

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(национальный исследовательский университет)
Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»
Кафедра «Процессы и машины обработки металлов давлением»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

А.А. Кривошеев

_____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Л.В. Радионова

_____ 2018 г.

Совершенствование способа и оборудования для нанесения
дезоксирующего продукта на внутреннюю поверхность гильзы на
стане FQM ТПА 168-365 ПАО «СТЗ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-22.04.02.2018.190-00.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы (должность)
доцент кафедры ПиМОМД
Л.В. Радионова

_____ 2018 г.

Автор работы
студент группы
Д.К. Соколов

_____ 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Соколов Д.К. Совершенствование способа и оборудования для нанесения дезоксидирующего продукта на внутреннюю поверхность гильзы на стане FQM ТПА 168-365 ПАО «СТЗ». – Челябинск: ЮУрГУ, МиМТ - 244; 2018, 57 с., 44 ил., 13 табл., библиографический список – 15 наим.

В данной выпускной квалификационной работе произведено совершенствование способа и оборудования для нанесения дезоксидирующего продукта на внутреннюю поверхность гильзы. Разработана новая конструкция узла подачи смазочно-дезоксирующего продукта. Предложены новые параметры нанесения смазочно-дезоксирующего продукта.

Разработанная конструкция узла подачи смазочно-дезоксирующего продукта прошла успешные промышленные испытания. В результате испытаний получены трубы с хорошим качеством внутренней поверхности по всей их длине.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ СМАЗОЧНО-ДЕЗОКСИДИРУЮЩЕГО ПРОДУКТА.....	8
1.1 Обзор оборудования для нанесения смазочно-дезоксилирующего продукта в линии стана.....	8
1.2 Анализ оборудования для нанесения смазочно-дезоксилирующего продукта на внутреннюю поверхность гильзы в линии стана FQM ТПА 168-365 ПАО СТЗ.....	12
1.3 Описание устройства дозирования.....	15
1.4 Смазочно-дезоксилирующий продукт.....	16
1.5 Параметры нанесения смазочно-дезоксилирующего продукта на внутреннюю поверхность гильзы в линии стана FQM ТПА 168-365 ПАО СТЗ.....	16
1.6 Оценка работоспособности действующего узла подачи смазочно-дезоксилирующего продукта на внутреннюю поверхность гильзы в линии стана FQM ТПА 168-365 ПАО СТЗ.....	20
2. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ СМАЗОЧНО-ДЕЗОКСИДИРУЮЩЕГО ПРОДУКТА НА ВНУТРЕННЮЮ ПОВЕРХНОСТЬ ГИЛЬЗЫ.....	25
2.1 Создание трехмерной модели в программном обеспечении «КОМПАС-3D».....	25
2.2 Создание модели в программном обеспечении SolidWorks Flow Simulation.....	26
2.3 Результаты моделирования.....	28
2.4 Анализ результатов.....	33
3. РАЗРАБОТКА УЗЛА ПОДАЧИ СМАЗОЧНО-ДЕЗОКСИДИРУЮЩЕГО ПРОДУКТА.....	35
3.1 Предложение по модернизации узла подачи смазочно-дезоксилирующего продукта.....	35
3.2 Описание разработанной установки нанесения смазочно-дезоксилирующего продукта на внутреннюю поверхность гильзы.....	40

4. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ СМАЗОЧНО-ДЕЗОКСИДИРУЮЩЕГО ПРОДУКТА НА ВНУТРЕННЮЮ ПОВЕРХНОСТЬ ГИЛЬЗЫ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО УЗЛА.....	43
4.1 Создание трехмерной модели в программном обеспечении «КОМПАС-3D».....	43
4.2 Создание модели в программном обеспечении SolidWorks Flow Simulation..	44
4.3 Результаты моделирования.....	45
4.4 Анализ результатов моделирования.....	48
5. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ РАЗРАБОТАННОГО УЗЛА ПОДАЧИ СМАЗОЧНО-ДЕЗОКСИДИРУЮЩЕГО ПРОДУКТА НА ВНУТРЕННЮЮ ПОВЕРХНОСТЬ ГИЛЬЗЫ.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	56

