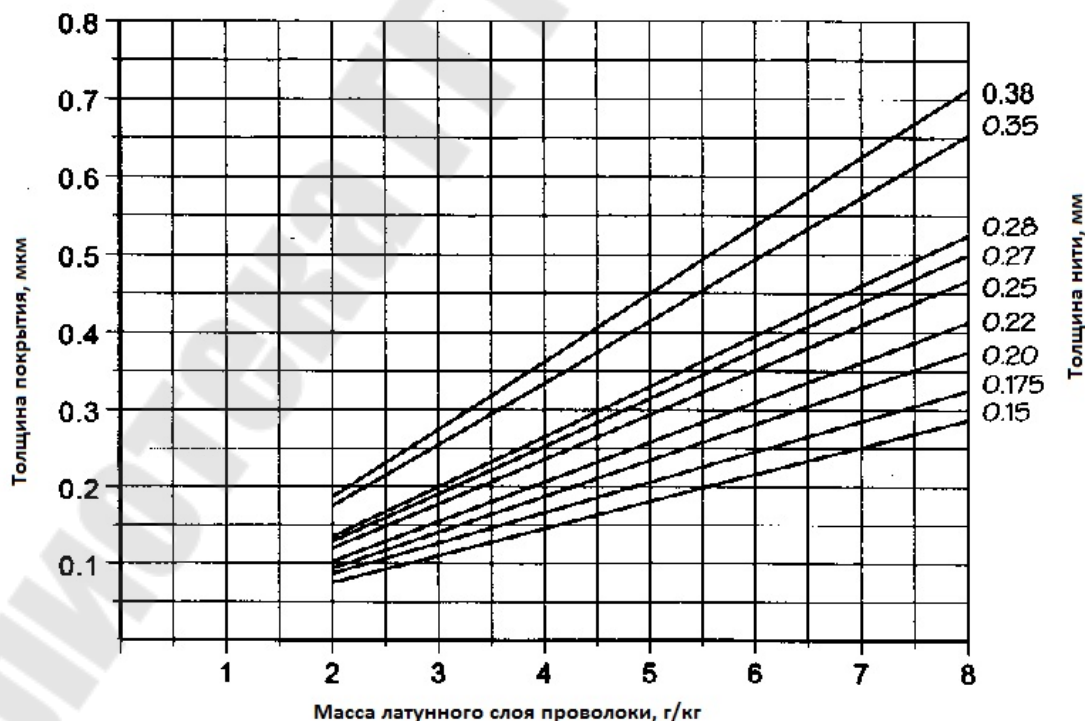


Рис. 7.1 - Зависимость толщины латунного покрытия от его веса:

Адгезионные свойства оцениваются по усилию, которое необходимо для выдергивания проволоки или корда из вулканизованного резинового блока. Данное усилие измеряется в ньютонах (N). Кроме этого, часто в качестве меры адгезии используется понятие «покрытие резиной», под которым понимается доля поверхности проволоки или корда, покрытого резиной после ее/его выдергивания из вулканизованного резинового блока. Желательно иметь 100% резиновое покрытие. Это означает, что сила адгезии резины к латуни превышает силу когезии резины (сцепления молекул резины между собой).

Механические характеристики:

Разрывная нагрузка – максимальная нагрузка (в ньютонах), которую выдерживает корд перед разрывом во время проведения испытания на разрыв.

Металлокорд подразделяется:

В зависимости от механических свойств проволоки:

- нормальной прочности - NT (Normal Tensile) или без индекса;
- высокой прочности - HT (High Tensile);
- сверхвысокой прочности - ST (Super Tensile);
- ультравысокой прочности - UT (Ultra Tensile).

Удлинение при разрыве – это относительное увеличение длины корда под действием разрывной нагрузки, выраженное в процентах.

8 Специальные методы определения характеристик металлокорда

При разработке новых конструкций металлокорда существующих приемочных испытаний явно недостаточно, чтобы спрогнозировать его поведение в шинах. Испытания металлокорда в шинах являются очень продолжительными и дорогостоящими, что стимулирует появление более простых, ускоренных и дешевых методов оценки качества корда. Поэтому при определении эффективности новых конструкций и при отработке технологии изготовления уже известных типов металлокорда проводятся дополнительные тесты на металлокорде. К таким характеристикам для металлокорда каркасных конструкций можно отнести: модуль упругости, выносливость как в обрезиненном, так и в не обрезиненном состоянии; усилие анкеровки внутренних слоев, геометрическое расположение проволок и уровень

компактности; для металлокорда брекерных слоев: модуль упругости, удлинение при частичной нагрузке, жесткость и эластичность.

Модуль упругости

При приложении растягивающего усилия к образцу металлокорда, диаграмма "напряжение-удлинение" имеет упругую и пластическую области. Наклон упругой части диаграммы принято называть модулем упругости. Как известно, модули упругости для разных конструкций металлокорда отличаются между собой в зависимости от структурной возможности удлинения металлокорда.

Каркасные конструкции металлокорда, по мнению конструкторов шин, должны обладать высоким модулем упругости, что позволяет более полно передавать тяговые и тормозные нагрузки от транспортного средства к поверхности дорог. Для металлокорда брекерных слоев также важен показатель модуля упругости, но в качестве составляющей изгибной жесткости.

Изгибная жесткость

Показатель изгибной жесткости в брекерных слоях шин определяет уровень сопротивления качению, совместно с величиной разрывного усилия - вес шин. Высокий модуль упругости стали в сочетании с большими диаметрами проволок позволяет обеспечивать необходимую жесткость брекерного слоя и по возможности уменьшать количество слоев в шине.

По мнению фирмы "Векаерт", конструкторы шин, которые хотят получить высокую жесткость брекерных слоев, могут идти на снижение общей разрывной прочности кордов, ориентируясь на показатель отношения жесткости металлокорда к его весу.

Испытания металлокорда на жесткость в лабораториях «БМЗ» проводят на приборе и по методике "Taber". Суть метода заключается в определении момента сопротивления изгибу, без структурного перемещения проволок в образце металлокорда.

Эластичность

Показатель эластичности характеризует степень восстановления металлокордом своей первоначальной формы, после того, как он подвергся определенной деформации. На «БМЗ» показатель эластичности определяется методом петли. Рассматриваемый показатель в большей степени зависит от технологии изготовления, чем от жесткости металлокорда. Во многом данный показатель зависит от степени перемещения проволок при изгибе и сил трения между проволоками.

Усталостная выносливость

Как известно, повышенная усталостная выносливость позволяет увеличивать срок эксплуатации шин. Она представляет собой процесс зарождения и роста трещин при циклических нагрузках. Для сравнения различных конструкций пользуются понятием предела усталости, представляющей из себя максимальную амплитуду напряжения, при которой трещины, имеющиеся в исходном образце или полученные во время испытаний, не вырастают до окончательного излома.

В настоящее время существует несколько способов испытания металлокорда на циклическую выносливость, учитывающих отдельные воздействия на металлокорд в шине при эксплуатации. На «БМЗ» используются следующие методы испытаний:

- метод "Хантер", заключающийся в знакопеременном изгибе образца металлокорда с изменяющимся напряжением изгиба;

- метод "Содеталь", при котором обрешиненный образец металлокорда подвергается знакопеременному изгибу в трех роликах с дополнительной растягивающей нагрузкой в малоцикловой области испытаний;

- метод "Файерстоун", который позволяет определять предел усталости обрешиненного металлокорда под растягивающей нагрузкой с изгибом на ролике в нормальных условиях, а также в условиях повышенной влажности и температуре.

Выносливость (т.к. предел выносливости имеется или нужен далеко не всегда) витого изделия, в т.ч. металлокорда, определяется, прежде всего, схемой (и величиной) нагружения при испытаниях. При одинаковых условиях испытаний выносливость изделия зависит, прежде всего, от размера и прочности элементов (диаметра проволок и прядей) и вида взаимодействия их между собой (т.н. типа касания – точечное, линейное, точечно-линейное, полосовое, определяемое типом свивки и обработки после нее) – чем меньше диаметр и больше площадь соприкосновения элементов, а также прочность, тем выше выносливость. Влияние дефектов поверхности (включая приповерхностные неметаллические включения), остаточных напряжений элементов (проявляющихся в величине анкеровки сердечника) является основным для выносливости проволоки; но для витых изделий их роль заметно менее значительна.

Контактная усталость (фреттинг-коррозия)

Фреттинг-коррозией называется эрозия материала в местах контакта проволок металлокорда вследствие их взаимного перемещения

в процессе эксплуатации. Она имеет самоускоряющийся механизм, так как продукты фреттинга, состоящие из окислов металлов, ускоряют процесс эрозии. Вследствие этого конструкторам шин приходится увеличивать запас прочности закладываемых слоев, приводящих к утяжелению шин.

В основном контактная усталость зависит от конструкции металлокорда. Существующие многопрядные и многослойные конструкции имеют пониженное сопротивление фреттинг-коррозии из-за наличия точечного контакта между проволоками. Лишь в компактных конструкциях металлокорда с линейным контактом проволок отсутствует эффект врезания, при отсутствии нарушений геометрии структуры корда.

Кроме того, уменьшению контактов между проволоками способствуют улучшенные условия проникновения резиновой смеси в структуру металлокорда. Сочетание линейного контакта проволок и полное проникновение резины способно повысить эксплуатационные характеристики шин.

Геометрия расположения проволок

Одной из причин, снижающих выносливость, является нарушение геометрии расположения проволок в металлокорде, называемое «инверсия». При этом в результате воздействия внешних нагрузок в зоне инверсии появляются повышенные контактные напряжения, приводящие к преждевременному разрушению элементов корда и дефекту шин.

Визуальная оценка расположения проволок в конструкции металлокорда проводится на поперечных шлифах в средней неискаженной части образцов.

Усилие анкеровки

За показатель анкеровки принято считать усилие выдергивания проволок внутренних слоев из металлокорда, обычно обрешиненного. Продольная подвижность проволок в металлокорде характерна для металлокорда компактных конструкций. Низкий уровень анкеровки приводит к выходу центральных проволок из металлокорда, снижает показатель выносливости и создает проблемы при переработке резинокордового полотна. За основу испытаний на определение усилия анкеровки центральной проволоки конструкции $d_1+18x d_2$ на «БМЗ» взята методика фирмы "Bekaert", в которой из образца длиной в 10 шагов свивки на разрывной машине выдергивается центральная проволока. Следует учесть, что при полном проникновении резиновой

смеси в структуру металлокорда, достигается хорошая анкеровка проволок внутренних слоев.

Удлинение при частичной нагрузке

Часто в последних брекерных слоях с целью улучшения проникновения резиновой смеси в структуру металлокорда и повышения стойкости к ударным нагрузкам используются конструкции металлокорда типа: ОС (открытая), НІ (ударостойкая), НЕ (с высоким удлинением). Применение таких конструкций позволяет повысить: комфортабельность при движении транспорта, коррозионную стойкость и циклическую выносливость обрешиненного металлокорда. Для таких конструкций предназначена методика определения удлинения при фиксированной нагрузке, которая позволяет оценить структурную рыхлость металлокорда.

Данная методика является стандартным методом испытаний BISFA и проводится на разрывной машине с тензодатчиками нагрузки не более 100 Н. Обычный диапазон изменения нагрузок: 2,5-50 Н или 5-50 Н, в зависимости от типа оборудования для обрешинивания.

9 Общая характеристика основного оборудования для свивки металлокорда

Современные машины для свивки витых изделий, в т.ч. металлокорда, делятся на 2 основных группы – одинарного кручения (корзиночные, роторные, планетарные, сигарные, многороторные, торсионные и т.д.) и двойного кручения (со схемами «изнутри – наружу», «снаружи – внутрь», комбинированные и т.д.), отличающиеся по виду деформации проволок в процессе свивки. По исполнению системы подающих катушек, проводок, возможностям подкрутки/открутки проволок /прядей и готового витого изделия, виду и степени преформации проволок /прядей, каждый тип машин имеет большое число вариантов, в зависимости от назначения, требований к готовому продукту и т.д.

9.1 Основное оборудование

Перечень основных машин и их назначение приведены в таблице 9.1 Схемы канатных машин представлены на рисунках 9.1 - 9.23.

В машинах сигарного типа ротором служит вращающаяся толстостенная стальная труба (сигара) с окнами, внутри которых размещены зарядные катушки со свиваемой проволокой или прядями. Зарядные катушки устанавливаются в неподвижных каретках, которые подвешены внутри сигары последовательно друг за другом. Проволока выводится сквозь наклонные отверстия в теле ротора на внешнюю обращенную к сигаре и подается через направляющие, дополнительные преформирующие устройства, в узел свивки. Из узла свивки витое изделие извлекается расположенным за ним вытяжным устройством. Узел свивки представляет собой две обжимные плашки из твердосплавного материала, которые прижимают друг к другу поступающие в них свиваемые элементы, создавая из них прядь или металлокорд и препятствуя раскручиванию полученного каната. Металлокорд, проходя через укладчик, наматывается на приемную катушку в узле намотки. Свивка металлокорда производится с заданным шагом, благодаря совмещению вращательного движения свиваемых элементов получаемого металлокорда и его поступательного движения под действием вытяжного устройства.

Сигарные машины имеют ряд недостатков, которые неустраняемы для оборудования данного типа: большая длина (в связи с расположением зарядных катушек друг за другом), что создает неудобства в обслуживании машины; большая занимаемая площадь; невозможность дальнейшего увеличения скорости вращения сигары свыше 4000 мин^{-1} (зарядные катушки с фланцами диаметром 160 мм) из-за резкого уменьшения надежности работы; большая масса; значительные силы привода; необходимость высокоточного уравнивания больших вращающихся масс; высокий уровень шума, возникающего в работе; некачественная свивка вследствие большой инерционности сигары.

В многороторных машинах для производства металлокорда единый ротор (сигара) разделен на несколько (по числу зарядных катушек) соосных роторов. Основное преимущество таких машин перед сигарными заключается в том, что в них в результате значительного уменьшения вращающихся масс появляется возможность повысить скорость вращения ротора, сократить массу опор и других частей машины и, не увеличивая мощность привода, значительно поднять производительность процесса свивки (до 8000 мин^{-1}). Проволоку с зарядных катушек подают в точку свивки «зигзагом» по периферии роторов. Недостатками этих машин являются более сложная заправка

проволоки, высокие требования к качеству металла для изготовления проволоки, необходимость индивидуальной настройки тормозного момента для каждой зарядной катушки (для достижения синхронного динамического натяжения в точке свивки элементов предварительно, в ходе настройки машины, устанавливается определенная величина статического натяжения на каждой позиции размотки – натяжение изменяется, с определенным шагом, постепенно возрастая от самой дальней до ближней позиции к точке свивки).

9.2 Свивка металлокорда на машинах двойного кручения

Принцип работы машин двойного скручивания (рис. 9.2 - 9.11) основан на скручивании параллельного пучка проволок с шагом вдвое больше заданного, а затем докручивания полусвитой пряжи (корда) до требуемых параметров, причем обе операции осуществляются за один оборот крутильного блока. В настоящее время они считаются наиболее прогрессивными машинами. Способ одной свивки характеризуется тем основным преимуществом, что при относительно невысокой скорости вращения (4000 - 6000 мин⁻¹) происходит образование 8000-12000 скручиваний в 1 минуту. Наличие на машинах двойной свивки преформирующих, торсионных и рихтовальных устройств обеспечивает получение высококачественного прямолинейного нераскручивающегося металлокорда. В машинах двойной свивки приемная катушка может располагаться внутри ротора, а зарядные катушки вне машины на отдельном шпулярнике (рис. 1 -9.19) и их комплект не надо вращать в роторе, как в машинах одинарной свивки, что также способствует увеличению производительности. Зарядные катушки с диаметрами фланцев 185 мм, 190 мм, 255 мм – для тонкой проволоки и 255 мм, 275 мм – для пряжи (сердечника).

Таблица 9.1 - Техническая характеристика оборудования канатного участка

Техническая характеристика	Оплеточная машина		Канатные машины			
	FV88/2**	FV88/2** (модернизированная)	TD2/40 1**	TD2/202 **	TD2/402**	TD2/601 **
Тип машины	FV88/2**	FV88/2** (модернизированная)	TD2/40 1**	TD2/202 **	TD2/402**	TD2/601 **
Максимальная частота вращения, об/мин	13 000	13 000	6 000	6 000		4 700
Максимальное количество круток, крутки/мин	–	–	12 000	12 000		9 400
Количество зарядных катушек, шт	2+1	1+1+1	4+1; 4+4	2+2	2+4; 4+4	2+1; 2+2; 3+2; 4+3
Диаметры фланцев зарядных катушек, мм	150; 275	150; 275, 630	190	190		190
Мощность двигателя, кВт	5,9	5,9	5,5*; 5,9; 7,5*	5,9; 7,5*		5,9
Уровень шума, дБ	77	77	77	77		77
Тип тормозного устройства машины	Торможение двигателем постоянного тока		Торможение двигателем постоянного тока (переменного тока)			
Счетчики измерения длины	Один электронный с цифровой предварительной выборкой для размотки и намотки; один электронный контрольный (дублирующий)					
Вентиляция	Индивидуальная		Индивидуальная			
Автоматическое устройство остановки при обрыве	+		+			
Тип или диаметр приемной катушки, мм	BS40; BS60; BS80/17; BS80/33		190; 275; BS40; BS60; BS80/17; BS80/33			
Условное обозначение конструкций изготавливаемых прядей, сердечника, передельного и готового металлокорда	2+7xd ₁ +1; 3+9 xd ₁ +1; 3xd ₁ /9xd ₂ +1 1x12 xd ₁ +1; 3+8+13xd ₁ +1;	7x7xd ₁ +1; 7x(3+9x d ₁)+1; 7x(3+9+15x d ₁)+1	1x2; 1x3 1x4; 1x5; 3x4; 4x4 3x2; 3x5;	1x2; 1x3; 1x4; 2+1; 2+2; 2x2	1x2; 1x3; 1x4; 1+4; 1+3; 1+2; 4x4;	1x2; 1x3; 4+3; 3+2; 2+2; 2+1

Техническая характеристика	Оплеточная машина			Канатные машины			
		3+9+15xd ₁ +1; 1x27 xd ₁ +1;			3x7; 3x3; 2x2; 1+3; 1+4; 4+4		3x4; 4+4
* Установлены электродвигатели переменного тока							
** Сдвоенные машины (две «головки»)							
Техническая характеристика	Канатные машины						
3 5003 5003 5005 5006 0001 800Тип машины	RI-10	RI-10 M	RI-10 BM	RIR-15 и RIR-15 (модерниз ир.)	МДК2/2 02**	DV5/4+3 **	DTAF 630/7
Максимальное количество круток, кр/мин3 500 Максимальная частота вращения, об/мин	7 000	7 000	7 000	7 000	11 000	12 000	3 600
Количество зарядных катушек, шт	18+2	2+7	2+18; 3+18	15+1; 15+2; 15+3	2+2	2+1, 2+2, 3+2, 4+3	6+1
Диаметры фланцев зарядных катушек, мм	190; 275			190; 275	190	190	275
Мощность двигателя, кВт	11*	11*	11*	7,5*; (7,5***) 11*; (15***)	5,5*; 1,5*	7,5	0,18*; 0,25*; 0,33*; 0,75*; 2x1,5*; 5,5*; 25*; 37*
Уровень шума, дБ	77	77	77	77	77	< 80	82
Тип тормозного устройства машины	Торможение двигателем переменного тока						
Счетчики измерения длины	Один электронный с цифровой предварительной выборкой для размотки и намотки						

Техническая характеристика	Оплеточная машина	Канатные машины			
Вентиляция	Индивидуальная				
Автоматическое устройство остановки при обрыве проволоки	+	+	+	+	+
Тип или диаметр приемной катушки, мм	190; 275; BS40; BS60; BS80/17; BS80/33				630
<p>7x7xd₁; 1x2; 1x3; 1x2; 1x3; 2+7; 3+6; 1+(от 1 до 18) Условное обозначение конструкций изготавливаемых прядей, сердечника, передельного и готового металлокорда</p> <p>* Установлены электродвигатели переменного тока</p> <p>** Сдвоенные машины (две «головки»)</p> <p>*** Модернизированные машины (для КГШ)</p> <p>7x(3+9x d₁);</p> <p>7x(3+9+15x d₁)</p> <p>2+1; 2+2;</p> <p>3+2; 4+3</p> <p>1x4; 2+1;</p> <p>2+2; 2x2</p> <p>3+9; 1x12;</p> <p>1+18; 1x27;</p> <p>3+8+13;</p> <p>3+9+15;</p> <p>7x3; 7x4;</p> <p>3xd₁/6xd₂;</p> <p>3xd₁/7xd₂;</p> <p>3xd₁/9xd₂;</p> <p>7x7xd₁ (на модернизир.)</p> <p>2+(от 1 до 18)</p> <p>1x(от 1 до 18)</p>					

Машины с двумя роторами (рис.9.12 – 9.14), расположенными по типу тандем предназначены для свивки используемых в настоящее время в шинном производстве конструкций 2+3: 2+7 (тип машины Ri-

10 М) и 3+2; 3+6; 4+3 (тип машины Ri-10 ВМ). В первом роторе происходит свивка центральной пряжи корда, во втором (главном модуле свивки) – свивка самого корда. Свивка в обоих роторах осуществляется по принципу двойного скручивания. Например, при изготовлении конструкции 2+7x0,30 НТ (2+7) на машине Ri-10 М (рис. 9.12), в первом роторе (модуле свивки пряжи) устанавливаются две катушки, на внешнем шпулярнике семь катушек питания с тонкой проволокой диаметром 0,30 мм. В первом роторе происходит свивка пряжи с удвоенным шагом (по сравнению с шагом пряжи в готовом корде). Затем эта пряжа (первый слой витой конструкции) поступает в главный модуль свивки, где скручивается с семью проволоками в готовый металлокорд. В процессе скрутки в главном модуле (второй этап свивки) шаг свивки пряжи уменьшается до требуемой величины. В данной конструкции шаг свивки внешнего слоя из семи проволок в два раза больше чем у пряжи.

