

УДК 621.923.01

С.А. Шиляев, д-р техн. наук,

В.Б. Федоров, канд. техн. наук

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
ул. Студенческая, д.7, г. Ижевск, Россия, 426069*

shiljaev@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ И УСТРОЙСТВО РОТАЦИОННОГО ЛЕНТОЧНОГО ОХВАТЫВАЮЩЕГО ШЛИФОВАНИЯ БУНТОВОЙ ПРОВОЛОКИ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Рассматриваются особенности технологии обработки бунтовой проволоки малого диаметра методом ротационного ленточного охватывающего шлифования.

Ключевые слова: *Машиностроение, шлифование, ленточное шлифование, проволока, качество, производительность*

Введение. В настоящее время отечественная промышленность выпускает более 90 тыс. типоразмеров метизной продукции: стальной проволоки, ленты, калиброванной стали, стальных канатов, металлических сеток, электродов, крепежных изделий, заводных пружин и пр., которые находят самое широкое применение в различных отраслях промышленности, особенно в машиностроении. Проволока является широко распространенным материалом для изготовления пружин, армирования композиционных материалов, изготовления торсионов транспортных средств автомобильной и авиационной промышленности, применяется в производстве медицинского инструмента (иглы, эндоскопы) и др. Необходимая конструкционная прочность готового изделия зависит от формы, размеров и технологии изготовления, как проволоки, так и самого изделия.

Наиболее широко применяемыми методами для устранения поверхностных дефектов проволоки является лезвийная и абразивная обработка. Для обработки бунтовой проволоки с применением процессов волочения, обточки, шлифования или полирования применяются станки отечественного производства моделей 3180 и СЛ-501, а также оборудование изготавливаемое фирмами «Кизерлинг», «Шумаг», «Хетран» и др. Имеющееся технологическое оборудование в основном ориентировано на обработку прутков и проволоки диаметром от 6 до 50 мм. При обработке заготовок меньшего диаметра все преимущества, характерные для указанных процессов исчезают, что обуславливается недостаточной жесткостью заготовки, малой площадью контакта инструмента и заготовки, и как следствие, высокой теплонапряженностью процесса, приводящей к образованию прижогов и изменению физико-механических характеристик обрабатываемого материала.

У бунтовой проволоки, обработанной по известным технологиям, имеются следующие недостатки:

- короткие и протяженные, неоднородные по глубине и ширине поверхностные дефекты типа трещин, закатов, заусенцев и т. п.;
- шлифовочные прижоги, трещины, оплавления на поверхности и обезуглероживание поверхностного слоя;
- высокая шероховатость поверхности;
- высокая сложность конструкции технологического оборудования и высокая сложность управления и контроля за процессом обработки;
- низкая стойкость инструмента;
- низкая жесткость прутка в зоне резания;
- низкая производительность процесса обработки.

Целью статьи является исследование процесса и технологии обработки бунтовой проволоки, используемой для изготовления высокоответственных изделий, обладающих высокими нагрузочными характеристиками, надежностью и долговечностью, методом ротационного ленточного шлифования с последующей модернизацией существующего технологического оборудования.

Основное содержание работы. Особенностью обработки цилиндрических поверхностей малого диаметра является малая площадь контакта инструмента и заготовки. Это приводит к повышению силовых воздействий, повышению шероховатости обрабатываемой поверхности и уменьшению стойкости инструмента. Кроме того при обработке проволоки малого диаметра увеличиваются погрешности, возникающие в продольном направлении вследствие деформации элементов технологической системы, что способствует неплотному прилеганию инструмента к заготовке, и, как следствие, это приводит к неравномерному съему материала, нестабильности тепловых и динамических явлений в зоне резания и снижению стойкости инструмента.

Для получения высокого качества поверхности бунтовой проволоки необходимо применять

технологическое оборудование, позволяющее выполнять обработку с увеличенной площадью контакта инструмента и заготовки, при этом для обеспечения равномерного съема металла при шлифовании и повышения качества поверхности необходимо, чтобы проволока в процессе нагружения от сил резания имела минимальный прогиб в продольном направлении.

Для обработки бунтовой проволоки диаметром от 1,5 мм до 6 мм разработана технология и оборудование ротационного ленточного охватывающего шлифования методом из бунта в бунт, обеспечивающие повышение качественных характеристик поверхностного слоя проволоки.

В основе ротационного ленточного охватывающего шлифования принята схема (рисунок 1), в которой абразивная лента располагается на трех роликах – приводном, натяжном и ведомом, и получает главное движение со скоростью резания. При вращении планшайбы абразивная лента огибает проволоку, обеспечивая круговую подачу для осуществления процесса резания. Для обработки проволоки по длине необходимо задать продольную подачу от привода подач.