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития трубного производства характеризуется большим разнообразием применяемых технологий и способов для производства бесшовных труб, каждому из которых присущи свои особенности, достоинства и недостатки. Независимо от способа производства горячедеформированных труб технологическая схема включает следующие общие элементы: нагрев металла, получение полой заготовки (гильзы), получение черновой трубы (раскатка гильзы), окончательное формирование стенки диаметра трубы. При этом перед каждой технологической операцией при необходимости может осуществляться подогрев трубы.

Способ прошивки заготовки в гильзу, применяющийся на том или ином трубопрокатном агрегате, определяет форму и размеры используемой непрерывнолитой заготовки.

В практике трубного производства применяют следующие способы получения полых заготовок гильз: прошивкой сплошных круглых заготовок на двухвалковых станах винтовой прокатки с различным типом валков и направляющего инструмента; прошивкой сплошных круглых заготовок на трехвалковых станах; прошивкой сплошных заготовок на прессах; прошивкой сплошных квадратных заготовок на пресс-валковых станах.

Во время горячей прошивки заготовки происходит окисление внутренней поверхности формирующейся гильзы. Особенно интенсивно образование окалина происходит в первые 10...20 секунд. Образованная окалина снижает стойкость оправок раскатного стана, качество внутренней поверхности готовых труб, затрудняет процесс дробеструйной обработки перед нанесением защитного покрытия.

Попадание остатков не удалённой окалина в очаг деформации служит причиной образования дефектов в виде продиров, закатов окалина, отпечатков на внутренней поверхности труб. Впоследствии, поверхности образованных дефектов заполняются трудноудаляемой окалиной, металлическими частичками по

химическому составу, соответствующему марке прокатываемого металла и различными включениями.

Технология производства бесшовных горячекатаных труб на сегодняшний день для борьбы с окалиной предусматривает использование современных смазочно-дезоксирующих продуктов (СДП), обладающих эффектом растворения окалины и сохранения её в виде вязкой расплавленной фазы, которая обеспечивает смазывающий эффект, а также оборудования для их нанесения.

1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ СМАЗОЧНО-ДЕЗОКСИДИРУЮЩЕГО ПРОДУКТА

1.1 Обзор оборудования для нанесения смазочно-дезоксилирующего продукта в линии стана

Для механизированной подачи смазочных материалов на внутреннюю поверхность гильзы в настоящее время в основном используют 2 способа:

- инерционный;
- распыление.

Для каждого из этих способов разработано соответствующее оборудование.

Инерционный способ использовался на трубопрокатных агрегатах. В качестве смазки используется поваренная соль. Подача соли производится при помощи специального механизма, который работает следующим образом.

Рычаг-дозатор поворачивается через центральное отверстие в полость бункера со смазкой. Это исходное положение работы механизма. При вращении бункера с лопатками смазка, находящаяся в нём, нагребается в рычаг-дозатор. Затем он с порцией смазки поворачивается и встаёт на ось прокатки навстречу движения гильзе. Это рабочее положение механизма. Гильза, перемещаясь по рольгангу в сторону рабочих валков стана продольной прокатки, ударяет передним концом по рычагу-дозатору. При этом порция смазки, находившаяся в рычагедозаторе, благодаря инерции покоя, подхватывается движущейся гильзой. Рычаг-дозатор сначала от удара, а затем штоком пневмоцилиндра возвращается в исходное положение. После этого процесс повторяется.

Данный способ и оборудование для подачи технологической смазки не обеспечивают:

- гарантированного переноса всей порции смазки на внутреннюю поверхность гильзы;
- равномерного распределения смазки по внутренней поверхности гильзы, смазка концентрируется в основном на переднем конце гильзы в виде горки, что значительно увеличивает время её полного расплавления, а это значительно

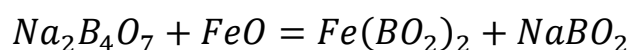
ухудшает условия прокатки и ведет к снижению качества внутренней поверхности готовых труб и стойкости оправок.