Продолжение таблицы 9.1

Техническая характеристика	Оплеточная машина	Канатные машины			
		CDT 10	CD2/2+1**	CD2/6+1**	СД+ТД**
Тип машины	FV84/2A**	CDT 10	CD2/2+1**	CD2/6+1**	СД+ТД**
Максимальная частота вращения, об/мин	12 000	3 000	6 000	7 000	5 500
Максимальное кол-во круток, крутки/мин	–	6 000	12 000	7 000	11 000
Количество зарядных катушек, шт.	2+1	10+1	2+1	6+1	2+1
Диаметры фланцев зарядных катушек, мм	108; 275	185; 235	185	185	185
Мощность двигателя, кВт	4,0*; 0,038*	5,5*; 0,125*	5,5*; 0,125*	7,5*; 0,125*	5,5*; 1,1*; 0,125*
Уровень шума, дБ	80	80	80	80	80
Тип тормозного устройства машины	Электромагнитный тормоз			Пневматический тормоз	
Счетчики	Один электронный с цифровой предварительной выборкой для размотки и намотки;				

измерения длины	один механический контрольный (дублирующий)				
Вентиляция	Индивидуальная				
Автоматическое устройство остановки при обрыве проволоки	+	+	+	+	+
Тип или диаметр приемной катушки, мм	BS40; BS60	185; 235; BS40; BS60; BS80/17; BS80/33	185; 235; BS40; BS60	185; BS40; BS60	185; 235; BS40; BS60
Условное обозначение конструкций изготавливаемых прядей, сердечника, передельного и готового металлокорда	2+7xd ₁ +1; 3+9 xd ₁ +1; 3xd ₁ /9xd ₂ +1 1x12 xd ₁ +1; 3+8+13xd ₁ +1; 3+9+15xd ₁ +1; 1x27 xd ₁ +1;	1+(от 1 до 10) 1x (от 1 до 10) 2+7; 3+6; 3+9; 3x2; 3x3; 3x4; 3x5; 3x7;4x4; 4x6; 7x4	1x2; 1+2; 2+1; 2+2; 2x2	1+(от 1 до 6) 1x (от 1 до 6) 3+6	1x2; 1x3;1x4; 1+2; 1+3; 1+4; 2+2; 2+3; 3+2; 2x2;3x2; 3x3; 3x4; 3x5; 3x7; 4x4
* Установлены электродвигатели переменного тока.					
** Сдвоенные машины (две «головки»).					
** Сдвоенные машины (две «головки») одинарной крутки.					
Техническая характеристика	Перемоточные машины		Машины для исправления остаточного кручения		
Тип машины	BM83/2C**	BM88/2C**	BM88/2D**	BM84/2D**	
Линейная скорость перемотки, м/мин	Плавная регулировка от 0 до 300		Плавная регулировка от 0 до 210		
Макс. количество круток, кр/мин	–	–	800	800	
Количество зарядных катушек, шт	1 на «головку»	1 на «головку»	1 на «головку»	1 на «головку»	

Тип или диаметр зарядной катушки, мм	BS-60; BS-40; BS-80; 185; 190; 235; 255; 275	BS-60; BS-40; BS-80; 190; 255; 275	BS-60; BS-40	BS-60; BS-40
Мощность двигателя, кВт	2,5	1,23*; 2x2,89	2x2,89	2,5
Тип тормозного устройства машины	Торможение двигателем постоянного тока	Торможение двигателем переменного тока	Торможение двигателем постоянного тока	
Уровень шума, дБ	80	80	80	80
Тип тормозного устройства (натяжение размотки)	Электромагнитный		Электромагнитный	
Счетчики измерения длины	Один электронный с цифровой предварительной выборкой для размотки и намотки; один механический контрольный (дублирующий)	Один электронный с цифровой предварительной выборкой для размотки и намотки; один электронный контрольный (дублирующий)		Один электронный с цифровой предварительной выборкой для размотки и намотки; один механический контрольный (дублирующий)
Вентиляция	Не требуется		Не требуется	
Автоматическое устройство остановки при обрыве проволоки	+	+	+	+
Тип или диаметр приемной катушки, мм	BS-60; BS-40; BS-80; 185; 190; 235; 255; 275	BS-60; BS-40; BS-80; 190; 255; 275	BS-60; BS-40	BS-60; BS-40
* Установлены электродвигатели переменного тока				
** Сдвоенные машины (две «головки»)				

Свивальные машины типов Ri-10, Ri10 M, Ri-10 BM, RiR-15, DTAФ 630/7 работают с движением проволоки по принципу снаружи

– внутрь, т.е. приемная катушка расположена в роторе главного модуля свивки машины, а зарядные катушки находятся вне машины на шпулярнике (рис. 9.11 - 9.15). На машинах типов CD2/6+1, СД+ТД, CD2/2+1, CDT 10, TD2/202, МДК2/202, TD2/401, TD2/402, TD2/601, DV5/4+3 приемная катушка расположена снаружи, а зарядные катушки находятся в роторе. Движение проволоки на указанных машинах осуществляется изнутри – наружу (рис. 9.1 – 9.10).

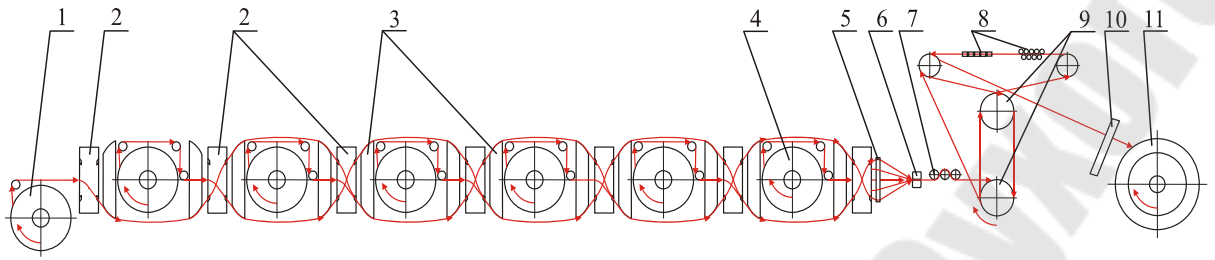


Рис. 9.1 – Машина типа CD2/6+1:

1-выносная катушка питания, 2 - подвижная стойка, 3 - лопаточные колеса (газы), 4 - внутренняя катушка питания, 5 - преформатор, 6 - плашкодержатель, 7 - деформатор (съемный, устанавливается по необходимости), 8 - рихтовальное (правильное) устройство, 9 - вытяжной кабестан (галеты), 10 - укладчик, 11- приемная катушка

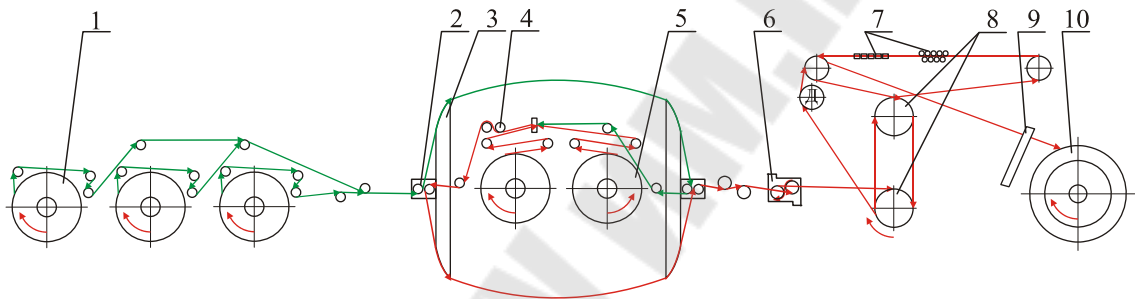


Рис. 9.2 - Машина типа СД + ТД:

1 - выносная катушка питания, 2 - обводные ролики, 3 - лопаточные колеса (газы), 4 - преформатор, 5 - внутренняя катушка питания, 6 - торсион, 7 - рихтовальное (правильное) устройство, 8 - вытяжной кабестан (галеты), 9 - укладчик, 10 - приемная катушка

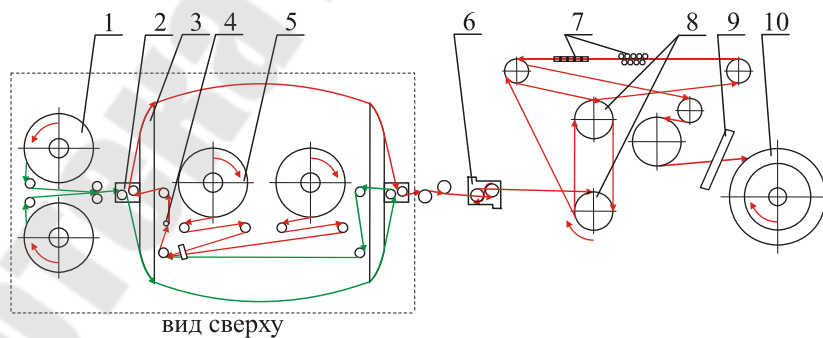


Рис. 9.3 - Машина типа CD2/2+1:

1- выносная катушка питания, 2-обводные ролики, 3- лопаточные колеса (газы), 4- преформатор, 5- внутренняя катушка питания, 6- торсион, 7- рихтовальное (правильное) устройство, 8-вытяжной кабестан (галеты), 9- укладчик, 10- приемная катушка

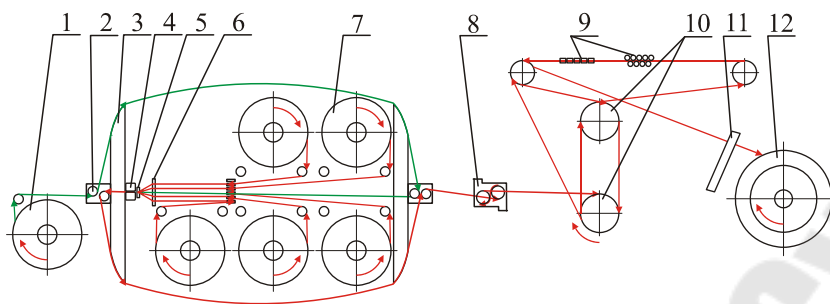


Рис. 9.4 - Машина типа CDT 10:

1 - выносная катушка питания (сердечник), 2 - обводные ролики, 3 - лопаточные колеса (тазы), 4 - плашкодержатель, 5 - собирающая фильера, 6 - преформатор, 7 - внутренняя катушка питания, 8 - торсион, 9 - рихтовальное (правильное) устройство, 10 - вытяжной кабестан (галеты), 11 - укладчик, 12 - приемная катушка

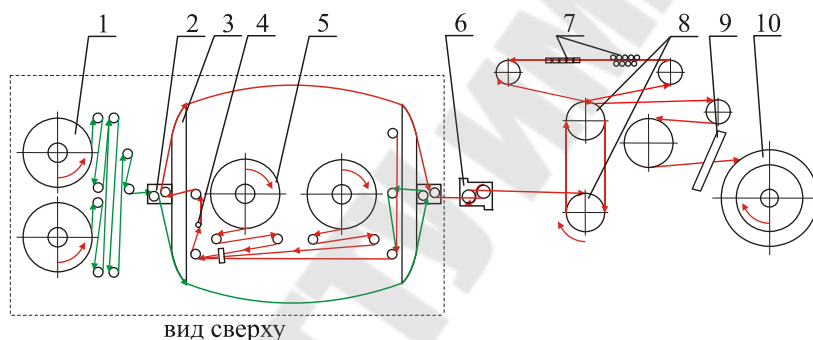


Рис. 9.5 - Машина типа TD2/202, МДК2/202:

1 - выносная катушка питания, 2 - обводные ролики, 3 - лопаточные колеса (тазы), 4 - преформатор, 5 - внутренняя катушка питания, 6 - торсион, 7 - рихтовальное (правильное) устройство, 8 - вытяжной кабестан (галеты), 9 - укладчик, 10 - приемная катушка

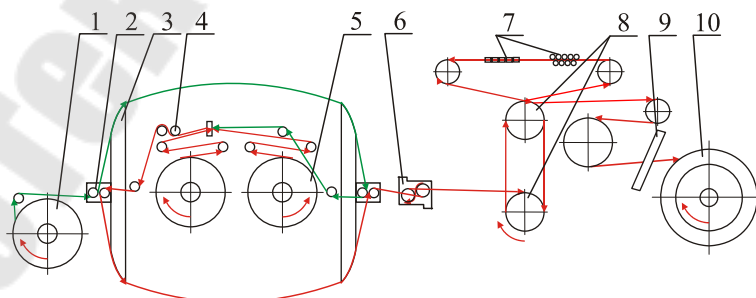


Рис. 9.6 - Машина типа TD2/401:

1 - выносная катушка питания (горизонтальная размотка), 2 - обводные ролики, 3 - лопаточные колеса (тазы), 4 - преформатор, 5 - внутренняя катушка питания (горизонтальная размотка), 6 - торсион, 7 - рихтовальное (правильное) устройство, 8 - вытяжной кабестан (галеты), 9 - укладчик, 10 - приемная катушка

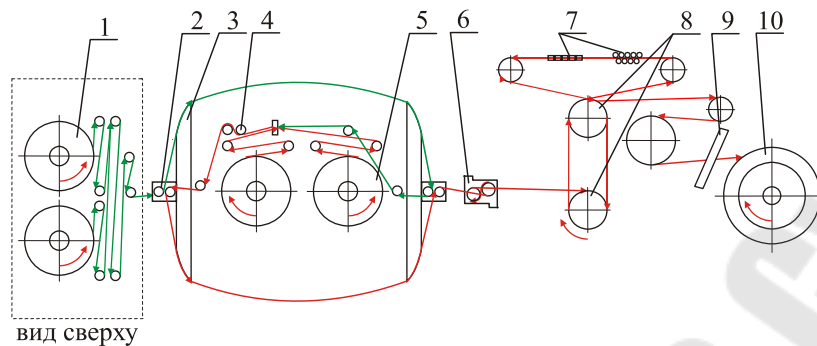


Рис. 9.7 - Машина типа TD2/402:

1 - выносная катушка питания (вертикальная размотка – вид сверху), 2 - обводные ролики, 3 - лопаточные колеса (тазы), 4 - преформатор, 5 - внутренняя катушка питания (горизонтальная размотка), 6 - торсион, 7 - рихтовальное (правильное) устройство, 8 - вытяжной кабестан (галеты), 9 - укладчик, 10 - приемная катушка

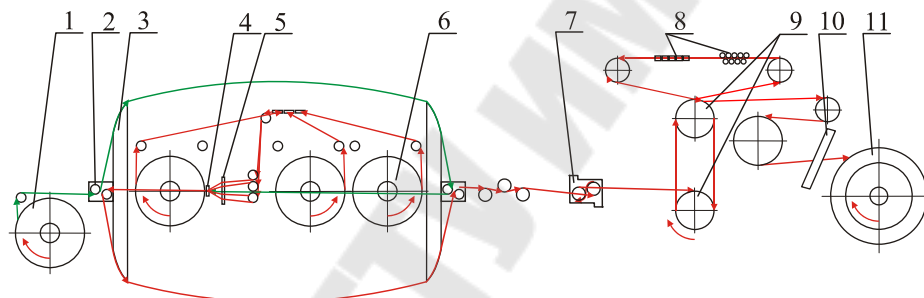


Рис. 9.8 - Машина типа TD2/601:

1 - выносная катушка питания (сердечник), 2 - обводной ролик, 3 - лопаточные колеса (тазы), 4 - собирающая фильера, 5 - преформатор, 6 - внутренняя катушка питания, 7 - торсион, 8 - рихтовальное (правильное) устройство, 9 - вытяжной кабестан (галеты), 10 - укладчик, 11 - приемная катушка

