

**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«БЕЛОРУССКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД –  
УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА  
«БЕЛОРУССКАЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ»**



# **МЕТИЗНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

## **Практическое пособие**

Под общей редакцией генерального директора  
ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» *А. Н. Савенка*

Гомель  
ГГТУ им. П. О. Сухого  
2019

**Метизное производство** : практическое пособие / [А. В. Веденеев и др.] ; под общ. ред. А. Н. Савенка ; ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК». — Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. — 315 с. : ил., табл.

УДК 621.778:658.5(083.132)

ББК 34

**Абонемент уч. лит. — 18 экз.**

**Чит. зал №1 — 2 экз.**

Отражены технологические процессы, агрегаты и оборудование, связанные с производством готовой продукции в сталепроволочных цехах № 1-3 БМЗ. Изложены теоретические аспекты основных процессов травления, волочения, патентирования, свивки и их общее описание. Рассмотрены вопросы качества, приведены причины образования дефектов и методология их профилактики. Особое внимание уделено автоматизации производственных процессов, эксплуатации и ремонту оборудования, организации и планированию производства, взаимодействию системы менеджмента качества и проведению аудитов, научно-техническому сопровождению, разработке перспективных видов новой продукции, а также вопросам охраны труда, промсанитарии и экологии.

Для широкого круга инженерно-технических работников, молодых специалистов, студентов и аспирантов, обучающихся на металлургических специальностях.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕТИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	6
1.1. Исторический обзор .....	6
1.2. Основные тенденции развития производства металлокорда .....	8
ГЛАВА 2. ПРОИЗВОДСТВО ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ ПЕРЕДЕЛЬНОЙ КАТАНКИ .....	12
2.1. Выплавка и разливка высокоуглеродистой стали .....	12
2.2. Прокатка блюмов и заготовки на сортовых станах .....	12
2.2.1. Производство катаной заготовки на стане 850 .....	12
2.2.2. Производство катанки на стане 150 .....	13
2.2.3. Производство катанки на стане 370/150 .....	14
2.2.4. Катанка для производства металлокорда, проволоки РВД и бортовой проволоки .....	15
2.2.5. Правила приемки и контроль качества катанки. Основные дефекты катанки для производства металлокорда, проволоки РВД и бортовой проволоки .....	15
ГЛАВА 3. ТРАВЛЕНИЕ КАТАНКИ .....	21
3.1. Окалина .....	21
3.2. Химическое травление в соляной кислоте .....	21
3.3. Технологические операции подготовки катанки к волочению на установке вибрационного травления .....	22
3.3.1. Механическое удаление окалины (стряхивание окалины вибрацией мотков) .....	23
3.3.2. Химическое травление .....	23
3.3.3. Промывка .....	24
3.3.4. Нанесение подсмазочного покрытия .....	24
3.3.5. Сушка .....	25
3.3.6. Разгрузка катанки .....	25
ГЛАВА 4. ГРУБО-СРЕДНЕЕ ВОЛОЧЕНИЕ ПРОВОЛОКИ .....	26
4.1. Перспективные технологии грубо-среднего волочения .....	26
4.2. Основные характеристики процесса волочения проволоки .....	28
4.2.1. Деформационные показатели .....	28
4.2.2. Деформационный нагрев и старение металла при волочении .....	30
4.3. Назначение волочильной смазки и требования к ней .....	32
4.4. Классификация волочильного оборудования .....	32
4.5. Конструкция и принцип работы станов грубо-среднего волочения .....	36
4.5.1. Размоточное устройство .....	36
4.5.2. Волочильный стан .....	37
4.5.3. Мыльницы и волокодержатели .....	37
4.5.4. Привод волочильных станов .....	38
4.5.5. Принцип работы стана с отклоняющими роликами .....	38
4.5.6. Конструктивные особенности станов среднего волочения .....	39
4.5.7. Вспомогательное оборудование .....	39
4.5.8. Технические характеристики станов грубо-среднего волочения .....	40
4.6. Описание технологических операций .....	40
4.6.1. Заправка волочильного стана .....	40
4.6.2. Настройка прямолинейности проволоки .....	41
4.6.3. Сварка проволоки .....	41
4.6.4. Работа с волочильным инструментом .....	42
4.7. Виды дефектов .....	43
ГЛАВА 5. ПАТЕНТИРОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ПРОВОЛОКИ К ВОЛОЧЕНИЮ .....	45
5.1. Влияние основных факторов на процесс патентирования .....	46