- просыпание смазки с рычага дозатора при переносе, ориентировочно 5-10%, что увеличивает расходы;

Наиболее прогрессивный способ подачи технологической смазки на внутреннюю поверхность гильзы – распылением. При использовании данного способа, теоретически, распыление смазки можно производить либо непосредственно в гильзе, используя штангу-трубопровод с распылительной головкой на конце, либо с торцевой стороны гильзы. На практике было выявлено следующее. При распылении внутри гильзы штанга-трубопровод с распылительной головкой подвергались интенсивному нагреву. При этом во время вдувания смазка размягчалась, прилипая к стенкам трубопровода и к поверхности сопловых отверстий, что вызывало сбои в работе системы подачи воздуха при распылении смазки и таким образом ухудшало условия её подачи. В результате опробования таких систем их работа была признана неудовлетворительной.

При распылении смазки с торцевой стороны гильзы, недостатки подачи смазки через штангу-трубопровод, расположенную внутри гильзы, устраняются.

Вдувание смазки с торцевой стороны в настоящее время используется на АО «ВТЗ», где обработку внутренней поверхности гильз перед непрерывным станом, начиная с мая 2004 г. производят вдуванием раскислителя с помощью азота. Вдувание раскислителя производится форсункой фирмы (Италия). В состав раскислителя входят: бура, мыло, сульфат натрия. Обработка производится с целью преобразования окалины в более мягкий продукт. При этом идёт химическая реакция:



Мыло горит и «разрыхляет» смесь окалины и раскислителя. Сульфат натрия ускоряет реакцию. После продувки азотом остатки окалины и продуктов реакции удаляются из гильзы азотом.

Установка для нанесения СДП на внутреннюю поверхность гильзы на ПАО «ТАГМЕТ» в цехе ТПЦ-1, применяемая в 2006-2008 гг, состоит из корпуса с подвижной пневмокамерой, объёмного дозатора, кронштейна с элементами

системы управления, роликовой направляющей и ограничителя хода гильзы. Корпус устанавливается на кронштейн и опирается на роликовую направляющую, закрепленную на пластине. В корпусе, в специальной втулке помещается подвижная пневмокамера, на переднем конце которой крепится форсунка. К заднему концу пневмокамеры через ниппель подводится сжатый воздух от пневмораспределителей.

Корпус, втулка и пневмокамера имеют отверстия для подачи сухого порошка из бункера через дозатор в пневмокамеру. Перемещение пневмокамеры во втулке корпуса осуществляется пневмоцилиндром, закрепленным на кронштейне.

Объемный дозатор установлен над корпусом и сообщается с бункером. Дозатор состоит из пластины, установленной в направляющих с основанием и мерной втулки. К основанию крепится пневмоцилиндр перемещения пластины. На кронштейне размещены элементы управления и пневмоцилиндр перемещения установки. Плита кронштейна с направляющими втулками, пластина для роликового упора привариваются к раме. Здесь же расположен ограничитель хода гильзы, представляющий собой плиту с пазом для перемещения в нём форсунки к торцу гильзы.

Установка работает следующим образом. Перед началом работы в бункер засыпается порошковая масса СДП или раскислителя, приготовленная на основе буры. В момент начала работы прошивного стана даётся команда на дозирование порошка из бункера через объемный дозатор в пневмокамеру. При этом требуемое количество порошка определяется мерной втулкой, которая затем перемещается пневмоцилиндром до её совмещения с окном в пневмокамере. После попадания порошка в пневмокамеру установка готова к работе.