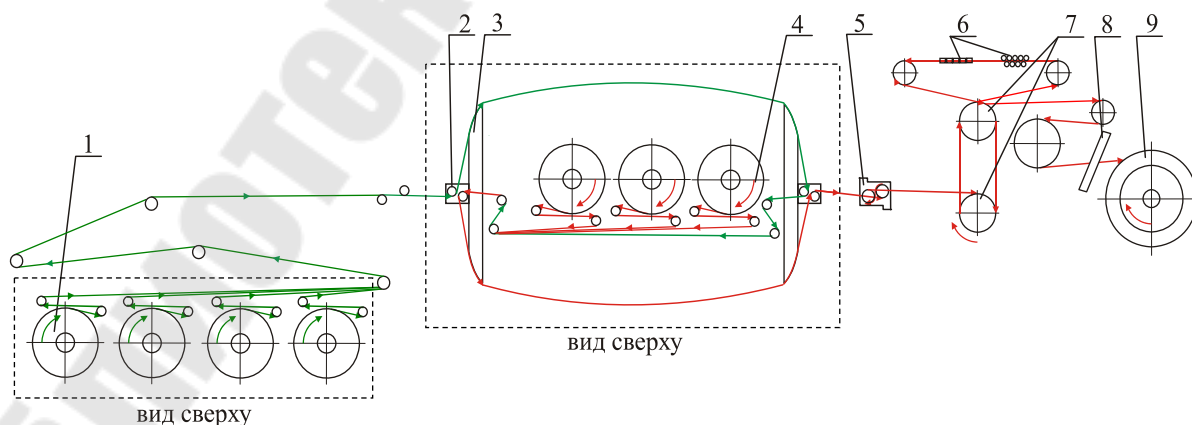


Рис. 9.9 - Машина типа TD2/601 (модификация):

1 - выносная катушка питания (вид сверху), 2 - обводной ролик, 3 - лопаточные колеса (тазы), 4 - внутренняя катушка питания (вид сверху), 5 - торсион, 6 - рихтовальное (правильное) устройство, 7 - вытяжной кабестан (галеты), 8 - укладчик, 9 - приемная катушка

6 - рихтовальное (правильное) устройство, 7 - вытяжной кабестан (галеты), 8 - укладчик, 9 - приемная катушка

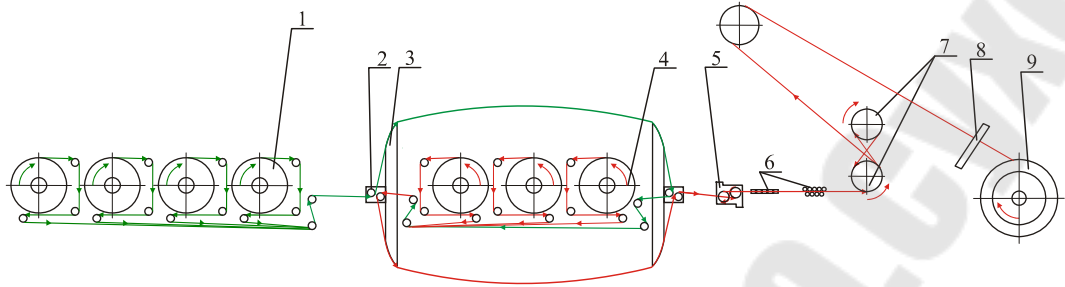


Рис. 9.10 - Машина типа DV5/4+3:

1 - выносная катушка питания, 2 - обводной ролик, 3 - лопаточные колеса (тазы), 4 - внутренняя катушка питания, 5 - торсион, 6 - рихтовальное (правильное) устройство, 7 - вытяжной кабестан (галеты), 8 - укладчик, 9 - приемная катушка

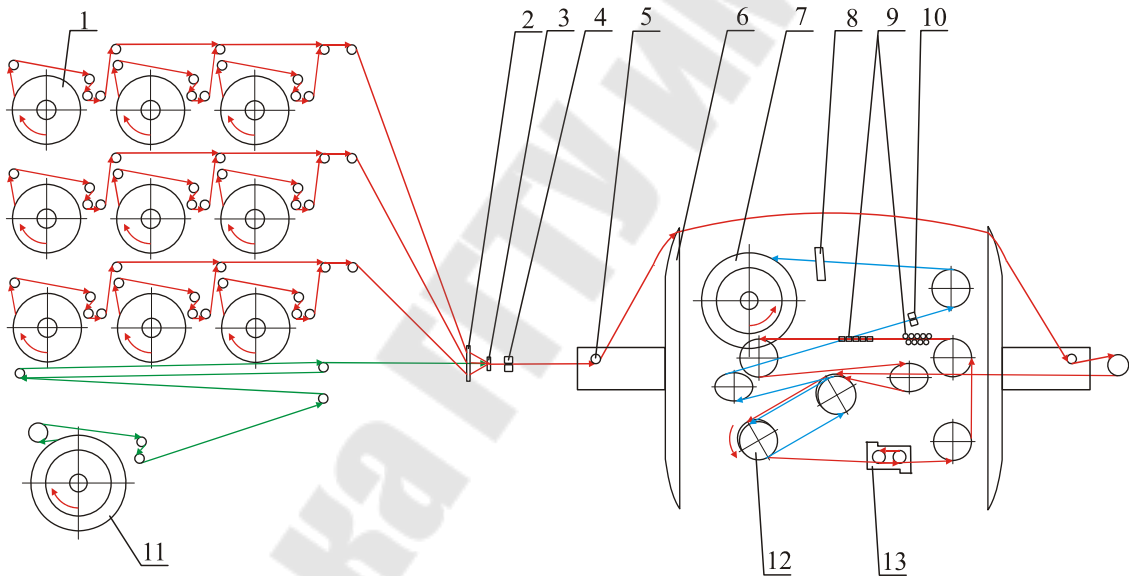


Рис. 9.11 - Машина типа Ri-10:

1 - катушка питания, 2 - распределительный шаблон, 3 - собирающая фильера, 4 - плашкодержатель, 5 - обводной ролик, 6 - лопаточные колеса (тазы), 7 - приемная катушка, 8 - укладчик, 9 - рихтовальное (правильное) устройство, 10 - плашкодержатель контрольный, 11 - катушка питания (сердечник), 12 - вытяжной кабестан (галеты), 13 - торсион

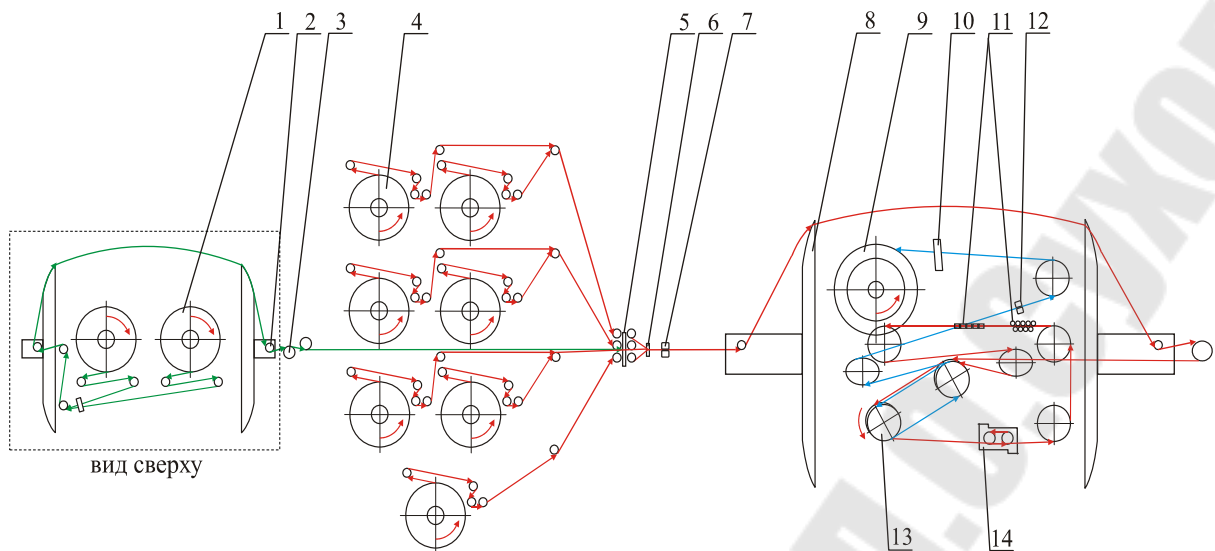


Рис. 9.12 - Машина типа Ri-10 М:

1 - катушка питания сердечника (вертикальная размотка – вид сверху), 2 - обводной ролик, 3 - успокоитель роликовый, 4 - катушка питания, 5 - распределительный шаблон, 6 - собирающая фильера, 7 - плашкодержатель, 8 - лопаточные колеса (тазы), 9 - приемная катушка, 10 - укладчик, 11 - рихтовальное (правильное) устройство, 12 - плашкодержатель контрольный, 13 - вытяжной кабестан (галеты), 14 – торсион

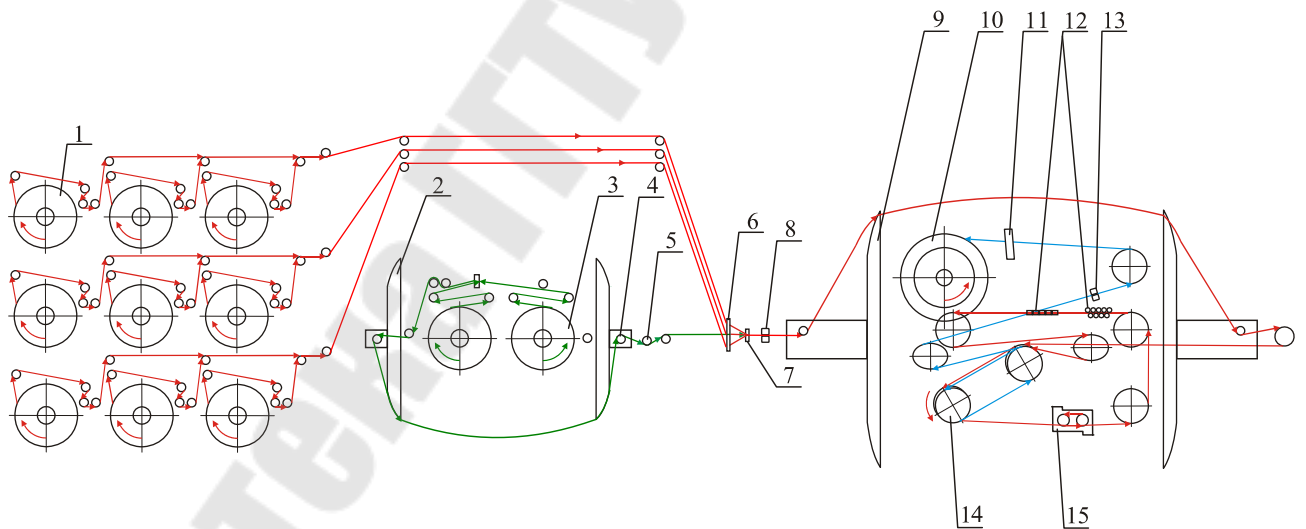


Рис.9.13 - Машина типа Ri-10 VM:

1 - катушка питания (на шпулярике), 2 - лопаточные колеса (тазы) узла свивки пряжи (сердечника), 3 - катушка питания (в узле свивки сердечника – горизонтальная размотка), 4 - обводной ролик, 5 - успокоитель роликовый, 6 - распределительный шаблон, 7 - собирающая фильера, 8 - плашкодержатель, 9 - лопаточные колеса (тазы) главного модуля свивки корда, 10 - приемная катушка, 11 - укладчик, 12 - рихтовальное (правильное) устройство, 13 - плашкодержатель контрольный, 14 - вытяжной кабестан (галеты), 15 - торсион

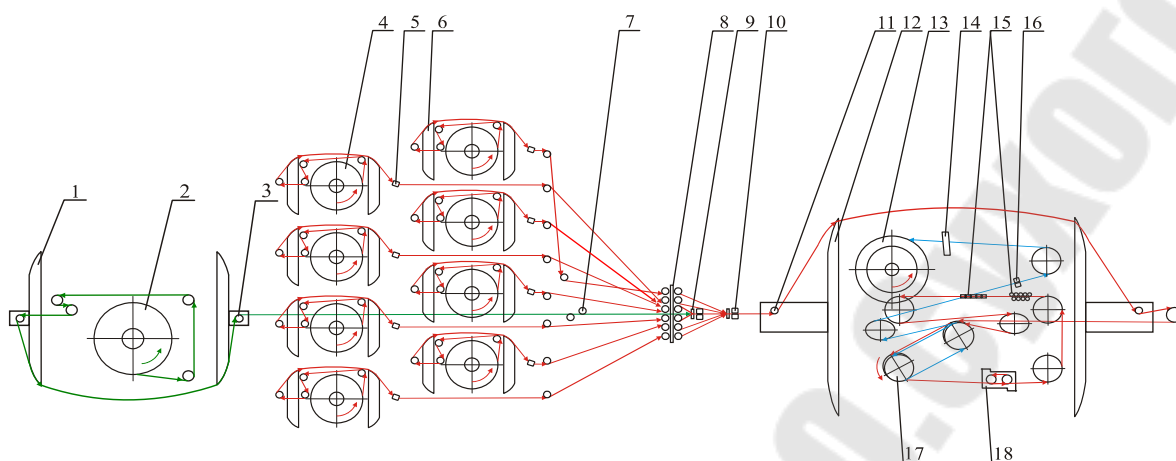


Рис. 9.14 - Машина типа RiR-15:

1 - лопаточные колеса (тазы) узла крутки пряди (сердечника), 2 - катушка питания с прядью (сердечником), 3 - обводной ролик, 4 - катушка питания, 5 - фильера, 6 - лопаточные колеса (тазы) ротационной размотки, 7 - успокоитель роликовый, 8 - распределительный шаблон, 9 - собирающая фильера, 10 - плашкодержатель, 11 - обводной ролик, 12 - лопаточные колеса (тазы) главного модуля свивки корда, 13 - приемная катушка, 14 - укладчик, 15 - рихтовальное (правильное) устройство, 16 - плашкодержатель контрольный, 17 - вытяжной кабестан (галеты), 18 - торсион

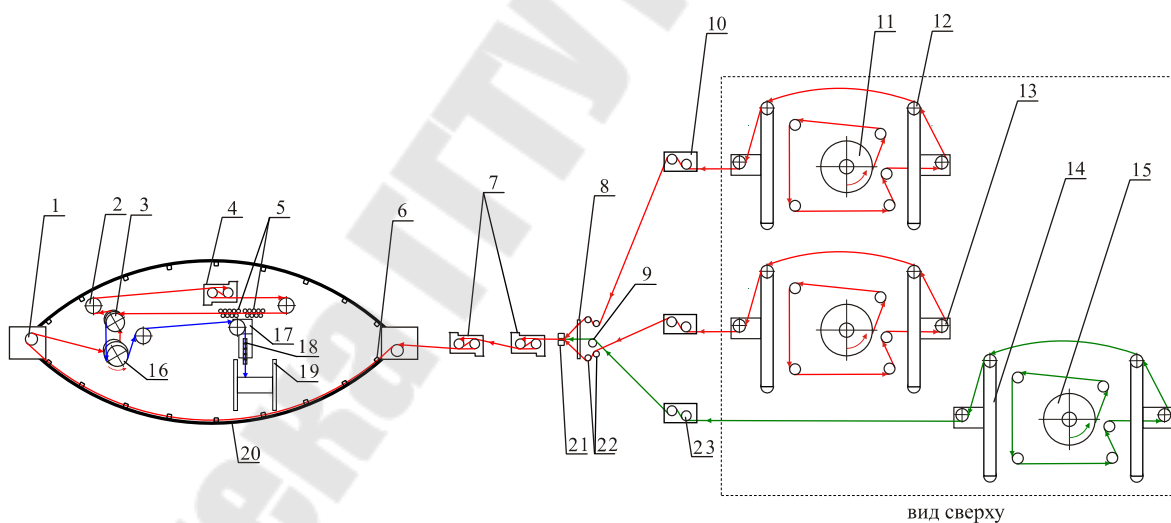


Рис. 9.15 - Машина типа DTAF 630/7:

1 - обводной ролик, 2 - колесо обводное, 3 - два обводных колеса на одной оси, 4 - торсион, 5 - рихтовальное (правильное) устройство, 6 - фильера (проводковая система защитного кожуха (флаерса) баллона свиваемого корда), 7 - два внешних торсиона, 8 - распределительный шаблон, 9 - обводной ролик сердечника (в распределительном шаблоне), 10 - тензодатчик (компонент компенсирующей системы натяжения размотки), 11 - катушка питания (прядь внешнего слоя металлокорда – вид сверху), 12 - обводной ролик лопаточного колеса (тазов), 13 - обводной ролик, 14 - лопаточные колеса (тазы) ротационной размотки пряди (сердечника), 15 - катушка питания с прядью (сердечником – вид сверху), 16 - вытяжной кабестан (галеты), 17 - укладчик, 18 - рихтовальное (правильное) устройство, 19 - приемная катушка, 20 - за-

щитный кожух (флаерс) баллона свиваемого корда (главный модуль свивки),
 21 - собирающая фильера, 22 - ролики преформатора, 23 - обводной ролик

9.3 Оплеточные и перемоточные машины

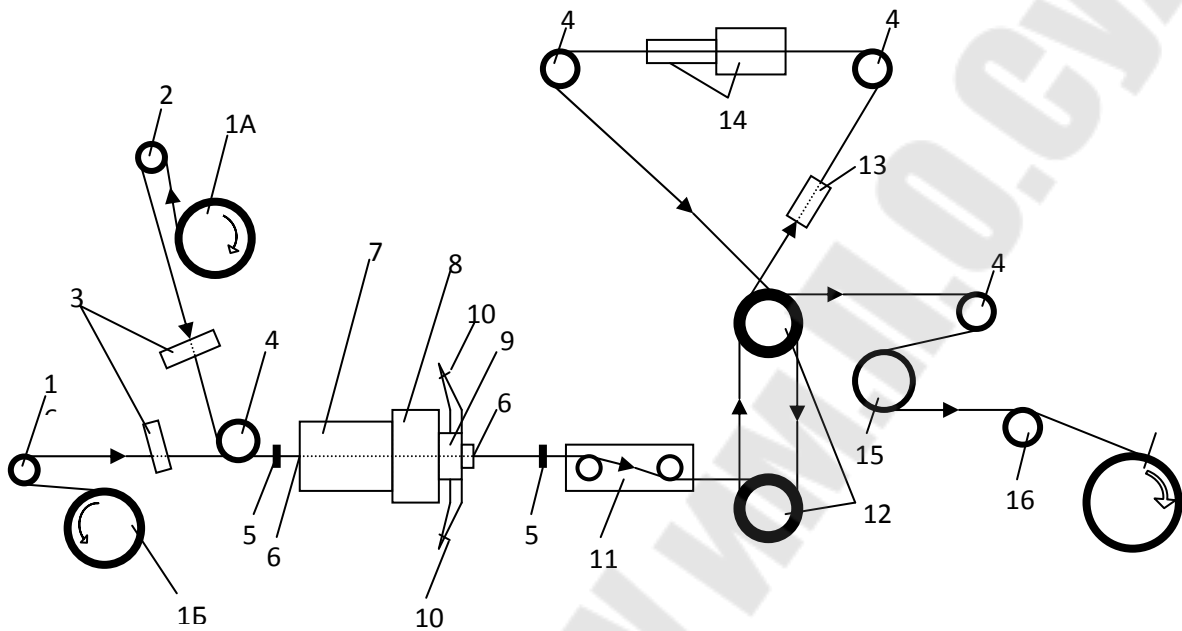


Рис. 9.16 - Машина оплеточная типа FV88/2:

1 - катушка питания (275) с металлокордом (1А-верхняя, 1Б-нижняя позиция размотки), 2 - ролик компенсирующего рычага тормоза катушки питания, 3 - ограничительные (опорные) ролики, 4 - обводные направляющие ролики, 5 - фильеры защитного кожуха, 6 - фильеры полого вала оплеточного узла, 7 - оплеточный узел, 8 - катушка с оплеточной проволокой, 9 - оплеточная головка, 10 - фильера оплеточной головки, 11 - гаситель колебаний металлокорда, 12 - барабаны вытяжного устройства, 13 - датчик точек сварки, 14 - рихтовальное (правильное) устройство, 15 - обводные ролики, 16 - обводной ролик укладчика, 17 - приемная катушка

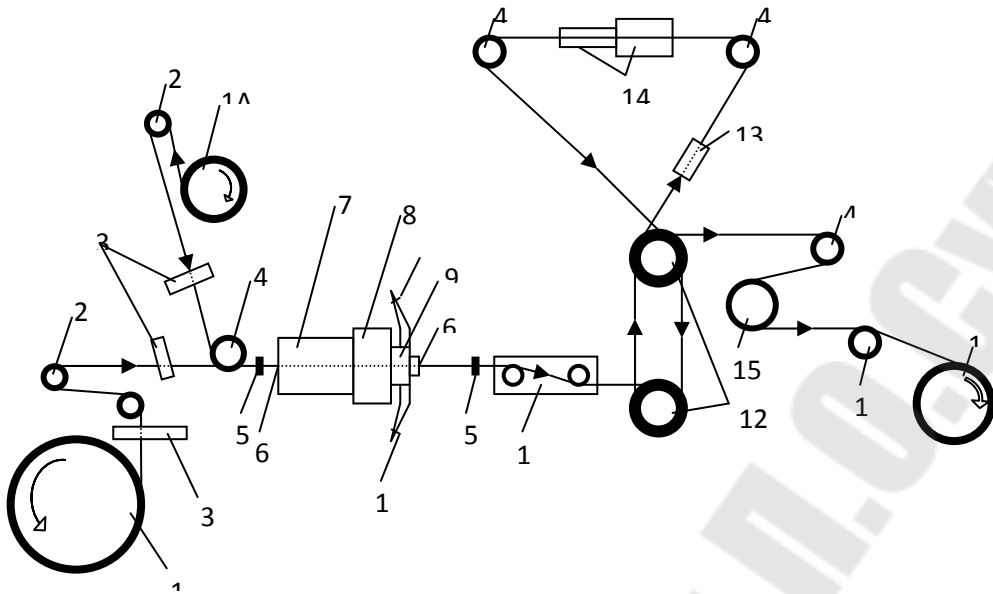


Рис. 9.17 - Машина оплеточная типа FV88/2 (модернизированная для КГШ):

1 - катушка питания (275) с металлокордом (1А-верхняя (275), 1Б-нижняя (630) позиции размотки), 2 - ролик компенсирующего рычага тормоза катушки питания, 3 - ограничительные (опорные) ролики, 4 - обводные направляющие ролики, 5 - фильеры защитного кожуха, 6 - фильеры полого вала оплеточного узла, 7 - оплеточный узел, 8 - катушка с оплеточной проволокой, 9 - оплеточная головка, 10 - фильера оплеточной головки, 11 - гаситель колебаний металлокорда, 12 - барабаны вытяжного устройства, 13 - датчик точек сварки, 14 - рихтовальное (правильное) устройство, 15 - обводные ролики, 16 - обводной ролик укладчика, 17 - приемная катушка

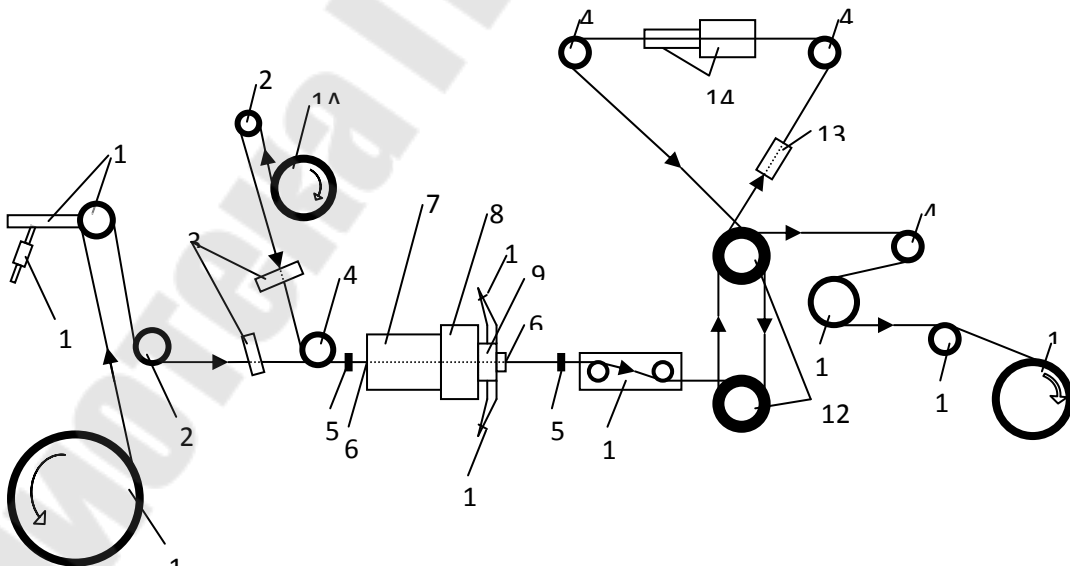


Рис. 9.18 - Машина оплеточная типа FV88/2 (модернизированная для КГШ – модификация):

1 - катушка питания (275) с металлокордом (1А-верхняя (275), 1Б-нижняя (630) позиции размотки), 2 - ролик компенсирующего рычага тормоза катушки питания, 3 - ограничительные (опорные) ролики, 4 - обводные направ-

ляющие ролики, 5 - фильеры защитного кожуха, 6 - фильеры полового вала оплеточного узла, 7 - оплеточный узел, 8 - катушка с оплеточной проволокой, 9 - оплеточная головка, 10 - фильера оплеточной головки, 11 - гаситель колебаний металлокорда, 12 - барабаны вытяжного устройства, 13 - датчик точек сварки, 14 - рихтовальное (правильное) устройство, 15 - обводные ролики, 16 - лепестки укладчика, 17 - приемная катушка, 18 - ролик с компенсирующим рычагом тормоза катушки питания (630), 19 - пневмоцилиндр компенсирующей системы тормоза катушки питания, 20 - подкручивающий обводной направляющий ролик

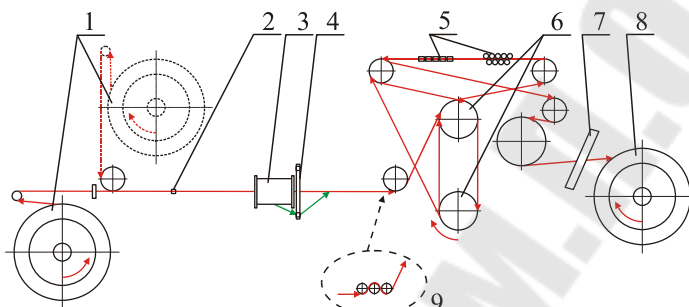


Рис. 9.19 - Машина оплеточная типа FV84/2A:

1 - катушка питания, 2 - фильера, 3 - катушка питания (оплетка), 4 - оплеточная головка, 5 - рихтовальное (правильное) устройство, 6 - вытяжной кабестан (галеты), 7 - укладчик, 8 - приемная катушка, 9 - трехроликовый деформатор, допускается использовать для корректировки остаточных кручений

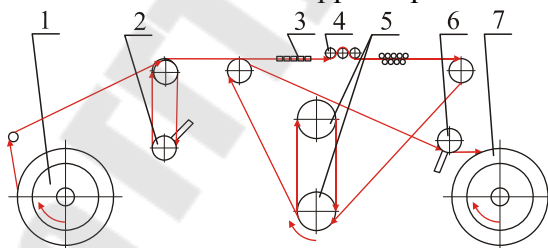


Рис. 9.20 - Машина перемоточная типа BM83/2C:

1 - катушка питания, 2 - балерина, 3 - рихтовальное (правильное) устройство, 4 - деформатор (съемный, устанавливается по необходимости), 5 - вытяжной кабестан (галеты), 6 - укладчик, 7 - приемная катушка

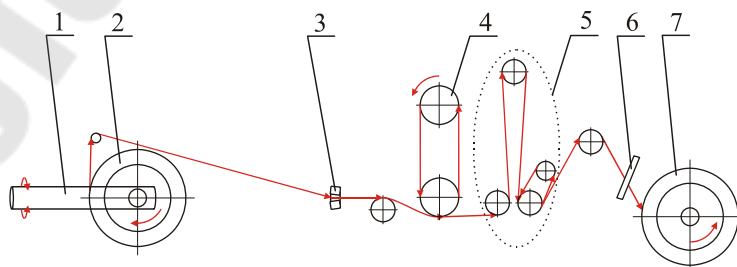


Рис. 9.21- Машина для исправления остаточного кручения типа BM84/2D:

1 - узел гондолы скручивания, 2 - катушка питания, 3 - фильера, 4 - вытяжной кабестан (галеты), 5 - узел стойки раскручивающего устройства, 6 - укладчик, 7 - приемная катушка

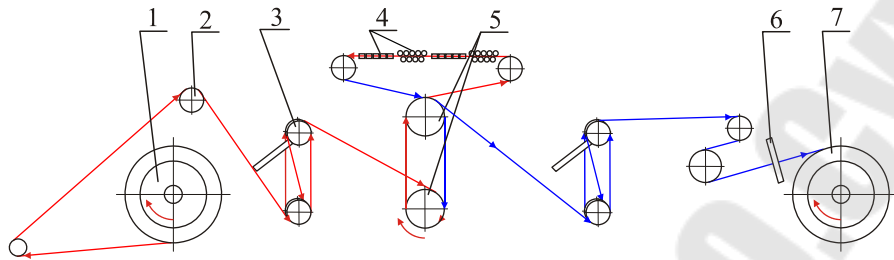


Рис. 9.22 - Машина перемоточная типа VM88/2С:

1 - катушка питания, 2 - колесо обводное, 3 - балерина, 4 - рихтовальное (правильное) устройство, 5 - вытяжной кабестан (галеты), 6 - укладчик, 7 - приемная катушка

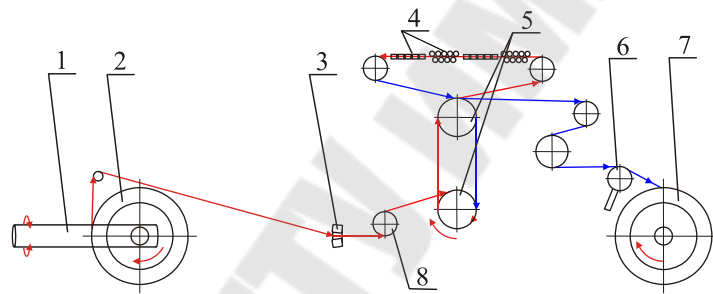


Рис. 9.23 - Машина для исправления остаточного кручения типа VM88/2D:

1 - узел гондолы скручивания, 2 - катушка питания, 3 - фильера, 4 - рихтовальное (правильное) устройство, 5 - вытяжной кабестан (галеты), 6 - укладчик, 7 - приемная катушка, 8 - колесо обводное

9.4 Схема свивки металлокорда на канатной машине типа TD

Канатные машины TD2/401 и TD2/202

На рис. 9.24 приведена кинематическая схема канатных машин TD2/401 и TD2/202, на которой изображены основные участки деформирования проволоки.

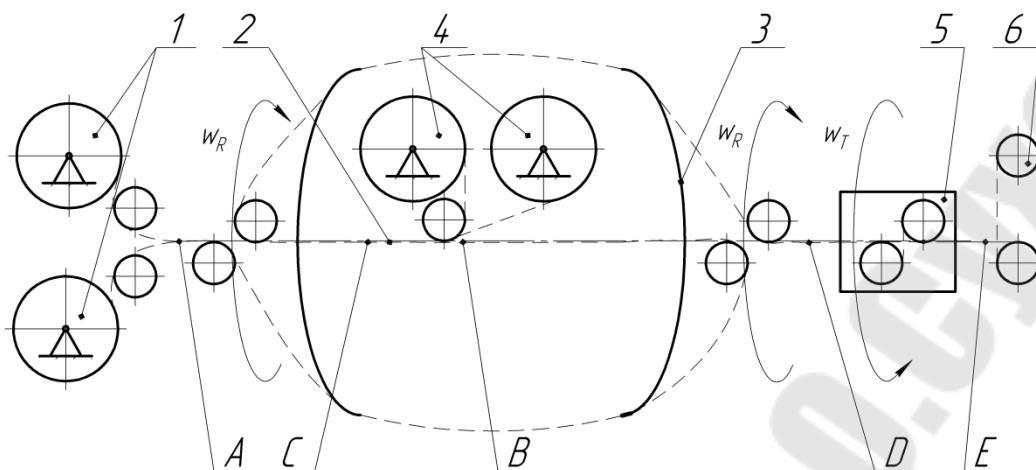


Рис. 9.24 - Кинематическая схема канатной машины TD2/401 и TD2/202:

1-внешние питающие катушки, 2- пучок проволоки, 3- тазы, 4- внутренние питающие катушки, 5- торсион, 6- кабестан

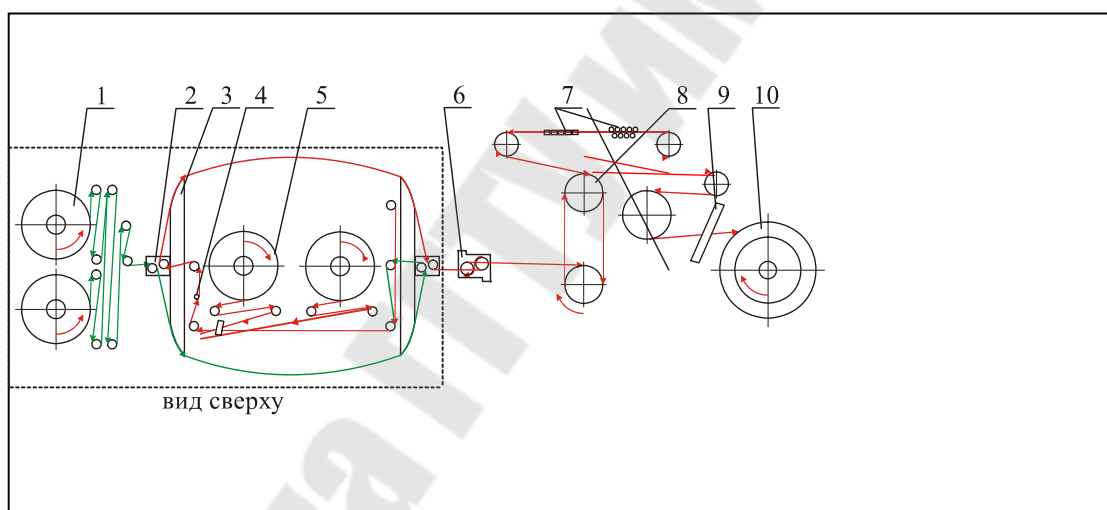


Рис. 9.25 - Машина типа TD2/202, МДК2/202:

1 - выносная катушка питания, 2 - обводные ролики, 3 - лопаточные колеса (тазы), 4 - преформатор, 5 - внутренняя катушка питания, 6 - торсион, 7 - рихтовальное (правильное) устройство, 8 - вытяжной кабестан (галеты), 9 - укладчик, 10 - приемная катушка

Как видно, из рис. 9.24 основными кинематическими параметрами свивки являются скорости вращения ротора 3 и торсиона 4, натяжение размотки проволок на наружных и внутренних питающих катушках 1 и 4 соответственно.

Таблица 9.2 – Параметры канатных машин TD2/401 и TD2/202

Параметр	2+1x0,30 НТ ТК 840-СП2-01-2009	2+2x0,30 SHT840- СП2-19-2008
	Значение	
Частота вращения ротора, w_R (мин ⁻¹)	3500±500	3500±500
Направление свивки	Левое	Левое
Шаг свивки, t (мм)	14±1	16±1
Натяжение размотки проволок питания внутренних и наружных катушек, Н	40±5	30±5
Частота вращения торсиона, w_T (мин ⁻¹)	3000±500	3000±500

Описание этапов свивки проволоки согласно описанной численной модели и кинематической схемы канатной машины представлено в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Описание процесса свивки на канатных машинах TD2/401 и TD2/202

Участок деформации (см. рис. 9.24)	Шаг и направление свивки проволок в корде	
	Внутренние	Наружные
Начальное состояние проволок	-	-
A	1 шаг=2t мм, S-свивка	-
B	2 шага по t мм, S-свивка	-
C	1 шаг=2t мм, Z-свивка (раскручивание)	1 шаг=2t мм, Z-свивка
D	Z-свивка до параллельного состояния (раскручивание)	2 шага по t мм, Z-свивка
D ₁	Z-свивка до 1 шага=2t мм (закручивание), вход в торсион Если скор торсиона = скор ротора	4 шага по 0,5t мм, Z-свивка
E	раскручивание до параллельного состояния, выход из торсиона	Раскручивание до 2 шагов по t мм

10 Технология получения эмалированного провода

10.1 Медь

Основным проводниковым материалом, применяющимся для эмалированных проводов, является медь. В нормальных условиях медь превосходит по электропроводности все другие металлы, за исключением серебра, что позволяет при применении медных эмалированных проводов получать минимально возможные размеры электрических машин, аппаратов и приборов.

Согласно ГОСТ 859–66 медь по химическому составу разделяется на различные марки. В кабельной промышленности используется только медь повышенной степени чистоты марок М0 и М1, которая содержит соответственно примесей не более 0,05 и 0,1 %.

За последнее время по опыту некоторых зарубежных стран для эмалированных проводов стала применяться так называемая бескислородная медь, почти свободная от содержания кислорода и окиси меди. Содержание кислорода в такой меди не должно превышать 0,002%. По химическому составу бескислородная медь соответствует маркам М0 (99,97% Cu) и М00 (99,99% Cu) по ГОСТ 859–66, а по механическим характеристикам и электропроводности она не отличается от обычной, но превосходит последнюю по пластичности, что при полном освоении оптимальных процессов отливки, прокатки и волочения обеспечивает лучшее качество поверхности проволоки.

На кабельные заводы медь поступает в слитках (вайербарсах) трапецеидальной формы со скошенными концами, а бескислородная – в слитках прямоугольной формы с закруглениями на углах. Трапецеидальные слитки отливаются в горизонтально расположенные изложницы, открытые сверху.

Бескислородная медь, поставленная в слитках вертикальной непрерывной отливки, не имеет окисленной поверхности.

На кабельных заводах методом горячей прокатки на проволочно-прокатных станах из слитков получают круглую катанку диаметром 7,2 – 8,0 мм. При прокатке медные слитки деформируются в направлении своей длины между валиками, вращающимися в разные стороны и имеющими специально нарезанные углубления, называемые ручьями. Валки установлены один над другим, и ручьи образуют калибр, через который проходит нагретая заготовка. Устройства, в которых смонтированы валки и механизмы для их регулировки, называют прокатной клетью. Система клеток, расположенных последова-

тельно, и устройств для намотки готовой катанки образует прокатный стан.