5.1.1. Влияние химического состава .....	46
5.1.2. Влияние температуры и выдержки при нагреве в печи .....	46
5.1.3. Факторы, влияющих на окиснообразование .....	47
5.1.4. Влияние температуры и циркуляции расплава свинца .....	48
5.1.5. Охлаждающие среды .....	49
5.1.6. Влияние диаметра проволоки .....	50
5.2. Описание технологического процесса .....	50
5.2.1. Размотка и намотка агрегата патентирования .....	50
5.2.2. Нагревательная печь агрегата патентирования .....	51
5.2.3. Свинцовая ванна агрегата патентирования .....	56
5.2.4. Химическое травление на агрегате патентирования .....	58
5.2.5. Нанесение буры на поверхность проволоки на агрегате патентирования .....	59
5.3. Виды дефектов, возникающих в процессе патентирования .....	60
ГЛАВА 6. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ НАНЕСЕНИЕ ЛАТУННОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ .....	63
6.1. Гальванические покрытия. Классификация покрытий .....	63
6.2. Термогальванические агрегаты. Устройство, принцип действия .....	63
6.2.1. Устройство промывочных ванн .....	64
6.2.2. Электрохимическое биполярное серноокисное травление .....	66
6.3. Общие сведения о механизме образования электролитических покрытий .....	69
6.4. Получение латунного покрытия на поверхности стальной проволоки .....	72
6.4.1. Электрохимическое меднение .....	72
6.4.2. Электрохимическое цинкование .....	76
6.5. Состав оборудования .....	77
6.6. Расчет токов осаждения .....	78
6.6.1. Пример вычисления токов гальванических ванн .....	80
6.7. Термодиффузионные установки, их устройство и назначение .....	81
6.7.1. Электроконтактный нагрев проволоки .....	82
6.7.2. Индукционный нагрев проволоки .....	85
6.7.3. Нагрев проволоки в печи с кипящим (псевдоожженным) слоем .....	88
6.8. Фосфорное травление .....	90
6.9. Сушка .....	90
ГЛАВА 7. ТОНКОЕ ВОЛОЧЕНИЕ ЛАТУНИРОВАННОЙ ЗАГОТОВКИ .....	91
7.1. Принцип расчета кинематики станов со скольжением и построения маршрутов волочения .....	92
7.2. Изменение характеристик упрочнения при волочении проволоки .....	96
7.3. Технические характеристики, устройство волочильных станов .....	97
7.4. Основные конструктивные элементы станов тонкого волочения .....	98
7.5. Система охлаждения в процессе волочения .....	100
7.6. Технические требования к готовой тонкой проволоке .....	101
7.7. Обрывность проволоки при волочении .....	101
7.8. Влияние качества латунного покрытия .....	105
ГЛАВА 8. СВИВКА МЕТАЛЛОКОРДА .....	107
8.1. Условные обозначения стального корда .....	107
8.2. Конструкция стального корда .....	108
8.3. Основные формулы для расчета характеристик металлокорда .....	110
8.3.1. Характеристики стального корда .....	110
8.3.2. Специальные методы определения характеристик металлокорда .....	113
8.3.3. Определение требований к готовому металлокорду, разработка общей технологической схемы изготовления .....	115
8.3.3.1. Выбор состава основного и вспомогательного оборудования .....	115
8.3.3.2. Расчет геометрических параметров элементов металлокорда и шаговых шестерен .....	116