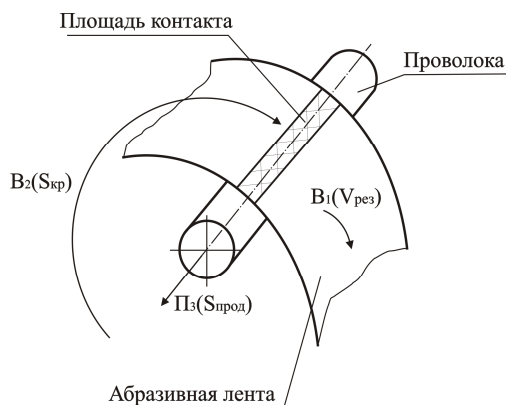


Рисунок 1 – Схема резания при обработке бунтовой проволоки ленточным шлифованием: $V_1 (V_{рез})$ – вращательное движение – скорость резания; $V_2 (S_{кр})$ – вращательное движение – круговая подача ленты с планшайбой; $V_3 (S_{прод})$ – прямолинейное движение – продольная подача проволоки

Значимым препятствием, сдерживающим применение лент при шлифовании, является их неустойчивость в поперечном направлении (сбег с роликов или осцилляция ленты по роликам). При обработке бунтовой проволоки от действующих сил резания возникает сила, направленная вдоль оси проволоки. В результате лента смещается в ту же сторону, что движется проволока. При разработке и реализации устройства необходимо обеспечить устойчивость ленты на опорных поверхностях роликов лентопотяжного механизма, путем подбора профиля опорных роликов и углов наклона осей роликов.

Известно, что чем больше абразивных зерен, одновременно участвует в резании, тем меньше толщина слоя, срезаемого одним зерном. От толщины среза зависят многие факторы шлифования, в частности, длина дуги контакта, время этого контакта, силовая нагрузка на зерно и энергия, затрачиваемая на удаление металла, а также температура, возникающая в зоне контакта зерна с деталью. Все это в значительной мере сказывается на стойкости абразивного инструмента, его производительности и качестве обработанной поверхности. Увеличить количество режущих абразивных зерен при ленточном шлифовании можно путем увеличения ширины шлифования или путем увеличения длины дуги контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью.

На основании схемы резания при обработке бунтовой проволоки ленточным шлифованием (рисунок 1) спроектированы устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования, использующие одну (Свидетельство №11503 – Устройство для ленточного шлифования) (рисунок 2, а) и две абразивные ленты (Патент №2228831 – Ленточно-шлифовальный станок) (рисунок 2, б).

При использовании схемы шлифования с двумя абразивными лентами ленты одновременно осуществляют шлифование заготовки, т. е. происходит двухсторонняя абразивная обработка заготовки. Следовательно, обработка осуществляется в условиях двойного охватывающего контакта абразивными лентами. При этом погрешности, возникающие в продольном направлении вследствие деформации элементов технологической системы, значительно уменьшаются.

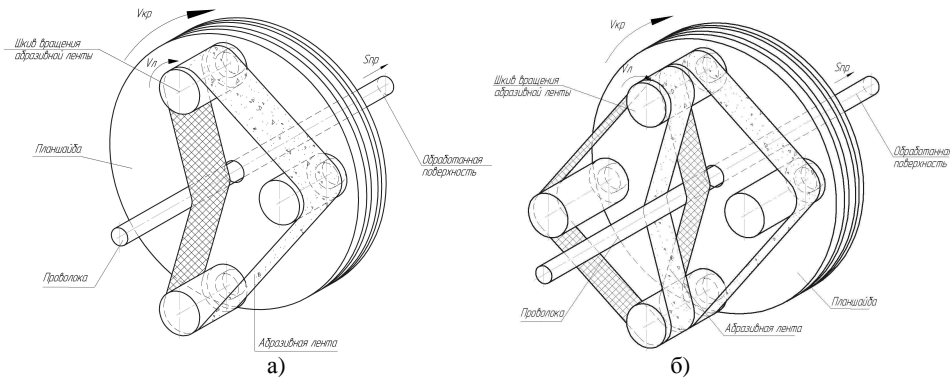


Рисунок 2 – Схема ротационного ленточного охватывающего шлифования: а) с одной абразивной лентой; б) с двумя абразивными лентами

Реализация заданных движений формообразования устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования обеспечивается по кинематической схеме, приведенной на рисунке 3.