Перед прокаткой медные слитки нагреваются в методической печи со скоростью около $9^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ до температуры $850 - 950^{\circ}\text{C}$. Нагрев слитков перед прокаткой обеспечивает высокую пластичность металла, что позволяет применять при прокатке большие обжатия и снижать расход энергии на деформацию. Выбор оптимальной температуры нагрева слитков перед прокаткой неразрывно связан с качеством получаемой катанки. Не меньшее влияние на качество катанки оказывают выбранная схема обжатий и калибровка валков прокатного стана. В производстве эмалированных проводов качество катанки, применяемой для получения проволоки, имеет особое значение. Поэтому интересны новые методы получения катанки, которые осваиваются в отечественном производстве и за рубежом.

Горячая прокатка медной заготовки как на обычных прокатных станах, так и на установках непрерывного литья сопровождается интенсивным окислением ее поверхности, в результате чего образуется твердая и хрупкая окалина, которую необходимо удалять перед волочением.

Удаление окалины производится травлением, которое производится в 5–16 %-ном растворе серной кислоты при температуре $40 - 60^{\circ}\text{C}$.

В процессе травления происходит образование меди из ее окислов, входящих в состав окалины. Травление катанки обычно производится в бухтах, однако травление поверхности возможно и при непрерывном движении катанки, как это сделано в США на установках непрерывного литья и проката меди, выпускаемых фирмой «Саус Вайер».

Перед волочением медную катанку, предназначенную для изготовления эмалированных проводов ответственного назначения, а также всех круглых проводов диаметром менее $0,30\text{ мм}$ и более $1,0\text{ мм}$, а также прямоугольных, желателно подвергать скальпированию. Скальпирование заключается в удалении механическим путем поверхностного слоя катанки, в котором наиболее вероятно появление дефектов (мелкие трещины, риски, плены, остатки закиси меди и т. п.). Скальпирование медной катанки увеличивает количество отходов, но повышает качество получаемой проволоки. Отдельные виды кабельной продукции с характеристиками, отвечающими специальным

техническим требованиям, вообще практически нельзя получить без скальпирования.

Далее из медной катанки методом волочения получают проволоку диаметром от 0,012 до 2,0 – 5,0 мм, которую и подвергают эмалированию. В отечественной практике максимальный размер медной проволоки, используемой для эмалирования, равен 2,44 мм.

Волочение – это способ обработки металла давлением, заключающийся в уменьшении поперечного сечения металла путем протягивания его через систему отверстий (волоки), сечение которых уменьшается в направлении протягивания металла. При волочении проволока проходит через несколько волок и тяговых механизмов. Диаметр проволоки в процессе волочения уменьшается, а скорость ее движения увеличивается. Фактически проволока протягивается через волокна за счет сил трения, возникающих между поверхностями тяговых роликов и проволоки. Волокна для медной проволоки изготавливаются из металло-керамических сплавов, естественных и искусственных алмазов. Наибольшей эксплуатационной стойкостью, позволяющей волочить проволоку со стабильными допусками на размер, обладают алмазные волокна.

Следует отметить, что именно – для эмалированных проводов допуски на размеры медной проволоки должны находиться в узких пределах, так как электрическое сопротивление обмоток электрических машин, аппаратов и приборов не должно выходить за установленные границы.

Прямоугольная медная проволока для эмалированных проводов может изготавливаться как методом волочения, так и методом холодной прокатки на плющильных вальцах (плющение). Для ее изготовления обычно используется круглая скальпированная катанка, хотя для получения больших сечений возможно использование подката прямоугольного сечения, который изготавливается на сортовых станах горячей прокатки.

Плющение является наиболее прогрессивным методом получения прямоугольной медной проволоки, так как оно существенно повышает качество поверхности, что имеет первостепенное значение. Другими преимуществами плющения перед волочением являются облегчение заправки машин, снижение обрывности, повышение стойкости валков между переточками.

Как круглая, так и прямоугольная проволока должна иметь чистую и гладкую поверхность, без плен, раковин и заусенцев. Круглая

проволока, применяемая в производстве эмалированных проводов, не должна иметь расслаиваний поверхности при навивании на стержень, диаметр которого равен диаметру проволоки. Овальность круглой проволоки не должна выводить ее размеры за пределы допускаемых отклонений по диаметру. Требования к качеству поверхности медной проволоки, применяемой под эмалирование, выше, чем для остальных областей ее применения в производстве кабелей проводов. Это вызвано тем, что малейший дефект поверхности проволоки приводит к снижению электрических и механических характеристик изоляции эмалированных проводов.

Особо высокие требования должны предъявляться к качеству медной проволоки, используемой под эмалирование, в тех случаях, когда эмалированные провода транспонируются, т. е. используются в качестве элементарных проводников в транспонированных обмоточных проводах. Транспонированные провода используются для обмоток мощных трансформаторов. Наличие дефектов медной проволоки (заусенцев, закатов, крупных раковин и расслоений металла) может являться одной из причин, приводящих к замыканию между собой элементарных проводников. Если число таких замыканий значительно, то в обмотках трансформаторов могут возникнуть уравнивающие токи, которые не только создают добавочные потери, но и приводят к выходу трансформатора из строя. Поэтому при изготовлении прямоугольной проволоки для таких проводов обязательно принимаются дополнительные технологические меры, направленные на обеспечение высокого качества.

Механические и электрические характеристики медной проволоки в сильной степени зависят от степени отжига. Отжиг необходим для повышения пластичности меди после волочения. При отжиге изменяется структура медной проволоки, а также ее механические и электрические характеристики. В то же время все эмалированные провода должны иметь максимальную электрическую проводимость и высокую эластичность, что возможно только в том случае, если медная проволока находится в отожженном состоянии. Поэтому для получения эмалированных проводов с требуемыми характеристиками проволока в случае отсутствия печей отжига, совмещенных с эмаль-печами, подвергается предварительному отжигу в печах колокольного типа. Отжиг производится для проволоки диаметром 0,44 и выше.

После изготовления проволока обертывается бумагой или пленкой из пластмассы для того, чтобы в процессе хранения и транспортировки на поверхность проволоки не осаждалась пыль.

10.2 Алюминий

Вторым по своему значению металлом в производстве эмалированных проводов в настоящее время является алюминий. Содержание алюминия в земной коре составляет около 7,5 %, в то время как содержание меди всего около 0,01 %. Так как рудные ресурсы алюминия практически исчерпаемы, а меди сильно ограничены, то применение алюминия в ближайшее время будет расширяться. Для эмалирования проводов применяется алюминий технически чистый марки АЕ. Алюминий марки АЕ содержит не менее 99,5% А1. В число примесей входят железо, кремний, медь и другие элементы. Алюминий марки АЕ должен обеспечить при изготовлении из него отожженной проволоки электрическое сопротивление при 20°С не более 0,0280 мкОм/м. Удельное электрическое сопротивление алюминия в 1,65 раза выше, чем меди. Поэтому сечение алюминиевой проволоки с таким же электрическим сопротивлением, как и медной, должно быть в 1,65 раза, а диаметр – в 1,28 раза больше, чем у медной проволоки. При этом алюминиевая, проволока будет в 2 раза легче медной.

Для получения алюминиевых слитков (вайербарсов), имеющих вид параллелепипеда с примерными размерами 100x100x1400 мм, применяется метод полунепрерывного литья, объединяющий плавку алюминия и получение из жидкого алюминия твердого слитка в кристаллизаторе, по существу являющемся формой для будущих слитков. Затем производится прокатка слитков на проволочно-прокатном стане.

Однако наиболее прогрессивным способом получения алюминиевой катанки является ее получение непосредственно из жидкого металла. Жидкий алюминий в этом случае подается в кристаллизатор, представляющий собой вращающееся и охлаждаемое водой колесо, имеющее трехгранный или полуовальный вырез на ободке. При вращении колеса металл кристаллизуется и в виде стержня сразу же передается в прокатный стан для получения катанки. В настоящее время бухты (бунты) катанки имеют массу до 1400 кг, что обеспечивает высокую производительность оборудования при последующем волочении. В кабельной промышленности используется катанка диаметром 9,0 – 14,0 мм.

Для алюминиевых эмалированных проводов применяется круглая проволока диаметром от 0,05 до 2,44 мм. Проволока диаметром менее 0,69 мм пока предварительно не отжигается; отжиг ее производится непосредственно на агрегатах для эмалирования проволоки при эмалировании. Алюминиевая проволока диаметром выше 0,69 мм должна предварительно отжигаться (в отдельных печах отжига, установленных непосредственно на станках). Типовой режим отжига алюминиевой проволоки 1 – 1,5 ч при температуре 350 – 400°С без применения защитной среды (вакуумной или паровой).

При волочении алюминиевой проволоки поверхность проволоки загрязняется в большей степени, чем медной. Применение проволоки с загрязненной поверхностью для эмалирования приводит к браку эмалированных проводов по адгезии и эластичности эмалевого покрытия, а также к появлению трещин в изоляции после теплового старения. Поэтому для волочения алюминиевой проволоки под эмалирование применяются специальные волочильные эмульсии, а при эмалировании алюминиевой проволоки необходима частая смена протирочных фетров. Хорошие результаты дает применение совмещенных печей отжига, в которых проволока дополнительно очищается. Условия транспортирования и хранения алюминиевой проволоки должны быть еще более жесткими, чем медной, так как алюминиевая проволока значительно легче повреждается.

10.3 Другие сплавы

Для производства эмалированных проводов в ограниченном количестве применяются также никель, золото, платина и некоторые другие металлы и сплавы. Для нагревостойких эмаль-проводов применяется круглая и прямоугольная медная проволока с никелевым покрытием, наносимым гальваническим способом. Никелевое покрытие в этом случае защищает медь от окисления при температуре выше 220 °С, а также препятствует каталитическому воздействию меди на старение эмалевого покрытия.

При никелировании проволока предварительно обезжиривается электрохимическим способом в 10%-ном растворе едкого натра. Цель обезжиривания – удаление остатков волочильной эмульсии для лучшей адгезии никелевого покрытия к поверхности медной проволоки. После обезжиривания проволока промывается водой, а затем подвергается декапированию, заключающемуся в удалении тончайших пленок окислов и легком протравливании поверхности, позволяющем

выявить кристаллическую структуру меди, что во многом определяет сцепление покрытия с поверхностью. Декапирование производится в 10%-ном растворе серной кислоты.

После второй промывки водой медная проволока никелируется. В процессе никелирования сама проволока служит катодом, а в качестве анодов используются никелевые пластины. Для никелирования используется электролит с высоким содержанием сернокислого никеля (до 400 кг/м³), допускающий применение высоких катодных плотностей тока (до 2500 А/м²). После никелирования медная проволока промывается, сушится и дополнительно протирается.

Для никелирования медной проволоки в кабельной промышленности используются установки непрерывного действия, часто многоходовые, последовательно объединяющие вышеуказанные операции.

10.4 Агрегаты для эмалирования проволоки

Наиболее распространенными в отечественной практике агрегатами для эмалирования медной проволоки диаметром являются вертикальные агрегаты типов М-24 и С-24, которые имеют принципиально одинаковую конструкцию. Первоначально эти агрегаты были рассчитаны для одновременного эмалирования масляными лаками 24 проволок (в три погружения). Широкое внедрение синтетических лаков, которые наносятся на проволоку с помощью калибров в пять-шесть проходов, привело к тому, что сейчас на агрегатах подобного типа одновременно эмалируется только 12—14 проволок.

На агрегате М-24 эмалируется медная проволока диаметром 0,10—0,19 мм; С-24—0,20—0,41 мм. Кроме того, на эмаль-агрегате С-24 изготавливаются алюминиевые эмалированные провода диаметром 0,38—0,55 мм. Оба агрегата могут использоваться для изготовления проводов из сплавов сопротивления.

Схема агрегата М-24 показана на рис. 10.1 (подобное же устройство имеет и агрегат С-24). Отдающие и приемные устройства расположены с одной стороны эмаль-печи. Отдающие катушки устанавливаются либо на вертикальных, либо на горизонтальных осях. Отдающие устройства состоят из вертикально расположенной рамы, прикрепленной непосредственно к станкам эмаль-печи, с горизонтальным расположением катушек. Очистка проволоки после схода с отдающих катушек производится с помощью фетровых обжимов или других устройств.

Эмалирование масляными лаками на агрегатах типов М-24 и С-24, как и на любых других вертикальных агрегатах, осуществляется методом погружения. При эмалировании синтетическими лаками применяется калибровый способ наложения лака с использованием лаковых ванн трех типов: открытых гребенчатых с фетровыми уплотнениями, через которые проволока проходит ванну; с лаконаносящими валиками; с трубками.

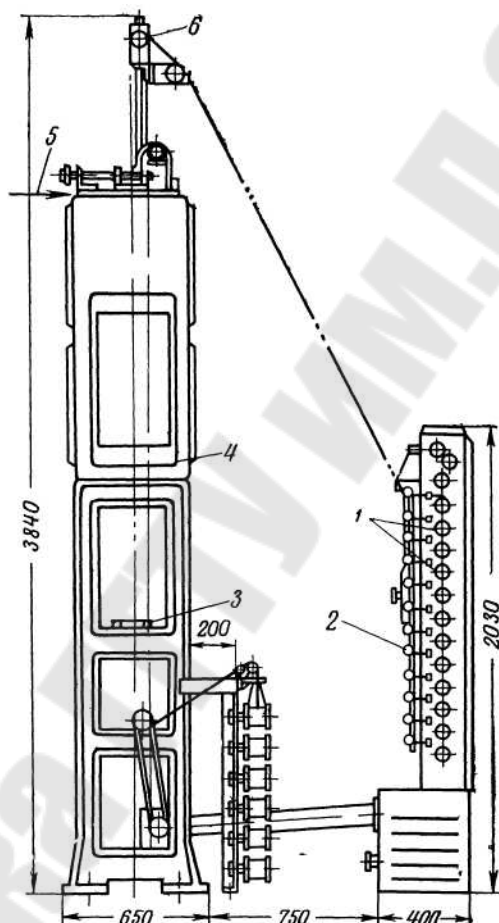


Рис. 10.1 - Схема устройства агрегата типа М-24:

1 — приемно-отдающее устройство; 2—раскладывающие ролики 3 — лаковый узел, 4 — эмаль печь, 5 — технологическая запорная вентиляция. 6 — направляющие ролики.

Наиболее прогрессивными являются ванны с лаконаносящими валиками, которые удобны в заправке и эксплуатации, имеют минимальную поверхность испарения, обеспечивают небольшое натяжение проволоки и уменьшают подтекание лака. Недостатком такой ванночки является то, что вращающиеся валики усиленно перемешивают лак, а это при отсутствии циркуляции лака приводит к испаре-

нию растворителя и изменению вязкости лака и захвату пузырьков воздуха.

На ряде заводов лак к эмалировочным ваннам подается с помощью централизованной циркуляционной системы. Такая система обеспечивает также автоматический контроль вязкости и разведение лака до рабочей вязкости.

Эмаль-печь агрегата М-24 — однозонная; агрегата С-24 — двухзонная. Внутреннее пространство печей выложено шамотным кирпичом. В первых конструкциях печей нагреватели выполнялись закрытыми, затем печи выпускались с открытыми нагревателями. Температура в печах регулируется с помощью термопар и автоматических электронных потенциометров типа ЭПВ и ЭПД.

Печи М-24 и С-24 снабжаются системой «запорной вентиляции». Эта система снижает расход электроэнергии за счет уменьшения потерь тепла на нагрев воздуха в камерах печей. У верхних и нижних щелевых отверстий печи создается противодавление, которое как бы тормозит естественный приток воздуха снизу вверх. Для этого на верхней и нижней частях печи устанавливаются воздушные камеры (или, как их называют на заводах, коробка), подсоединенные к вытяжным и нагнетательным воздуховодам.

Скорость эмалирования на агрегатах М-24 может изменяться от 12 до 35 м/мин, на С-24 — с 8 до 24 м/мин. Установленная мощность агрегата М-24 13,5 кВт, С-24 — 22,5 кВт.

11 Общая технологическая схема производства крепежных изделий

Оптимальная схема подготовки к штамповке среднеуглеродистых и легированных сталей включает:

1) отжиг горячекатаного металла; 2) подготовку поверхности металла к волочению; 3) волочение с обжатием 25—30%; 4) промежуточный сфероидизирующий отжиг; 5) подготовку поверхности (фосфатирование); 6) волочение с обжатием 5—8%.

В автомобильной и тракторной промышленности почти все крепежные детали изготавливают холодной высадкой. Холодная высадка применяется для формообразования головок болтов, винтов, заклепок при больших программах выпуска. Этим способом изготавливают и более сложные детали (например, шаровые и ступенчатые пальцы, ро-

лики и шарики подшипников и др.). Холодной высадке подвергают калиброванные стальные прутки диаметром 0,6 до 38 мм, а также прутки из цветных сплавов (алюминиевых, медных и др.), круглых шестигранных и других форм сечения.

12 Схема операций высадки крепежных изделий

Холодную высадку, как правило, производят на холодно высадочных прессах-автоматах (обычно горизонтальных, одно ударных или многопозиционных). После подачи материала (калиброванной проволоки) через отрезную матрицу, нож отрезает заготовку и переносит ее на линию высадки. Пуансон заводит заготовку в матрицу, а после упора заготовки в выталкиватель осуществляет высадку головки. В момент возврата пуансона в исходное положение высаженная деталь выталкивателем удаляется из матрицы и цикл высадки повторяется. Если головка не может быть высажена за один удар пуансона, высадку производят на двух, трех и более ударных (многопозиционных) холодновысадочных автоматах (рис. 12.1). Производительность современных высадочных автоматов достигает 400 деталей в минуту.



Рис. 12.1 – Переходы штамповки:

- 0 — отрезка заготовки;
- 1 — предварительная высадка;
- 2 — окончательная высадка;
- 3 — редуцирование под резьбу и обрезка граней.

Процесс высадки метизов

Как правило болты DIN931, DIN 933 производят на 3-х или 4-х позиционных автоматах, технология производства гайки требует наличие на производственной площадке 5-ти позиционного автомата, сложные изделия (например, штуцера и аналогичные детали) изготов-

ливают на 6 и 7 позиционных высадочных станках. Количество позиций (ковочных станций) прямо пропорционально уровню сложности деталей, чем сложнее деталь, тем больше переделов должен совершить станок чтобы деформировать металл в готовую форму продукции (см. эскизы).

3-х позиционный автомат



4-х позиционный автомат



5-ти позиционный автомат



13 Схема получения резьбы на крепежных изделиях

Резьбонакатное оборудование для шурупов. Нарезание резьбы производится на специальных автоматах. В них болванки шурупов засыпаются в бункер. Из бункера с помощью вибрационного транспортера и анкерного механизма болванки поштучно поступают в зону нарезки резьбы. При этом они строго ориентированы по отношению к рабочим элементам. Рабочими элементами являются плоские плашки. Они перемещаются навстречу и параллельно друг другу и перпендикулярно оси шурупа, при этом плашки плотно прижимаются к стержню шурупа. Плашки изготавливаются по основным параметрам резьб шурупов. В России в соответствии с метрическими размерами. Зарубежные производители могут использовать плашки для нарезания дюймовых резьб на шурупах. Вариант кинематической схемы изготовления шурупов представлен на рис. 13.1.