Далее, оператор с пульта управления станом в момент подвода гильзы к ограничителю даёт команду на подвод пневмокамеры с форсункой к ограничителю с другой стороны и возврат в исходное положение пластины с мерной втулкой, а также включение подачи сжатого воздуха в пневмокамеру. Порошковая масса, находящаяся в пневмокамере, подхватывается потоком сжатого газа и через форсунку вдувается в гильзу по центральному цилиндрическому сопловому отверстию. При этом внутри пневмокамеры создаётся разрежение и эжекционный

эффект, что значительно усиливает вдувную способность форсунки. Одновременно происходит истечение сжатого воздуха через её сопловые каналы, расположенные вокруг центрального отверстия, оси которых направлены под углом к продольной оси гильзы, что обеспечивает спиралеобразное завихряющее перемещение порошка в полости гильзы и его равномерное распределение по её внутренней поверхности.

По истечении времени вдувания порошка прекращается подача газа в пневмокамеру и периферийные сопловые каналы форсунки. Пневмокамера отводится в исходное положение, а из мерной втулки в неё поступает новая порция порошка. В это время гильза с поворотного стола поступает на один из рольгангов, транспортирующих её к пылеуловителю. Далее процесс вдувания повторяется.

Анализ зарубежных способов и установок для вдувания смазочно-дезоксирующих продуктов показывает, что наиболее надежным в эксплуатации является оборудование фирмы «Vemers» (Германия), которое стабильно обеспечивает равномерное нанесение порошкообразной массы по всей внутренней поверхности гильзы.

В зависимости от размеров гильзы и желаемого количества, наносимого на квадратный метр поверхности продукта производится расчет его массы. При этом для вдувания 100 грамм необходима 1,0 секунда.

При запуске установки в работу посредством автоматического сигнала транспортной системы, либо вручную на шкафу управления, к гильзе подводится вдувное сопло. При истечении регулируемого времени задержки, соответствующего времени подвода сопла, запускается процесс выдувания окалины. Затем следует процесс вдувания порошка в соответствии с предварительно заданным временем. О протекании всего процесса информируют сигнальные лампочки, расположенные на шкафу управления.

По окончании процесса вдувания автоматически вновь запускается процесс дозировки (заполнение смесительной камеры). В это время запуск процесса вдувания невозможен. Сначала открывается запирающий клапан дозирующего шнека (пневматический цилиндр с запирающим стержнем). Положение этого запирающего цилиндра контролируется через концевой выключатель для

предотвращения его запуска при закрытом шнековом питателе или запуска процесса вдувания при открытом шнеке. Порошок подаётся шнеком в смесительную камеру в соответствии с заданным количеством. После процесса дозировки дозировочный клапан снова закрывает шнек.

1.2 Анализ оборудования для нанесения смазочно-дезоксирующего продукта на внутреннюю поверхность гильзы

Оборудование для подачи и нанесения дезоксирующего продукта на внутреннюю поверхность гильзы установлено в линии стана по производству бесшовных труб. Данное оборудование представляет собой систему, направленную на преобразование окалина дезоксирующим продуктом за счёт его подачи и последующей химической реакцией на внутренней поверхности гильзы перед прокаткой. Целью данной системы является предотвращение окисления внутренней поверхности гильзы на выходе из прошивного стана. С этой целью в гильзу вдувается дезоксирующий порошок. При этом происходит преобразование имеющихся внутри гильзы окислов железа и предотвращение образования вторичных окислов.

Система состоит из станции подготовки СДП и станции впрыска, на которой осуществляется вдувание порошкового дезоксирующего продукта в гильзу.

Во время вдувания, гильза находится на приводных роликах, вращающихся с одинаковой скоростью. За счёт этого поддерживается равномерное вращение гильзы.

Технология дезоксидации полой заготовки включает:

- выдувание окалина и остатков воды из прошитой заготовки;
- впрыскивание дезоксирующего порошка;
- распределение порошка по винтовой линии внутренней поверхности.