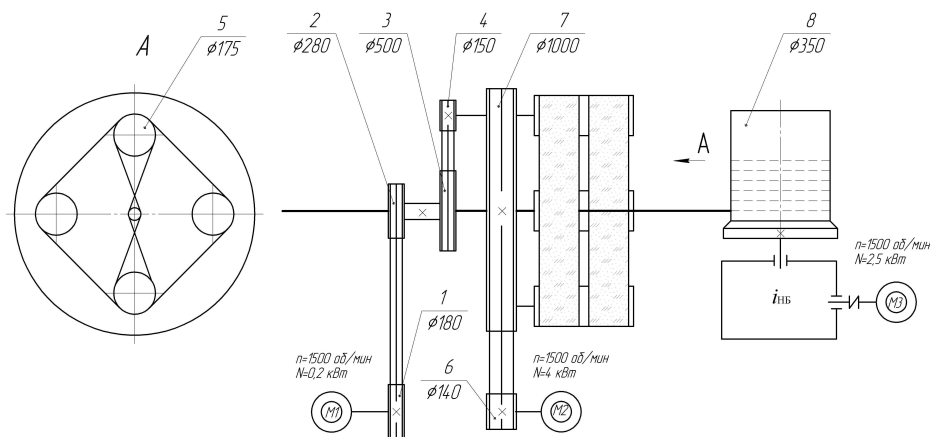


Рисунок 3 – Кинематическая схема устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования

Для увеличения площади контакта абразивной ленты с проволокой необходимо изменять положение опорных роликов. Возможными являются следующие схемы изменения площади контакта абразивной ленты с проволокой: с одновременным перемещением двух роликов (натяжного и ведомого ролика) и с перемещением только ведомого ролика по эвольвенте направляющей. Изменение угла охвата за счет перемещения двух роликов имеет существенный недостаток, который заключается в сложности регулирования путем одновременного перемещения обоих роликов. При шлифовании бунтовой проволоки изменять угол охвата ленты с проволокой следует за счет смещения ведомого ролика по эвольвенте (рисунок 4).

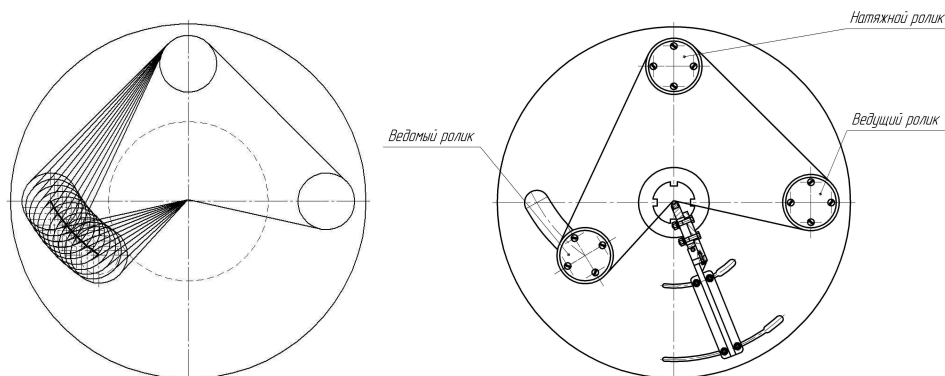


Рисунок 4 – Схема изменения угла охвата шлифовальной лентой обрабатываемой проволоки

Реализация схемы (рисунок 4) с перемещением ведомого ролика и установленным на планшайбу опорным ножом позволяет увеличить угол охвата, что в свою очередь увеличивает площадь контакта

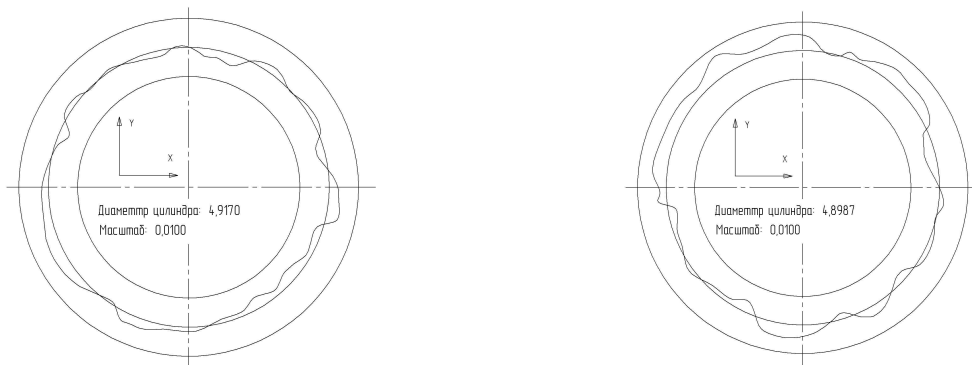
между абразивной лентой и обрабатываемой заготовки и уменьшает прогиб обрабатываемой проволоки, вследствие чего повышается качество шлифованной поверхности.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан экспериментальный образец устройства (рисунок 5). Проведенные исследования процесса ротационного ленточного охватывающего шлифования бунтовой проволоки позволили установить особенности эксплуатации и требования, предъявляемые к промышленному устройству для шлифования и полирования наружных поверхностей тел вращения длинномерных изделий малого диаметра.