8.3.3.3. Расчет разрывного усилия металлокорда .....	120
8.3.3.4. Определение технологических параметров свивки .....	120
8.3.3.5. Определение необходимого количества проволоки и прядей .....	121
8.3.3.6. Расчет необходимого количества основного и вспомогательного оборудования .....	122
8.3.3.7. Определение требуемой мощности электродвигателей .....	123
8.3.3.8. Расчет площади технологического участка .....	123
8.4. Характеристики оборудования для изготовления металлокорда .....	123
8.4.1. Основное оборудование .....	124
8.4.2. Схемы канатных машин .....	128
8.4.3. Технические требования к латунированной проволоке, предназначенной для свивки прядей и металлокорда .....	136
8.4.4. Свивка пряди, сердечника, передельного и готового металлокорда .....	137
8.4.5. Проверка параметров и настройка канатных машин .....	142
8.5. Технология изготовления металлокорда .....	146
8.5.1. Особенности технологии изготовления металлокорда методом одинарного кручения .....	146
8.5.2. Особенности изготовления металлокорда методом двойного кручения .....	148
8.5.3. Использование свивочных модулей двойного кручения типа «тандем» .....	153
8.5.4. Разработка компактной машины повышенной кратности кручения .....	155
8.6. Перспективы развития конструкций металлокорда .....	159
ГЛАВА 9. БОРТОВАЯ БРОНЗИРОВАННАЯ ПРОВОЛОКА .....	168
9.1. Требования, предъявляемые к бортовой бронзированной проволоке .....	169
9.2. Описание технологии изготовления бортовой проволоки .....	169
9.2.1. Загрузка и размотка проволоки .....	170
9.2.2. Отпуск в расплаве свинца .....	170
9.2.3. Электрохимическое сернокислотное травление .....	171
9.2.4. Промывка холодной водой .....	171
9.2.5. Нанесение бронзового покрытия .....	171
9.2.6. Промывка бронзированной проволоки .....	172
9.2.7. Сушка горячим воздухом .....	172
9.2.8. Нанесение инден-кумароновой смолы .....	173
9.2.9. Рихтовка и намотка бронзированной проволоки .....	173
ГЛАВА 10. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТАЛЬНОЙ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ .....	174
ГЛАВА 11. ПРОИЗВОДСТВО ПРОВОЛОКИ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ АРМАТУРЫ В МОТКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА УДАЛЕНИЯ ОКАЛИНЫ .....	175
11.1. Процесс изготовления проволоки различного назначения .....	176
11.2. Холоднодеформированная арматура периодического профиля для железобетонных конструкций .....	177
11.2.1. Арматура двухстороннего профиля .....	177
11.2.2. Арматура трехстороннего периодического серповидного профиля .....	178
11.2.3. Арматура круглого профиля класса B500A+G .....	182
11.2.4. Виды дефектов, причины возникновения и способы исправления .....	183
11.3. Процесс изготовления стальной проволочной фибры .....	184
11.3.1. Дефекты стальной проволочной фибры .....	185
ГЛАВА 12. КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССОВ И ПРОДУКЦИИ .....	187
12.1. Система контроля качества .....	187
12.2. Контроль качества металлокорда .....	189
12.2.1. При изготовлении на рабочих местах .....	189
12.2.2. При формировании партий на участке инспекции .....	190
12.2.3. Методика определения дуги прогиба и отклонения от прямолинейности металлокорда МВИ 840-ТУ-615-2012 .....	191



12.2.4. Методика определения остаточных кручений металлокорда .....	199
12.2.5. Методика проверки стабильности намотки оплеточной проволоки .....	201
12.2.6. Методика определения инверсии проволок в металлокорде .....	202
12.2.7. Методика определения плотности свивки .....	203
12.3. Лабораторные испытания передельной и готовой продукции .....	203
12.3.1. Лабораторный контроль технологического процесса .....	203
ГЛАВА 13. ДЕФЕКТЫ ПЕРЕДЕЛЬНОЙ И ГОТОВОЙ ПРОВОЛОКИ И МЕТАЛЛОКОРДА. ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ .....	209
13.1. Контроль дефектов передельной заготовки и готовой продукции метизного производства .....	209
ГЛАВА 14. УПАКОВКА И ОТГРУЗКА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ .....	226
14.1. Основные термины и определения .....	226
14.2. Упаковка металлокорда и проволоки РМЛ .....	227
14.3. Упаковка бортовой бронзированной проволоки на металлических катушках, отгружаемых на металлических поддонах, в транспортных контейнерах .....	228
14.4. Упаковка бортовой проволоки в бухтах на автоматизированной линии .....	229
14.5. Упаковка проволоки пружинной, общего назначения, гвоздевой проволоки, проволоки для сеток, сварочной для электродов, проволоки арматурной .....	229
14.6. Хранение упакованной продукции .....	230
14.7. Отгрузка готовой продукции .....	230
14.8. Гарантии изготовителя .....	230
ГЛАВА 15. ВОЛОЧИЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ .....	231
15.1. Волоки-заготовки .....	232
15.2. Сборные волокна .....	235
15.3. Закрепление волок в металлические оправы .....	236
15.4. Обработка канала волочильного инструмента .....	236
15.5. Контроль качества волок .....	238
15.6. Причины износа и разрушения волок после волочения .....	238
ГЛАВА 16. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТАРЫ .....	240
16.1. Основные термины и определения .....	240
16.2. Изготовление тары .....	240
16.2.1. Изготовление тары из картона .....	240
16.2.2. Изготовление полиэтиленовых мешков-вкладышей .....	242
ГЛАВА 17. ВОДОПОДГОТОВКА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДАМИ .....	243
17.1. Водоподготовка .....	243
17.1.1. Очистка сточных вод на установках участка водоподготовки .....	243
17.1.2. Предварительная очистка нейтрализованных сточных вод .....	243
17.1.3. Обессоливание воды методом обратного осмоса .....	244
17.1.4. Переработка солевого концентрата методом 3-каскадного выпаривания .....	246
17.1.5. Подготовка и подача подпиточной и охлаждающей воды на участки цеха .....	248
17.1.5.1. Подготовка подпиточной воды качества «В» .....	248
17.1.5.2. Подготовка охлаждающей воды на открытых контурах охлаждения .....	249
17.1.6. Обессоливание воды на ионообменной установке .....	249
17.1.7. Обессоливание воды на установке деминерализации .....	251
17.2. Жидкие смазки (эмульсии) .....	252
17.2.1. Приготовление эмульсии .....	252
17.2.2. Характеристики эмульсии и их значение .....	252
17.2.3. Использование эмульсии на БМЗ .....	254
17.3. Нейтрализация сточных вод .....	254
17.3.1. Состав оборудования и производительность .....	254
17.3.2. Краткое описание работы установки нейтрализации .....	255