Вдувание дезоксирующего порошка происходит по спирали. Для этого специальная насадка имеет шесть сопловых отверстий диаметром 10 мм, равномерно расположенных вокруг центрального канала, предназначенного для подачи СДП вдоль образующей гильзы. Оси этих отверстий наклонены к

продольной оси гильзы. При подаче через них азота создается вихревой эффект. Таким образом, в обрабатываемой гильзе дезоксидирующий порошок перемещается по винтовой линии от переднего конца к заднему концу. При этом в зависимости от геометрических размеров гильзы автоматически, по программе регулируется объём порции, время подачи и давление распыляемого порошка.

Установка обеспечена следующим основным оборудованием:

- мешкоподъемником;
- транспортным поддоном для позиционирования мешка под подъемником;
- станцией загрузки;
- пневматическим транспортным устройством;
- резервуаром, оборудованным системой вентиляции и устройством дозирования с регулируемой скоростью;
- пусковой установкой со смесительной камерой;
- устройством для контроля азота и форсункой для распыления СДП в виде порошка с пластинами для регулирования форсунки по высоте.

1.3 Описание устройства дозирования

Для обработки внутренней поверхности труб смазочно-дезоксирующим материалом используется оборудование в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1, состоящее из:

- устройства для загрузки биг-бэгов вместимостью до 1000 кг дезоксиданта поз. 1;
- резервуара для дезоксиданта поз.2 и дозатора поз.3. Внутри резервуара помещается вал с ребрами поз. 4 для перемешивания и предотвращения сводообразования и зависания дезоксиданта при дозировании;
- камеры для обработки внутренней поверхности трубы поз.5;
- устройства для вдувания смазочно-дезоксирующего продукта с сопловой насадкой поз. 6;
- информационно-управляющей системы поз.7;

- пневматического оборудования с панелью управления, клапанами, блоком техобслуживания, приборами и трубопроводами;
- электрического оборудования.

Резервуар для дезоксиданта, дозатор, устройство для вдувания порошка с сопловой насадкой и устройство для загрузки биг-бэгов располагаются на расстоянии 10 м от оси непрерывного стана со стороны фасада.

Внутреннюю поверхность труб смазочно-дезоксилирующим материалом в линии стана обрабатывают путем подачи воздушно-порошковой смеси, состоящей из плавкого дезоксилирующего продукта (СДП) и транспортного газового агента (сжатый газ), в камеру. Для предотвращения образования окалины смесь дезоксилирующего продукта и транспортного агента подают на внутреннюю поверхность гильзы под избыточным давлением осушенным воздухом. При обработке внутренней поверхности осуществляют завихрение смеси дезоксилирующего продукта и транспортного агента.

В оборудовании для обработки внутренней поверхности труб смазочно-дезоксилирующим материалом все трубопроводы и системы, соприкасающиеся с дезоксидантом, выполнены из коррозионностойкой стали. Воздуховодные трубы изготовлены из качественной стали, водопроводные коммуникации – из оцинкованной стали.