Рис. 13.1 – Схема изготовления шурупов

По такой схеме изготавливаются шурупы до диаметра 10-12 мм. Свыше этих диаметров шурупы, как правило, изготавливаются *методом горячей штамповки*. Пример тому – путевой шуруп, диаметр которого – 24 мм, а длина – 170 мм. Дальнейшим развитием технологии изготовления шурупов является технология изготовления саморезов.

14 Виды болтов и типоразмеры

К болтам относятся стержни с винтовой канавкой на одном конце и головкой на другом, служащие для разъемных соединений отдельных частей машин и конструкций при помощи гайки.

По форме головки болты разделяются на болты с многогранной головкой, чаще всего с шестигранной, и болты с фасонной головкой (полукруглой, потайной, клеммные, закладные, стыковые и др.).

Наибольшее распространение получили болты с шестигранной головкой, которые применяются в соединениях, испытывающих нагрузки самого различного характера: статические, циклические, динамические (ударного характера). Болты с шестигранной головкой используются как тяжелонагруженные детали в двигателях внутреннего сгорания (шатунные болты), в ходовой части гусеничных тракторов (башмачные болты), во фланцевых соединениях сосудов, находящихся под давлением, и др.

Болты с шестигранной головкой различаются:

1. По диаметру резьбы и безрезьбовой части стержня.

Стандарты включают болты с диаметром резьбы от 1,6 до 160 мм. Наибольшее применение имеют болты с диаметром резьбы до 48 мм. Стандарты на эти болты выделены в самостоятельную группу.

По диаметру гладкой (безрезьбовой) части стержня болты разделяются на:

а) болты с диаметром гладкой части стержня, равным наружному диаметру резьбы (ГОСТ 7796—70, ГОСТ 7798—70, ГОСТ 7805—70, ГОСТ 7808—70 и др.);

б) болты с диаметром гладкой части стержня, приблизительно равным среднему диаметру резьбы (ГОСТ 7795—70, ГОСТ 7811—70, ГОСТ 15590—70). Эти болты для улучшения центрирования стержня в отверстии скрепляемых деталей имеют направляющий подголовок длиной не менее половины диаметра.

2. По длине стержня и длине резьбы.

Длина стержня болтов колеблется в широком диапазоне от $1,0d$ до $(10—30)d$ (d —диаметр резьбы).

Абсолютная длина резьбовой части стержня увеличивается с увеличением диаметра стержня, а относительная длина — уменьшается и составляет от $5d$ до $2d$. Различают болты с резьбой до головки и имеющие безрезьбовой участок стержня.

3. По размеру «под ключ» S .

Существуют болты с нормальным размером «под ключ» $S = 1,5—1,6 d$ и с уменьшенным $S = 1,3—1,4 d$. Болты с уменьшенным размером «под ключ» имеют соответственно меньшую опорную поверхность и поэтому могут применяться в соединениях с пониженными требованиями к прочности на смятие под головкой.

Болты с шестигранной головкой изготавливаются в нескольких исполнениях: основное (рис. 14.1, а) (без отверстий или углублений), с отверстиями в стержне или головке (рис. 14.1, б, в) или с углублением в головке (рис. 14.1, г, д). Болты с отверстиями в головке или в стержне применяются в соединениях, требующих предохранения от самоотвинчивания. Стопорение осуществляется с помощью шплинтов (проволоки), вставляемых в отверстие, просверленное в стержне или головке болта. Углубление в головке выполняется для облегчения оформления шестигранника в процессе безотходной высадки головки.

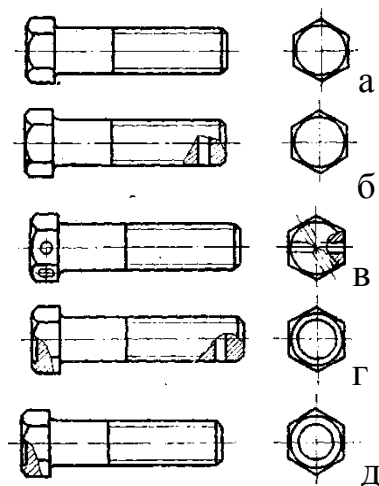


Рис. 14.1 - Виды болтов с шестигранной головкой

Головка болта может иметь опорную шайбу. При изготовлении головки болтов с опорной шайбой уменьшается величина смещения оси опорной поверхности относительно оси стержня и снижается вероятность появления заусенцев на опорной поверхности.

4. По точности изготовления (повышенной, нормальной, грубой).

Болты разной степени точности отличаются:

а) точностью выполнения размеров (диаметра, длины, высоты головки и др.);

б) величиной отклонения от правильной геометрической формы (несоосности головки и стержня, резьбовой и безрезьбовой частей стержня, неперпендикулярности опорной поверхности головки относительно оси стержня, уклона граней и т. д.);

в) дефектами внешнего вида (срезами или сколами металла на гранях, заусенцами на опорной поверхности, выкрашиванием ниток резьбы и др.).

Дефекты внешнего вида и величины отклонений от правильной геометрической формы для болтов с диаметром резьбы до 48 мм регламентируются ГОСТ 1759—70.

Болты с фасонной головкой в зависимости от вида головки и подголовка предназначаются преимущественно для соединения конструкций из дерева и листового металла. Стандарты на болты с фасонной головкой охватывают болты с диаметром резьбы от 5 до 24 мм длиной от $2d$ до $30d$. В зависимости от формы и размера головки и типа подголовка болты изготавливают: с полукруглой головкой и усом (рис. 14.2, а); с полукруглой головкой и квадратным подголовком (рис. 14.2, б); с потайной головкой и усом (рис. 14.2, в); с потай-

ной головкой и квадратным подголовком (рис. 14.2, г); шинные (с потайной головкой) $D=1,7—1,8 d$, где D —диаметр головки.

Стандарты на болты с полукруглой головкой включают болты с облегченной головкой $D=1,7—1,8 d$, с нормальной головкой $D=2,2—2,3 d$ и увеличенной головкой ($D=3,0 d$). Потайные головки бывают облегченные и нормальные.

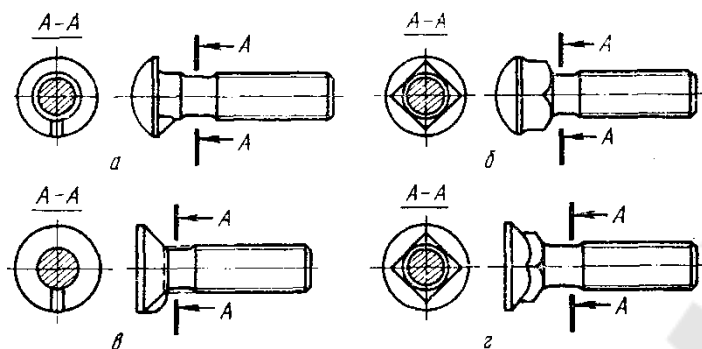


Рис. 14.2 - Виды болтов с фасонной головкой

Болты с фасонной головкой изготавливают грубой точности с резьбой крупного шага по ГОСТ 16093—70.

Болты с увеличенным диаметром головки (свыше $2d$) применяют преимущественно для крепления деревянных конструкций, так как большая опорная поверхность под головкой уменьшает вероятность смятия древесины. Болты с диаметром головки менее $2d$ применяют в основном для соединения конструкций из металла.

Болты закладные, клеммные и стыковые применяют для рельсовых скреплений железнодорожного пути. Клеммные и закладные болты изготавливают одного диаметра резьбы — 22 мм с крупным шагом (преимущественно горячей штамповкой). Стыковые болты изготавливают горячей штамповкой.

15 Материал и классы прочности болтов

Механические свойства крепежных изделий с диаметром резьбы до 48 мм и материалы для их производства регламентируются ГОСТ 1759—70.

Для болтов установлены три группы материалов: углеродистые и легированные стали; коррозионностойкие, жаропрочные, жаростойкие и теплоустойчивые стали; цветные сплавы.

В основном применяют болты из углеродистых и легированных сталей; болты, изготовленные из материалов второй и третьей группы, применяют в специальных случаях при жестких требованиях к

жаропрочности, коррозионной стойкости, габаритам и весу соединений.

Болты изготавливают как из спокойных, так и из кипящих сталей. Учитывая, что кипящие стали более склонны к хладноломкости, чем стали спокойной выплавки, их применение для крепежных изделий ограничено.

Из углеродистых и легированных сталей в ГОСТ 1759—70 предусмотрено изготовление болтов двенадцати классов прочности, из коррозионностойких, жаропрочных и жаростойких сталей шести групп и цветных металлов также шести групп материалов.

Классы прочности охватывают диапазон временного сопротивления от 30 до 160, кгс/мм². Под классом прочности понимается комплекс механических свойств, включающий временное сопротивление, предел текучести, относительное удлинение после разрыва, твердость, напряжение от пробной нагрузки, а для ряда классов — ударную вязкость.

Временным сопротивлением σ_B называется отношение максимальной нагрузки P_{max} , которую выдерживает материал (болт) в момент наступления разрушения, к первоначальному поперечному сечению F_0 .

Предел текучести σ_T представляет собой наименьшее напряжение, при котором деформация материала происходит без заметного увеличения растягивающей нагрузки P_T .

Предел текучести определяется на специальных образцах. Часто при растяжении образцов действующая нагрузка изменяется вплоть до момента разрушения, при этом пользуются значением условного предела текучести.

Ударная вязкость материала характеризуется полной работой, затраченной на деформацию и разрушение специального призматического образца с односторонним надрезом (выточкой), деленной на площадь сечения в надрезе. Образцы вытачиваются из болтов с удалением резьбы.

Относительное удлинение — это отношение увеличения длины образца после разрыва к его начальной длине.

Класс прочности болтов обозначается двумя числами. Первое число, умноженное на 10, определяет величину минимального временного сопротивления (кгс/мм²). Второе число, умноженное на 10, определяет отношение предела текучести к временному сопротивле-

нию (%), а произведение чисел определяет величину минимального предела текучести ($\text{кгс}/\text{мм}^2$).

Введение классов прочности облегчает выбор и расчет резьбовых соединений, позволяет регламентировать усилия предварительной затяжки, что значительно повышает надежность и долговечность соединения.

Группы материалов обозначаются двузначным числом, первая цифра которого указывает вид материала, а вторая цифра — прочность.

При оформлении заказов на продукцию, а также в различной конструкторской документации болты обозначаются по условной схеме. Условное обозначение болтов включает: наименование детали, исполнение, диаметр резьбы, шаг резьбы, поле допуска резьбы, длину болта, класс прочности или группу, марку стали или сплава, обозначение вида покрытия, толщину покрытия и номер размерного стандарта.

Для упрощения обозначения часто применяемых деталей в условной схеме не указываются крупный шаг резьбы, поле допуска 8g, исполнение 1, марка углеродистой стали и цветного сплава.

Дополнительно в условном обозначении может отмечаться применение спокойной (буквой С) или автоматной (буквой А) сталей.

Например, болт по ГОСТ 7796—70 исполнения 2, имеющий диаметр резьбы 12 мм с шагом 1,25 мм и поле допусков 6 g, при длине 60 мм и классе прочности 5.8 (записывается без точки) с цинковым покрытием (вид покрытия 01) толщиной, 9 мкм обозначается: Болт 2М12х1,25—6gх60.58.019 ГОСТ 7796—70.

ГОСТ 1759—70 рекомендует технологию изготовления болтов в зависимости от их класса прочности.

В производственных условиях болты изготавливаются холодной или горячей штамповкой и точением без термической обработки или с термической обработкой после получения крепежных изделий одним из перечисленных выше способов.

Болты, изготавливаемые холодной штамповкой без термической обработки, имеют пониженные пластические свойства вследствие наклепа, полученного при холодной деформации. Величина предела текучести материала болтов при этом приближается к величине временного сопротивления и составляет в большинстве случаев 0,8—0,9 σ_s . Поэтому указанным методом можно изготавливать только болты классов прочности 4.8, 5.8, 6.9 и в ряде случаев 8.8.

В ряде случаев эти же болты могут быть изготовлены и холодной штамповкой, но с обязательным отжигом исходного металла.

Высокопрочные болты из среднеуглеродистых и легированных сталей (классы прочности 8.8, 10.9 и 12.9, 14.9) изготавливаются с закалкой и отпуском.

16 Требования, предъявляемые к качеству металла болтов

Стабильность технологического процесса штамповки и качество штампуемых болтов во многом определяются качеством исходного металла. Холодная штамповка предъявляет специфические требования к исходному металлу. Материал, применяемый для холодной штамповки, должен обладать высокой пластичностью, иметь равномерные механические свойства и химический состав и не иметь поверхностных и внутренних дефектов.

Деформируемость металла в холодном состоянии, т. е. его способность претерпевать пластическое формоизменение без разрушения, зависит от многих факторов: качества поверхности заготовки; химического состава; структуры; механических свойств и технологических параметров процесса штамповки.

Дефекты поверхности металла заготовки являются одной из основных причин возникновения надрывов и трещин при холодной штамповке. Они могут образовываться на разных стадиях переработки металла, начиная от разливки стали и кончая калибровкой перед высадкой.

Дефектами разливки являются газовые пузыри, расположенные внутри или на поверхности металла, неметаллические включения, пористость и др. Газовые пузыри возникают обычно в кипящей стали, в спокойной стали образуется неравномерно расположенная пористость. При прокатке дефекты слитков способствуют образованию на поверхности проката трещин, закатов, глубоких рисок, волосовин, которые необходимо удалять перед процессом холодной деформации.

Исследование влияния глубины и конфигурации поверхностных дефектов на деформируемость углеродистой стали проводят путем осадки образцов с искусственно нанесенной трещиной различной глубины, различным углом и радиусом при вершине. Установлено, что дефекты (волосовины, риски, пленки и др.) глубиной 0,05 мм и бо-

лее при высадке с большими степенями деформации раскрываются, образуя трещины.

Для снижения брака при холодном прессовании необходимо удалять дефекты с поверхности обрабатываемого металла. Поэтому поверхность слитков перед прокаткой необходимо зачищать. На металлургических заводах зачистку проводят механическим или огневым способом.

При нагреве слитков перед прокаткой необходимо добиваться наименьшего обезуглероживания. На обезуглероженной поверхности вследствие ее пониженной твердости при прокатке образуются более глубокие риски и царапины.

Количество дефектов, образующихся при прокатке, зависит также от степени износа валков. По мере износа на поверхности ручьев прокатных валков появляются надрывы металла, выступы, углубления и т. д. Эти неровности отпечатываются на горячем металле и закатываются на последующих переходах, что приводит к нарушению сплошности металла.

Поверхностные дефекты могут образоваться при калибровке металла перед штамповкой. К таким дефектам относятся риски и царапины, имеющие иногда большую протяженность по длине. Устранению этих дефектов способствуют: качественное травление (при неудовлетворительном травлении на металле остаются частицы окалин, способствующие образованию рисок и царапин на волочильном инструменте и металле); применение волок с правильной геометрией рабочего канала; применение качественной смазки при калибровке.

Пластичность стали, во многом определяется ее химическим составом. Так, увеличение содержания углерода в стали снижает ее пластичность и деформируемость, приводит к увеличению прочностных характеристик. Стали с содержанием углерода 0,25% необходимо отжигать для увеличения пластичности. Практически стали с содержанием углерода 0,5% можно штамповать только после предварительного подогрева.

Повышенное содержание кремния в стали резко снижает ее пластичность; при деформировании в холодном состоянии вызывает значительный разогрев заготовки, снижает стойкость инструмента, повышает усилия штамповки и приводит к образованию трещин. Сортамент калиброванного металла регламентируют ГОСТ 10702—63, ГОСТ 7417—75. Преимущественное применение для штамповки имеет сталь по ГОСТ 10702—63, «Сталь для холодной высадки» ГОСТ

1050—88 «Сталь углеродистая качественная конструкционная», ГОСТ 360—71 «Сталь углеродистая обыкновенного качества», ГОСТ 4543—90 «Сталь легированная конструкционная». Калиброванная сталь для штамповки болтов поставляется в нагартованном (наклепанном) состоянии. Наклеп возникает, за счет обжатия при волочении горячекатаной стали. Твердость нагартованной стали, величины временного сопротивления и относительного сужения не должны превышать норм, установленных соответствующими стандартами.

Поверхность калиброванной стали должна быть чистой, гладкой, светлой или матовой без трещин, волосовин, закатов, плен, окалины. Допускаются отдельные мелкие риски механического происхождения в пределах 1/4 предельных отклонений на диаметр, а также отдельные вмятины и рябизна в пределах полусуммы допусков.

Макроструктура не должна иметь усадочной раковины и рыхлости, трещин, пузырей, расслоений, неметаллических включений и флокенов, видимых без применения увеличительных приборов при проверке на изломах или протравленных образцах.

Необходимо отметить, что показатели, нормируемые стандартами, и, в частности, ГОСТ 10702—63, не полностью удовлетворяют требованиям к металлу, предназначенному для холодной высадки.

17 Использование фибры

Основной задачей развития строительной индустрии в современном мире является повышение прочности и надежности строительных конструкций с одновременным снижением затрат на строительство. Одним из перспективных направлений считается использование сталефибробетонов – композиционного материала из бетона, в котором в роли армирующих материалов используются короткие стальные волокна равномерно распределенные по всему объему. Фибробетон обладает значительными преимуществами по сравнению с обычным бетоном. Большая степень сопротивления трещинообразованию способствует увеличению таких физико-механических показателей, как прочность при сжатии, растяжении и изгибе, водонепроницаемость, морозоустойчивость, сопротивлению к проникновению воды и химических веществ. Строительные конструкции из бетона с армированием из стальной фибры особенно эффективны для использования в регионах с высокой сейсмической активностью. Примерами успешного использования сталефибробетона в строительстве являются:

монолитные и сборные покрытия дорог, настилы мостов, берегозащитные элементы;

взлетно-посадочные полосы аэродромов;

постоянная и временная обделка сводов тоннелей, в том числе и метрополитенов;

фундаменты под оборудование ударного и динамического действия (тяжелые прессы, молоты, прокатные станы и т. д.);

конструкции сборного железобетона (сваи, лотки, трубы, шпалы, сборные плиты дорог и промышленных полов, тротуарная плитка различной конфигурации, бордюры, разделительные полосы, водопропускные трубы, шумозащитные панели, тонкостенные покрытия автобусных остановок и т.д.);

фортификационные сооружения;

банковские сейфы и хранилища ценностей;

сборные и монолитные гаражи с высокой устойчивостью к взлому;

различные конструкции из торкретбетона.

Идея армирования хрупкого бетона стальным волокном - фиброй, не нова. Введение фибр в бетон и их дисперсное расположение в объеме материала позволило сформулировать понятие композиционного материала на основе бетонной (цементной) матрицы. Повышение эксплуатационных характеристик строительных конструкций возможно различными способами; это изменение конструктивных форм, применение более совершенных материалов в известных или новых конструктивных формах, нетрадиционные подходы, например, улучшение условий эксплуатации. Как правило, наибольшего эффекта можно добиться, используя сочетание различных способов. Первый в мире патент на фибробетонную конструкцию был получен российским ученым В.П. Некрасовым в 1909 году, а широкое развитие исследования по разработке фибробетонов и методов расчета конструкций из них получили с 60-х годов XX-го века. С тех пор проведено значительное количество международных научно-технических симпозиумов, конференций и семинаров, посвященных результатам научных исследований и практическому применению фибробетонов в строительстве в США, Великобритании, Канаде, ФРГ и других странах.