17.4. Регенерация отработанного травильного раствора соляной кислоты .....	255
17.5. Регенерация серной кислоты.....	257
17.5.1. Сбор отработанного раствора кислоты и подача его на регенерацию.....	258
17.5.2. Электролиз .....	258
17.5.3. Кристаллизация .....	259
17.5.4. Центрифугирование .....	260
17.5.5. Отделение железного купороса.....	261
17.5.6. Промывка кристаллизатора .....	261
17.5.7. Подача регенерата в производство.....	262
ГЛАВА 18. ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ .....	263
18.1. Содержание и организация технического обслуживания оборудования.....	263
18.2. Планирование ремонтов оборудования.....	265
18.3. Организация и проведение текущих ремонтов оборудования .....	266
18.4. Организация и проведение капитальных ремонтов оборудования .....	267
ГЛАВА 19. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, АУДИТЫ, СЕРТИФИКАЦИЯ .....	269
19.1. Система менеджмента качества.....	269
19.2. Сертификация системы менеджмента качества, продукции.....	270
19.3. Управление качеством .....	271
19.4. Аудиты .....	273
19.5. Конкурсы в области качества.....	278
ГЛАВА 20. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ТЕХПРОЦЕССОВ .....	279
20.1. Виды научно-исследовательских работ и их основные этапы .....	279
20.2. Информационное обеспечение прикладных научно-исследовательских работ.....	279
20.3. Научно-техническое сопровождение техпроцессов .....	280
20.4. Проектирование, разработка и внедрение новых перспективных видов продукции .....	282
ГЛАВА 21. ЭКОНОМИКА И ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА .....	286
21.1. Планирование производства .....	286
21.1.1. Расчет необходимого количества оборудования.....	286
21.2. Методика расчета технологической схемы производства, трудоемкости изготовления и загрузки оборудования.....	287
21.2.1. Расчет технологической схемы изготовления металлокорда (проволоки) в сталепроволочных цехах .....	287
21.2.2. Расчет трудоемкости изготовления.....	290
21.3. Анализ планируемых и фактических затрат при производстве продукции .....	292
21.3.1. Планирование себестоимости продукции.....	292
21.3.2. Расчет фактической себестоимости продукции .....	298
ГЛАВА 22. ОХРАНА ТРУДА, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ, ЭКОЛОГИЯ .....	300
22.1. Охрана труда.....	300
22.2. Промышленная санитария и культура производства .....	303
22.3. Охрана окружающей среды .....	303
22.3.1. Охрана воздушного бассейна .....	304
22.3.2. Охрана водного бассейна .....	305
22.3.3. Порядок обращения с отходами производства .....	306
Литература .....	308