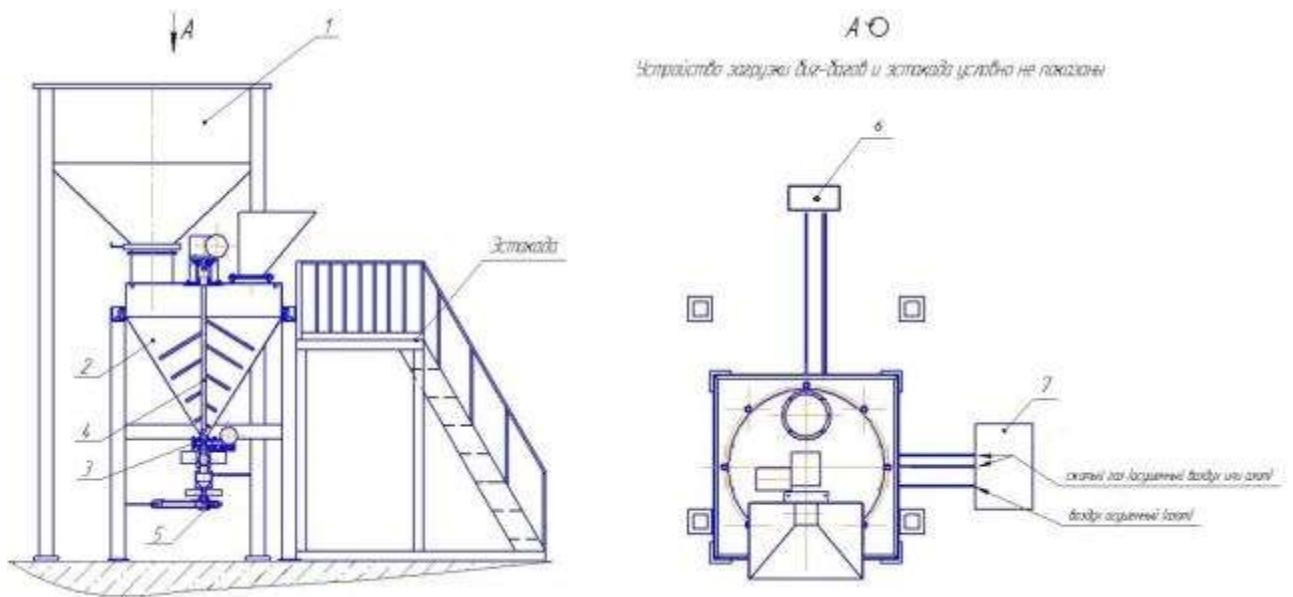


Рисунок 1 – Оборудование для дозирования смазочно-дезоксирующего продукта

1.4 Смазочно-дезоксирующий продукт

В качестве СДП используется порошки, состоящие из механической смеси боратов, фосфатов, жиров и углеграфитовых добавок, при нагреве которого в интервале температур 700-1000°C происходят процессы поочередного расплавления неорганических составляющих и стабилизация расплава данного продукта. Расплавленная смесь обладает эффектом растворения окалины и ее сохранения в виде вязкой расплавленной фазы во время проката.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для совершенствования процесса и оборудования для нанесения смазочно-дезоксирующего продукта на внутреннюю поверхность гильзы произведен анализ устройств, применяющиеся для подачи смазочно-дезоксирующего продукта (СДП). Наиболее перспективным являются устройства нанесения со способом подачи технологической смазки на внутреннюю поверхность гильзы распылением.

Получены данные об устройстве дозирования и смазочно-дезоксирующем материале, применяемом заводом на данный момент. Кроме того, на основании полученной информации проведено компьютерное моделирование процесса нанесения СДП на внутреннюю поверхность гильзы в программном комплексе Solid Works Flow Simulation.

По результатам проведенного анализа сделаны следующие выводы:

- неравномерное распределение, наличие локальных скоплений (образований) СДП на внутренней поверхности гильзы;
- повышенный расход СДП;
- дефекты на внутренней поверхности труб в виде «вдавов»;
- не полная обработка переднего конца гильзы СДП.
- часть СДП летит по центру, не принимая участия в дезоксидации гильзы;
- при такой конструкции узла подачи невозможно достичь равномерного нанесения СДП.

В качестве решения поставленной проблемы разработана новая конструкция узла подачи СДП и предложены новые настройки параметров вдувания СДП. Нанесение СДП с применением разработанной конструкции первоначально промоделировано в программном комплексе Solid Works Flow Simulation. На основании хороших результатов компьютерного моделирования, разработана техническая документация.