Особое развитие и применение фибробетон получил в Японии. В рамках Японской ассоциации по цементу в 1960 г. был учрежден комитет по изучению фибробетона, задачами которого являлись под-

готовка руководящих материалов по его производству на заводах товарного бетона, исследование характеристик фибробетона, а также изучение конструкций дорожных покрытий и других конструкций из бетона, армированного стальными волокнами. С начала 1970-х гг. исследования приняли систематический характер и были нацелены на практическое применение этого материала. Большинство исследований было связано с изучением сталефибробетона.

За рубежом сталефибробетон активно применяется для устройства полов в промышленных зданиях. Уже в 70-е годы XX в. в США, Великобритании, Австрии использовался сталефибробетон для устройства полов промзданий [1-4]. В США применяли монолитный сталефибробетон торговой марки «Виранд-бетон». При этом использовалась фибра длиной 30 мм, изготовленная из проволоки. В Австрии для устройства полов также применяют фибру из проволоки, расход которой всего 58,5 кг/м³, матрицей является раствор; предел прочности при сжатии 34,3 МПа. Более 15 стран мира используют в качестве армирующего вещества фибру, среди них США, Япония, Канада, Германия, Великобритания, Норвегия, Австрия, Новая Зеландия и другие. По последним данным 50% промышленных полов в Европе изготовлены из фибробетона.

В России сталефибробетон стал применяться для защитных конструкций банковских хранилищ, депозитариев, кассовых узлов со второй половины девяностых годов после введения в практику проектирования Центробанком РФ ведомственных норм ВСП001-95 и ВСП103-97, в которых регламентируется его применение. В Москве в 1999 г. был построен подземный гараж-стоянка, в котором сталефибробетон был использован для устройства пола. Общая площадь сталефибробетонного покрытия толщиной 50 мм составила 4618 м². Подземный гараж в настоящее время эксплуатируется. При этом отмечено, что стальная фибра не является причиной прокола колес автотранспорта, как предполагалось ранее.

Показательным примером успешного применения сталефибробетона в конструкции пола явилось устройство высокопрочных полов в пекарне в Москве, где эксплуатационные нагрузки от тележек на железобетонных колесах приводили к регулярным (каждые 5-6 месяцев) ремонтам бетонных полов. Два года эксплуатации сталефибробетонного пола подтвердили его высокие характеристики к сопротивлению ударным и истирающим воздействиям.

18 Виды фибры

В настоящее время существует три основных категории армирующих фибр – полипропиленовая фибра, стекло и стальная фибра.

Для дисперсного армирования бетона используют, как правило, специальное щелочестойкое стекловолокно, так как обычное алюмоборосиликатное (бесщелочное) стекловолокно быстро корродирует в щелочной среде твердеющего бетона и требует специальной защиты. В зарубежной практике для изготовления стеклофибробетона широко используется щелочестойкое стекловолокно марки "Сем-FIL®", разработанное и выпускаемое в Великобритании. Исследования фирмы в направлении совершенствования стекловолокна привели к созданию улучшенных щелочестойких волокон, увеличивающих долговечность, прочность и вязкость разрушения стеклофибробетона. В Японии производится массово щелочестойкое стекловолокно "Эрфайб", а для специального применения создано более стойкое к воздействию щелочей стекловолокно "Эрфайб-супер". В отечественной практике для армирования бетона используется выпускаемое НПО "Стекло" в опытно-промышленном масштабе (90-200 т. в год) щелочестойкое стекловолокно марок СЦ-6.

В г. Судогда (Владимирская обл.) освоен массовый выпуск ривинга из базальтового волокна. Однако фибра из него недостаточно изучена (по работе в бетоне).

Фибра из синтетических волокон наиболее дешевая и химически стойкая. Но она имеет низкий модуль упругости и высокую предельную деформируемость, что предопределяет деформацию фибробетона, особенно после трещинообразования. Тем не менее, она может эффективно использоваться для улучшения реологических свойств фибробетонных смесей, структурообразования бетона-матрицы на стадии твердения и повышения его долговечности. Наиболее эффективными с позиций прочности и долговечности фибробетона, в т. ч. при экстремальных химических, температурных и пожарных воздействиях, являются углеродные волокна. Но фибра из них пока слишком дорога, а снижение ее стоимости - вопрос будущего.

Полипропилен и стекло не имеют остаточного сопротивления и применяются для улучшения характеристик бетона в первоначальный период набора им прочности. Металлическая фибра улучшает меха-

нические характеристики бетона после набора им прочности, т.е. выполняет силовые функции.

В ряде типовых железобетонных конструкций, таких как блоки фундаментов, подвалов, дорожные плиты, стальная арматура может быть с успехом заменена на базальтовую фибру - более химически стойкую и относительно дешевую. По опыту Японии представляется, что в ближайшее время широкое применение для армирования строительных конструкций найдет фибра из высокомолекулярного полипропилена. Эту фибру отмечает относительно высокий (до 8000 МПа) модуль упругости, высокая химическая стойкость и механическая прочность (до 500 МПа), широкий температурный диапазон применения (-60 - +320°C), неэлектропроводность и радиопрозрачность.

Многолетние исследования разновидностей фибры и поведения фибробетонов в различных условиях их использования показывают, что никакие другие типы фибры не дают таких показателей как стальная фибра. Целесообразность применения стальной фибры заключается в следующем:

- возможность усиления углов (при обычном армировании в углах находится чистый бетон):

- возможность регулирования толщины элемента (при обычном армировании нижняя часть бетона служит только для удерживания арматуры. Т.о., при армировании фиброй можно уменьшить толщину конструкции).

- 50% экономия времени (в отличие от арматуры, для фибры не требуется специальной укладки)

- бетон, армированный фиброй по свойствам аналогичен бетону с удвоенным количеством арматуры, т.к. фибры распределены в бетоне во всех направлениях, но в данном случае армирование фиброй получается дешевле, чем укладка двойной арматуры.

- при укладке арматуры сначала производится заливка, а затем арматуру поднимают до необходимого уровня. Точность при этом - приблизительная. При армировании фиброй возможность ошибки исключена.

- для фибры нет необходимости в специальных расчетах.

- фибра может применяться в нестандартных конструкциях, где проблематично использовать арматуру (однако во многих традиционных конструкциях (например, при строительстве лестничных пролетов) используется только арматура).

- фибра обладает высокой коррозионной и износостойкостью.

Фибра, полученная экструдированием (вытяжкой) из стального расплава.

Фибра, полученная экструдированием (вытяжкой) из стального расплава выпускается в небольших количествах и используется для особо прочных огнеупорных материалов, производится, в основном, из лома нержавеющей и жаропрочных сталей. Не обладает повышенными прочностными характеристиками, но экономические аспекты и параметры термостойкости превалируют в положительную сторону в вопросе ее производства и применения.

Фибра, строганная из сляба.



Рисунок 18.1 - Фибра Harex

ЗАО «Курганстальмост» производит стальную фрезерованную фибру с 1994 г. Стальная фибра изготавливается путем фрезерования заготовок (слябов) по лицензии и технологии всемирно известного крупнейшего производителя фибры германской фирмы Vulkan Harex. Изготовление фибры началось с приобретения в Германии двух специальных фрезерных станков общей производительностью до 3000 тонн в год. В качестве заготовки используются слябы размер

мером 270x600x7000.....9000 мм из низкоуглеродистых сталей обычного качества. Использование сталей марок 50-90 нерентабельно, так как резко возрастает стоимость сырья, а время службы инструмента снижается. В 1998 г. приобретены два фрезерных станка французской фирмы «Line» нового поколения, отличающихся повышенной производительностью. Пуск их в эксплуатацию позволил довести общий объем выпуска до 10 000 тонн. Однако фибра, фрезерованная из слябов, несет в себе все дефекты, имеющиеся в слябах. Эти дефекты слябов устраняются только на последующих этапах металлургического передела - горячей и холодной деформации. Поэтому говорить о какой-то стабильности свойств не приходится. Режимы фрезерования приводят к перекалу фибры, о чем свидетельствует характерный синеватый оттенок, что в свою очередь приводит к такому дефекту металла, как «синеломкость», т.е. разрушение при температуре до 100

градусов. Таким образом использовать этот вид фибры в ответственных бетонных конструкциях не желательно. Производство фибры, фрезерованной из слябов в Европе постепенно прекращается и ее заменяет фибра из проволоки.

Фибра, рубленая из стального листа ("Стигма")



Рисунок 18.2 - Фибра «Стигма»

Производство фибры "Стигма" осуществляется из качественного стального листа. Временное сопротивление фибр разрыву находится в диапазоне 510 - 850 МПа и зависит от марки исходного металла. Возможно производство фибры из жаропрочных (нержавеющих) сталей для армирования теплостойких конструкций и сооружений.

По своей анкерующей способности фибра "Стигма" существенно превосходит фибру, получаемую путем фрезерования слитка.

Таблица 18.1 - Сравнительные испытания анкерующей способности фибр

Тип фибры	Стигма	Харекс (Harex)	Драмикс (Dramix)
Страна производитель	Россия (НПО Магнитогорск Фибра-Строй")	Германия (Vulkan Technologies International GmbH)	Бельгия (Bekaert Steel Vire Corp.)
Исходный материал	Стальной лист	Сляб / блюмс	Проволока
Длина L, мм	30	30	30
Условный диаметр d, мм	0,6	0,9	0,5
Временное сопротивление фибр разрыву, МПа	850	710	1300
Напряжение в волокне на момент разрыва фибры или вытягивания из цементного камня, МПа	850	585	840

По результатам испытаний уровень анкеровки в бетоне фибры фрезерованной из листа и проволочной фибры находятся примерно на одном уровне и значительно превосходят фибру, строганную из сляба. При условии использования качественного стального листа, подвергнутого обработке давлением в процессе своего производства, в качестве исходного материала воспроизводство физико-механических свойств материала не вызывает затруднений. Однако следует решить вопрос повышения анкерной способности этого вида фибры. Рваные фаски, образующиеся в процессе рубки листа, представляют большую угрозу для шлангов торкретмашин, т.е. в технологическом процессе заливки фибробетоном, где использование листовой фибры наиболее предпочтительно. Такая фибра является наименее прочной и имеет наименьшую точность изготовления. Поэтому ее производство не распространено.

Проволочная фибра

Проволочная фибра, проявив себя как наиболее универсальный материал, наиболее распространена на мировом рынке в настоящий момент. Использование проволочной фибры, которая поддается наиболее точному нормированию в процессе производства проволоки, гарантирует заданные свойства и необходимую повторяемость эксплуатационных характеристик.

Для улучшения анкерующей способности в бетонной матрице на фибру может быть нанесен периодический профиль. В прямой фибре (рис. 18.3) единственным анкерирующим механизмом является сила сцепления самой поверхности фибры с бетонной смесью. Но для того, чтобы эта поверхность была достаточной для обеспечения нормального уровня анкерирования, фибра должна быть достаточно длинной. Это приводит к комкованию фибры при ее введении в бетонную смесь (образованию т.н. «ежей»), что практически сводит на нет эффект армирования, а также вызывает значительные проблемы при работе с готовой бетонной смесью при ее заливке, выравнивании, уплотнении и т.п. Для решения этой проблемы предлагаются два варианта - фибра с загнутыми концами (рис. 18.5) и волновая фибра (рис. 18.4). Фибра с загнутыми концами удерживает развитие трещины вначале за счет поверхностного сцепления, а когда сцепление утрачивается, в действие вступает анкеровка загнутых концов фибры. При этом может расширяться практически без помех вокруг центрального участка фибры, пока не достигнет ее концов. После этого происходит «выдергивание» фибры из матрицы бетона за счет либо

перегрузки концов фибры, либо крошения бетона в местах его сцепления с этими концами.



Рис. 18.3 - Микрофибра



Рис. 18.4 - Волновая фибра



Рис. 18.5 - Анкерная фибра

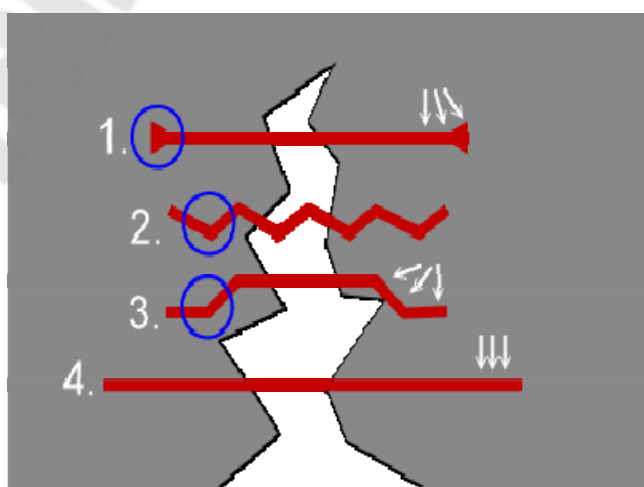


Рис. 18.6 - Влияние различных форм проволочной фибры на сопротивление трещинообразованию:

1. Фибра с конусовидными концами
 2. Волновая фибра
 3. Фибра с загнутыми концами
 4. Прямая фибра
- Синие кружки - механизмы анкеровки фибры
- Белые стрелки - поверхности сцепления

В свою очередь, волновая фибра имеет больше элементов механического анкерирования, а также большую поверхность сцепления с бетоном, но при этом ее длина не вызывает тех проблем, что связаны с использованием прямой фибры. Это дает возможность уже в начальной стадии образования трещины контролировать ее сдерживание, за счет более эффективного распределения напряжений в окружающей матрице, и, соответственно увеличить продолжительность службы бетона. При сравнении свойств стальной проволочной фибры и фибры из стальной ленты – предпочтительным является большая эластичность проволочной фибры.

19 Преимущества высокомодульной проволочной фибры

Мировые производители фибры для изготовления проволочной фибры используют проволоки с низким и высоким содержанием углерода. По патентной информации анкерная фибра, у которой оптимизированы параметры длины центральной части и амплитуда кривизны изогнутых концов для анкеровки в бетоне с целью получения максимальных разрывной прочности и упругости проволоки. При этом прочность проволоки составляет $900 \div 1200$ МПа, что соответствует низкому модулю упругости материала, а значит и недостаточно высокому упругому сопротивлению разгибу загнутых концов при воздействии растягивающей нагрузки. Применение проволоки диам. $0,4 \div 0,8$ мм не может обеспечить армируемый бетон достаточной изгибной жесткостью, что является одной из важнейших характеристик. Для повышения анкерной способности под действием растягивающей нагрузки, применяемая для изготовления проволока изготовлена с высоким модулем упругости равным, $170\ 000 - 270\ 000$ МПа. Высокий модуль упругости, по сравнению с модулем упругости низкоуглеродистой проволоки повышает сопротивление разгибу с деформи-

рованных участков фибры под действием растягивающих нагрузок в фибробетоне (рис. 19.1).

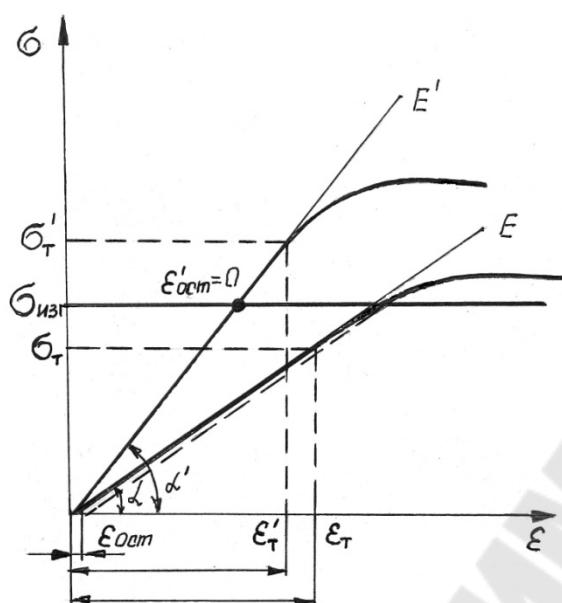


Рис. 19.1 - Остаточная деформация проволоки с разным модулем упругости:

σ_t, σ'_t — пределы текучести проволок с разным модулем упругости;
 $\sigma_{изг}$ — напряжение при разгибе анкерного конца фибры под растягивающей нагрузкой;

ϵ_t, ϵ'_t — удлинения в упругой области проволок с разным модулем упругости

$\epsilon_{ост}$ — остаточная деформация после нагрузки в пластической области;

E, E' - модули упругости разных материалов проволоки ($E' > E$).

На приведенном графике показано, что при приложении растягивающей нагрузки возникает изгибное напряжение на деформированных частях фибры ($\sigma_{изг}$). При этом на высокомодульной фибре деформация происходит в гораздо меньшей степени и в упругой области, чем на низко модульной из низкоуглеродистой стальной проволоки, у которой большее удлинение и при заданном изгибном напряжении происходит формоизменение анкерующей части фибры. Отсюда следует, что фибра из более высокомодульной проволоки обеспечивает лучшую работоспособность из-за большей близости ее характеристик к свойствам бетона. Для дальнейшего увеличения изгибной жесткости в поперечном сечении фибра может иметь плоскую форму. При изготовлении фибры отношение длины отрезка проволоки с деформированными концами к толщине плоской проволоки равно 30-

70, а отношение ширины плоской проволоки к толщине равно 1,01-3,00. По сравнению с фиброй из обычной проволоки одинаковой толщины, плоская форма проволоки повышает площадь контакта с бетонной матрицей, что дополнительно закрепляет ее в бетоне. Хаотическая ориентация фибры в бетоне обеспечивает повышенную изгибную жесткость в области ребра до 75% и при плоском расположении фибры значение изгибной жесткости будет выше проволоки с диаметром соответствующим толщине плоской проволоки.

В качестве примера рассмотрим моменты сопротивления изгибу (W) круглой проволоки диаметром – d и плоской проволоки толщиной b=d и шириной h=1,01b и h=3b.

Для круглой проволоки:

$$W = \pi d^3 / 32 = 0,098d^3$$

Для плоской проволоки:

-при изгибе на ребре

$$W = bh^2 / 6 \quad \text{для } h = 1,01b \quad W = 1,01d^3$$

$$\quad \quad \quad \text{для } h = 3b \quad W = 4,5d^3$$

-при изгибе на плоской части

$$W = hb^2 / 6 \quad \text{для } h = 1,01b \quad W = 0,168d^3$$

$$\quad \quad \quad \text{для } h = 3b \quad W = 0,5d^3$$

Как можно видеть из полученных значений использование для армирования в бетоне фибры из плоской проволоки дает минимальное увеличение моментов сопротивления изгибу в 1,71 раз.

Таблица 19.1 – Характеристики фибры

Размеры проволоки, мм	Отношение ширины к толщине	Изгибная жесткость, 10 ⁻³ Н·м	
		в плоскости	на ребре
0,3x0,46	1,56	25	52
0,30	1,0	12	

Вывод: для повышения анкерной способности под действием растягивающей нагрузки проволока изготовлена с высоким модулем упругости равной 170 000 – 270 000 МПа. Плоская форма проволоки обеспечивает повышенную изгибную жесткость в области ребра и повышает площадь контакта с бетонной матрицей, при этом отношение длина отрезка проволоки с деформированными концами к толщине плоской проволоки равно 30-70, а отношение ширины плоской проволоки к толщине равно 1,01-3,00

20 Развитие производства стальной фибры

Убедительным подтверждением эффективности сталефибробетона в строительстве является зарубежный опыт его применения, широкий ассортимент стальной фибры и большое количество фирм, производящих фибру на постоянной основе. Только в Европе применяется в год более 150 000 тонн стальной фибры, то есть около 3 млн. м³ сталефибробетона.