В процессе проведения «горячих» испытаний модернизированного узла подачи СДП, для оценки качества его нанесения, изъята из технологического потока гильза, после обработки её внутренней поверхности. Визуальный осмотр

внутренней поверхности гильзы показал, что СДП по площади переднего и заднего концов распределен равномерно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Осадчий, В.Я. Технология и оборудование трубного производства: Учебник для вузов [Текст] / В.Я. Осадчий, А.С. Вавилин, В.Г. Зимовец, А.П. Коликов – М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. – 608 с.
2. Алямовский, А.А. SolidWorks. COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов [Текст] / А.А. Алямовский. - М.: ДМК Пресс, 2004. – 432с.
3. Тику, Ш. Эффективная работа: SolidWorks 2004 [Текст] / Ш. Тику - СПб.: Питер, 2005. – 768 с.
4. Прохоренко, В.П. SolidWorks. Практическое руководство [Текст] / В.П. Прохоренко – М.: ООО «Бином-Пресс», 2004 г. – 448 с.
5. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст] / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев – СПб.: БХВ-Петербург, 2008 – 1039с.
6. Пат. 2296636 Российская федерация, МПК В 21 В 17/04, Способ продольной прокатки труб [Текст] / Кузнецов В.И., Пышминцев И.Ю., Пумпянский Д.А., и др.; заявитель и патентообладатель ОАО РосНИТИ – заявл. 03.08.2005; опубл. 10.04.2007,
7. Пат. 2505365 Российская федерация, МПК В 21 В 17/04, Способ изготовления горячекатанных бесшовных труб [Текст] / Кузнецов В.И., Пышминцев И.Ю., Клачков А.А., и др.; заявитель и патентообладатель ОАО РосНИТИ, ПАО ТАГМЕТ – заявл. 10.08.2012; опубл. 27.01.2014,
8. Пат. 2536820 Российская федерация, МПК С 10 М 169/04, С 10 М 103/06, С 10 М 125/24, С 10 М 125/26, С 10 М 125/18, С 10 N 40/24, Продукт для горячей обработки металлов давлением [Текст] / Кузнецов В.И., Самкова Н.П., Пышминцев И.Ю., и др.; заявитель и патентообладатель ОАО РосНИТИ – заявл. 10.09.2013; опубл. 29.10.2014
9. Пат. 2587610 Российская федерация, МПК В 21 В 17/04, Способ изготовления горячекатанных бесшовных труб [Текст] / Лившиц Д.А., Мульчин В.В., Зинченко А.В., Кузнецов В.И., Пышминцев И.Ю., Кривошеев А.А., и др.;

заявитель и патентообладатель ОАО РосНИТИ, ПАО ТАГМЕТ – заявл. 08.10.2014; опубл. 25.05.2016

10. Пат. 2458111 Российская федерация, МПК С 10 М 169/04, Смазка для горячей обработки металлов давлением [Текст] / Богатов А.А., Михайлова Л.П.; заявитель и патентообладатель Богатов А.А., Михайлова Л.П. – заявл. 10.09.2013; опубл. 10.05.2007

11. Пат. 2375133 Российская федерация, МПК В 21 В 45/02, Устройство подачи порошковой смазки на внутреннюю поверхность гильзы [Текст] / Минтаханов М.А., Тартаковский Б.И., Милованова М.Ф., Картамышев А.Н., Бедняков В.В.; заявитель и патентообладатель ОАО "Электростальский завод тяжелого машиностроения" (RU) – заявл. 23.06.2008; опубл. 10.12.2009

12. Пат. 23334573 Российская федерация, МПК В 21 В 45/02, Устройство для нанесения смазки на внутреннюю поверхность гильзы [Текст] / Милованова М.Ф., Тартаковский Б.И., Майоров В.В., Картамышев А.Н., Иванова Н.И., Шевцова Е.Н.; заявитель и патентообладатель ОАО "Электростальский завод тяжелого машиностроения" (RU) – заявл. 16.01.2007; опубл. 27.09.2008

13. Официальный сайт компании «Bemers» [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://www.bemers.de>

14. Официальный сайт компании «SICHIM ALFA» [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://www.sichimalfa.com>

15. Официальный сайт компании [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL: <https://www.nol-tec.com>