Производством стальной фибры заняты более 20 зарубежных фирм и корпораций. Причем это, как правило, мощные производители обычной стержневой и проволочной арматуры или металлоизделий.

Наиболее ярким примером в этом плане является Япония, где 7 крупных фирм выпускают стальную фибру рубленную из листа или проволоки, фрезерованную из сляба, вытянутую из расплава. Уже в 1981 году Япония применяла около 3 тыс. т стальной фибры.

В Финляндии находится 60 фирм, которые изготавливают бетон или бетонные изделия. Местный производитель «Фундиа» использует фибру, произведенную на своем заводе в Норвегии. Там изготавливается фибра из тонкого листового проката (концы отрезанных из листа волокон спрессованы для лучшего закрепления). Длина волокон 25 мм, размер 0,40x0,60.

Компания Bekaert Fibre Concrete, полноправный представитель группы Бекерт, – самый крупный производитель стальной фибры в мире.

Компания AZTECH - эксклюзивный представитель компании БЕКЕРТ в Ирландии дистрибьютор фибры «Драмикс»(проволочная фибра анкерной формы). Фибра «Драмикс» - мировой лидер уже на протяжении 20 лет. В Европе стальную фибру производят такие компании как Bekaert N.V. , Atamat ltd., Trefil Arbed ми, Chirco Prod-Imprex Company SPL и другие.

Ведущий немецкий производитель промышленных полов KORODUR GmbH выпускает несколько видов стальных фибр для сверхнадежных высокопрочных бетонных полов: CSF 30 и CSF 37 (для промышленных полов - цеха, склады, гаражи, терминалы, рынки), CSF 25 (для торкретбетона), ISF 20 (для монолитных стяжек). Стоимость, включая НДС и таможенную очистку, составляет 2,5-2,7 долларов за 1 кг.

Зарубежный опыт за последние 30 лет показывает высокую технико-экономическую эффективность применения сталефибробетона в строительных конструкциях и сооружениях различного назначения.

Только в Европе применяется в год более 150 000 т стальной фибры, т. е. около 3 млн. куб. м сталефибробетонных конструкций.

Экономическая эффективность сталефибробетонных конструкций по сравнению с железобетонными обуславливается за счет:

- большого снижения трудоемкости;
- снижения материалоемкости;
- повышения долговечности;
- увеличения межремонтного ресурса;
- исключения недостатков, присущих стержневому армированию.

Производство фибры в странах СНГ.

В России имеется достаточно большой отечественный опыт применения сталефибробетона в строительстве (Москва, Санкт-Петербург, Липецк, Челябинск, Магнитогорск, Барнаул, Волхов). Сталефибробетон обладает набором специфических свойств, существенно превосходящих свойства обычного бетона и в мировой практике занимает значительную долю (12 - 15%) в общем объеме используемого бетона, для чего налажено серийное производство стальных фибр порядка 350-400 тысяч тонн в год. Установлено, что экономическая эффективность при переходе на фибробетон, например, для конструкций промышленных полов, составляет до \$6 на 1 кв. м.

Сейчас в России производится в год более 10 тыс. т стальной фибры и этот объем может быть увеличен в несколько раз на уже освоенных производствах (Магнитогорск, Курган, Санкт-Петербург). Но при этом большая часть фибры продается за рубеж.

Таблица 20.1 - Средний объем потребления фибры из проволоки в тоннах в год

РБ	Украина	Россия
250	350	10 000

ОАО «Силур», как крупнейший в Украине производитель стальной проволоки и изделий из нее, специализируется на изготовлении стальной прямой и профилированной фибры из высококачественной низкоуглеродистой и высокоуглеродистой проволоки без покрытия и с покрытием (латунированной или оцинкованной) способом

резания проволоки. Производственные мощности составляют 12 тыс. тонн фибры в год. В 2004 году выпуск фибры составил не менее 1300 тонн в месяц. Установка дополнительных станков по производству фибры позволил повысить выпуск фибры свыше 2000 тонн. Основным рынком для реализации фибры производства ОАО «Силур» - Европа. Доля СНГ незначительна. Цены в 2004 году были достаточно высокие (прибл. 690-700 дол. США, 750-800 дол. США).

Производство фибры на "БМЗ".

В 2008 году в Беларуси начал свое промышленное производство один из крупнейших мировых производителей металлокорда и проволоки для шин –ОАО "Белорусский металлургический завод". Номенклатура стальной фибры БМЗ состоит из анкерной, волновой и микрофибры.

Одно из решений задачи предприятия по снижению собственных издержек производства и получению дополнительной прибыли сформировалось в создании нового технологического участка по производству стальной фибры: анкерной, волновой и микрофибры из отходов производства проволоки и металлокорда. Основным рынком потребления фибры являются развитые страны Европы, Америки и, в последнее время, Российская Федерация. В Беларуси использование фибробетонов только начинает зарождаться.

В результате реализации данного инвестиционного проекта приобретено два волочильных стана для переработки передельных диаметров проволоки до готового размера 1 мм. Непосредственно для производства фибры установлено 20 станков с возможностью производства анкерной, волновой фибры и микрофибры из тонких диаметров проволоки 0,2 – 0,7 мм и отдельно 4 станка под анкерную фибру из проволоки диам. 0,8-11 мм. Упаковка будет осуществляться на установке упаковки в стейч-пленку. Планируемый объем производства составляет 600 т/месяц.

По мнению специалистов лаборатории фибробетонов и фибробетонных конструкций Научно-исследовательского, проектно-конструкторского и технологического института бетона и железобетона (ГУП «НИИЖБ», г. Москва) из отходов в качестве фибры (из бракованного корда из высокоуглеродистой проволоки) могут быть использованы для производства сталефибробетонных конструкций, в первую очередь по экономической целесообразности. Стоимость такой фибры примерно в 3-5 раз ниже стоимости рубленной и фрезерованной фибры. Стоит отметить, что при массовом производстве фиб-

ры возможно использование двойной схемы производства: из отходов проволочного производства и из специально наработанной проволоки. При этом получаемая фибра должна характеризоваться достаточно определенными прочностными параметрами и соотношением «диаметр-длина», обеспечивающим стабильные и прогнозируемые свойства сталефибробетона.

Эксперименты, проведенные в лабораторных и промышленных условиях, подтвердили эксплуатационные преимущества «фибробетона» из отходов проволочного и металлокордового производства.

В настоящее время фибра производства «БМЗ» прошла сертификацию в Беларуси и Российской Федерации, продолжается процедура сертификации в странах Европы.

21 Оборудование для изготовления фибры

Станок для производства фибры состоит из рамы, в которой имеется электрошкаф. Внутри рамы расположен электродвигатель, установленный на отдельной плите с виброопорами марки АИР100S4 (Могилев) мощностью 3кВт с частотой вращения 1410 об/мин. На данной плите также находится стойка с угловым редуктором. На раме установлена плита со следующими узлами:

- размоточное устройство;
- редуктор для изменения направления формообразующих роликов;
- узел вытяжки, формовки и резки фибры.

Принципиальная схема станка представлена на рис. 8.

Принцип работы станка следующий – крутящий момент от электродвигателя через зубчато-ременные передачи и редукторы передает крутящий момент на вытяжной барабан, с помощью которого происходит размотка и подача ее в формообразующие и режущие ролики. Данная конструкция позволяет производить фибру любой конфигурации и любой длины за счет установки сменного инструмента. Разрезанная фибра по лотку поступает в ящик. На станке установлен датчик обрывов (аналог датчика машины Varimag), а также концевой выключатель блокировки защитного экрана узла формовки и резки фибры.

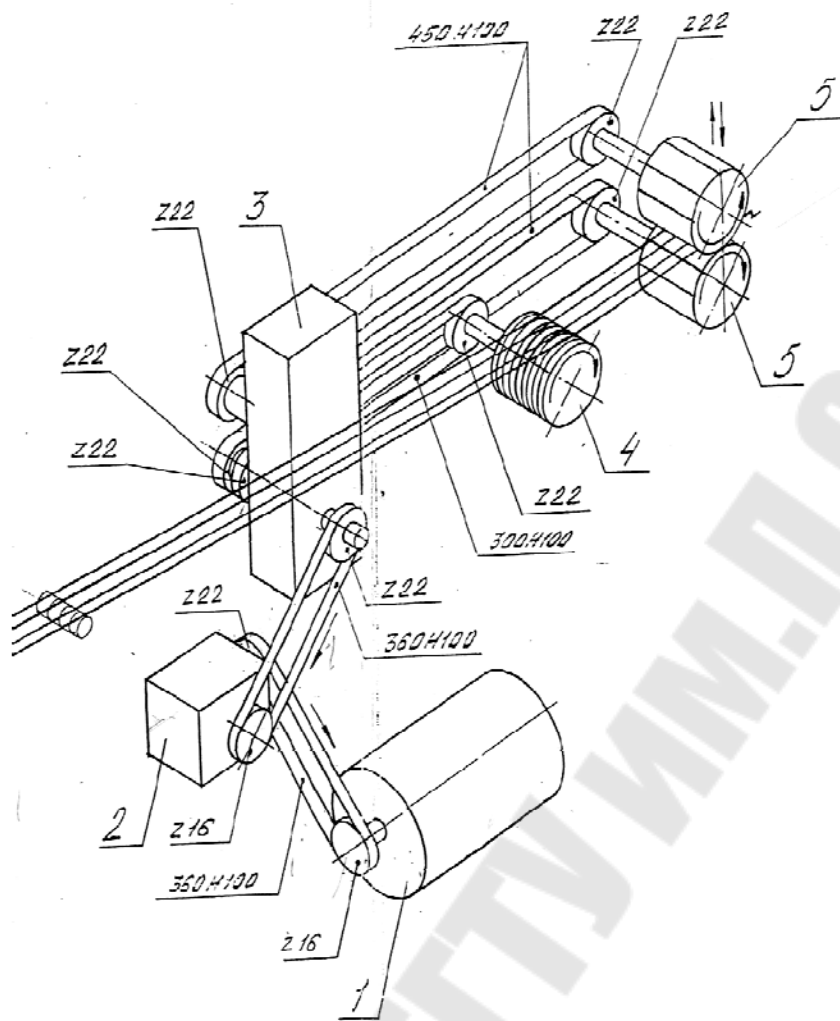


Рис. 21.1 - Принципиальная кинематическая схема станка для изготовления фибры:

- 1 – электродвигатель, 2 – угловой редуктор, 3- цилиндрический редуктор,
 4- направляющий ролик, 5 – формоизменяющие ролики

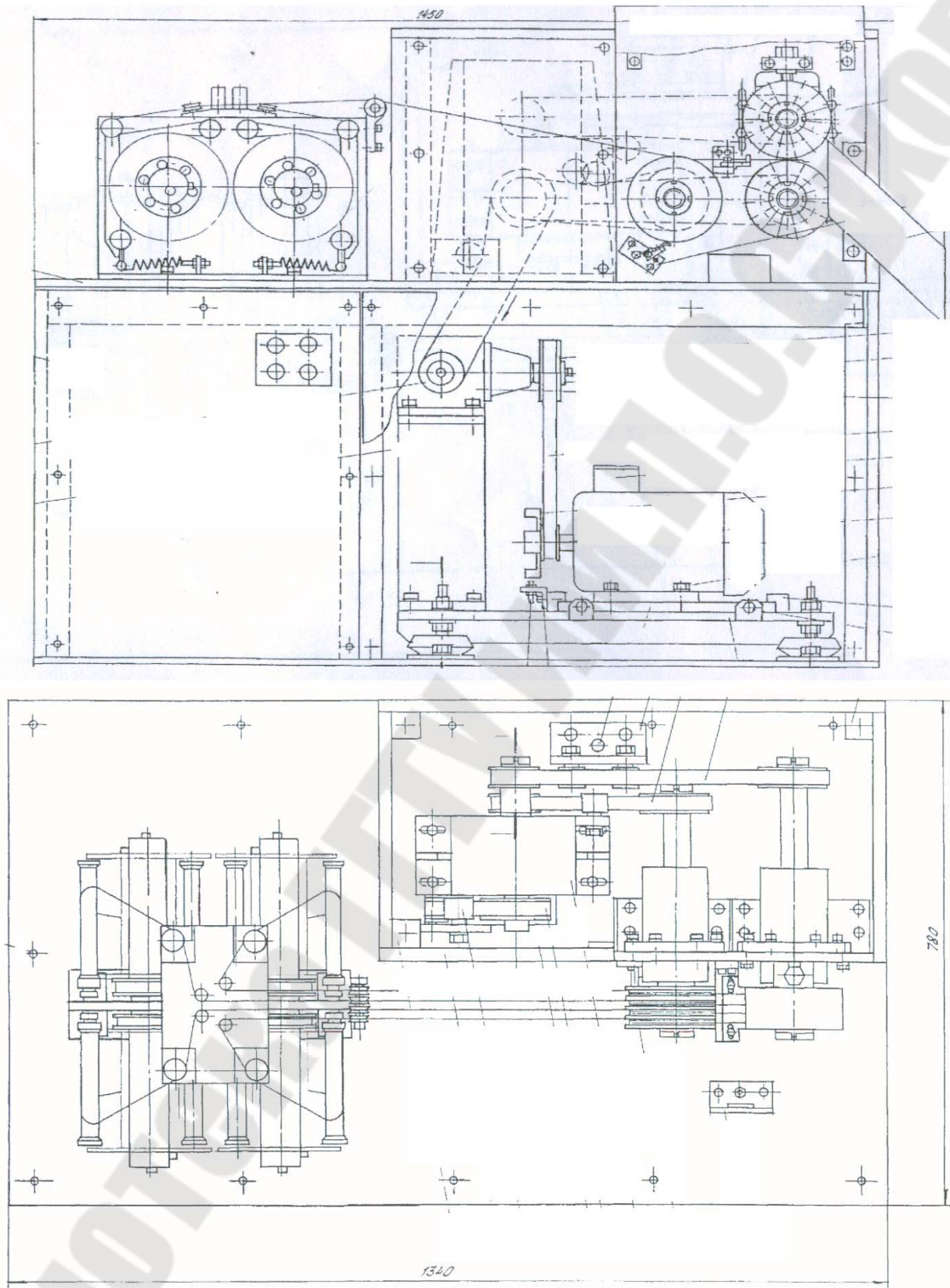


Рис. 21.2 – Общий вид станка для изготовления фибры

Техническая характеристика станка приведена в таблице 21.1.

Таблица 21.1 – Техническая характеристика станка модели СМФ-1 для производства фибры

Техническая характеристика	при заправке 2-х проволок	при заправке 3-х проволок	при заправке 4-х проволок
Диаметр проволоки, мм	0,2-1,1		
Длина фибры, мм	30 (60)		
Номинальная электрическая мощность, кВт	3,0		
Источник энергии	сеть трехфазного переменного тока		
Напряжение питающей сети, В	380		
Частота питающей сети, Гц	50		
Режим работы	автоматический		
Смазка	индивидуальная (путем заливки)		
Тип масла	И20А ГОСТ 20799-88		
Габаритные размеры станка, мм			
длина	1450		
ширина	780		
высота	1300		
Масса, кг	650		

Станок для производства фибры состоит из следующих основных частей:

- размоточное устройство;
- приводное устройство;
- направляющее устройство;
- направляющее устройство;
- устройство формирования и отрезания (отрубания);
- устройство для укладки фибры с вибростолом;

Устройство формирования и отрезания фибры является основным функциональным узлом по формированию фибры и состоит из:

- двух сменных формообразующих роликов;
- неподвижных ножей верхнего ролика;
- подвижных ножей верхнего ролика;
- эксцентриковой оси;
- толкателя.

Технологический процесс изготовления фибры включает:

- правку проволоки;
- формирование и отрезание фибры;
- подачу фибры в гофрокартонную коробку.

Настройка станка производится выставлением зазора между роликами путем перемещения верхнего ролика до соприкосновения ножей, после чего ролик надежно фиксируется. В зависимости от диаметра проволоки величина зазора между роликами должна соответствовать требованиям таблицы 21.2.

Таблица 21.2 – Настройка зазора между роликами

Диаметр проволоки, мм	Расстояние между роликами, мм
1,1	1,0
1,0	0,9
0,9	0,8
0,8	0,7
0,7	0,6
0,6	0,5
0,5	0,4
0,4	0,35
0,3	0,25
0,2	0,15

Список литературы

1. Ковка и штамповка: справочник : в 4 т. т.3 : Холодная объемная штамповка / М. Г. Амиров и др.; под ред. Г. А. Навороцкого / ред. совет : Е. И. Семенов и др. - Москва : Машиностроение, 1987. - 381с. : ил. - Библиогр. в конце глав.
2. Холодная объемная штамповка : справочник / под ред. Г. А. Навороцкого и др. - Москва : Машиностроение, 1973. - 495 с. - Библиогр.: с. 481-485.
3. Обработка металлов давлением / Ю. Ф. Шевакин [и др.]. - Москва : Интермет Инжиниринг, 2005. - 492с. : ил. - Библиогр.: с.489-492. - ISBN 5-89594-109-5.
4. Смирнов В.С. Теория обработки металлов давлением : учебник для ст-ов вузов по спец. "Обработка металлов давлением" / В. С. Смирнов. - Москва : Металлургия, 1973. - 496с. : ил. - Библиогр. в конце глав.
5. Громов Н.П Теория обработки металлов давлением : учебник для ст-ов вузов по спец. "Обработка металлов давлением" / Н. П. Громов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Металлургия, 1978. - 360 с.
6. Технология сталепроволочного производства: Учебник для Вузов/ Коковихин Ю.И. – Киев, 1995. - 608с.
7. Малиновский В.А. Стальные канаты. Часть 1: Некоторые вопросы технологии, расчета и проектирования.- Одесса: Астропринт, 2001.- 188 с.
8. Алексеев Ю.Г., Кувалдин Н.А. Металлокорд для автомобильных шин. – М.: Металлургия, 1992. – 193с.
9. Производство металлокорда на Белорусском металлургическом заводе. – М.: Черметинформация, 1990. – 42 с.
10. Райз М.Ш., Анцупова Н.И., Гурьянова Л.П. Совершенствование конструкций и технологии изготовления металлокорда. /Обзорная информация/, М., "Черметинформация", сер. Метизное производство, вып.2, 1986, 28 с.
11. Бирюков Б.А., Феоктистов Ю.В., Игнатъев С.Н. Расчеты параметров свивки металлокорда. – Мн.: Белоргстанкинпромиздат. – 1996. – 128 с.:ил

Бобарикин Юрий Леонидович
Веденеев Александр Владимирович
Шишков Сергей Владимирович

ОСНОВЫ МЕТИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Пособие

по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-42 01 01
«Металлургическое производство
и материалобработка (по направлениям)»,
направления специальности 1-42 01 01-02
«Металлургическое производство
и материалобработка (материалобработка)»,
специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка
материалов давлением»
дневной и заочной форм обучения

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 12.06.19.

Рег. № 71Е.
<http://www.gstu.by>