Рисунок 5 – Внешний вид экспериментальной установки устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования

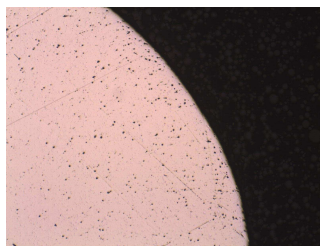
Критерием при разработке технологии механической обработки проволоки является высокое качество поверхности проволоки – отсутствие рисок, царапин, трещин, задигов, отсутствие термических трещин, прижогов и т. д. Исследование качественных показателей обработанной поверхности проволоки на устройстве ротационного ленточного охватывающего шлифования показало равномерность структуры микрошлифов и отсутствие поверхностных дефектов на обработанных поверхностях проволоки (рисунки 6, 7).



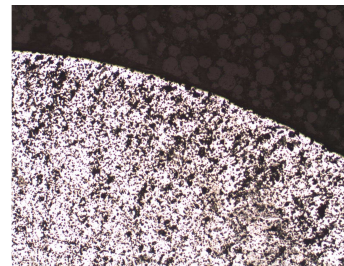
лента проработала 20 мин

лента проработала 50 мин

Рисунок 6 – Результаты исследования круглости образцов проволоки



Образец до травления, x 50



Образец после травления, x 100

Рисунок 7 – Структура микрошлифов образцов проволоки марки 15X28 ГОСТ 5632-72 (лента проработала 50 мин)

Отличительной особенностью конструкции промышленного устройства охватывающего ротационного ленточного шлифования (рисунок 8) является то, что привод движения абразивной ленты,

выполненный в виде шкивов, связанных ременными передачами и шлифовальную головку, установленную с возможностью планетарного движения; устройство снабжено механизмом для поддержания постоянного натяжения абразивной ленты и приспособлением для натяжения и центрирования заготовки, обеспечивающим натяжение и центрирование бунтовой проволоки, необходимое для безотказной работы устройства. Привод главного движения получает вращение от трехфазного асинхронного двигателя, приводимого во вращение от электрической и управляющей системы, с частотой вращения 1440 об/мин. Продольную подачу проволоки обеспечивает намоточное устройство.

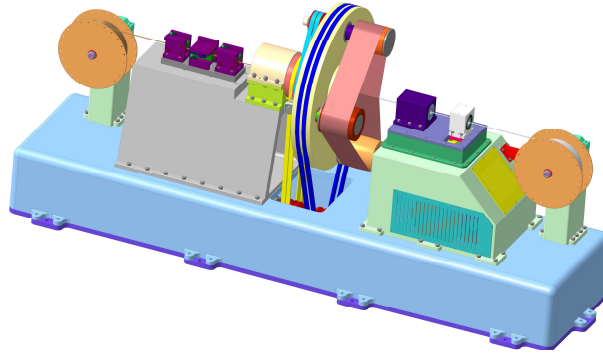


Рисунок 8 – Модель промышленной установки устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования

Кроме того, устройство ротационного ленточного охватывающего шлифования может быть использовано при комплексной обработке бунтовой проволоки, и устанавливаться после токарного бунтового автомата (рисунок 9).

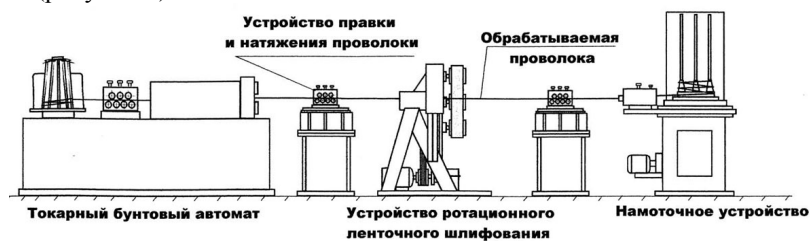


Рисунок 9 – Схема комплексной линии обработки бунтовой проволоки

Необходимые параметры качества получаемой детали задаются как путем применения необходимого типа абразивной ленты, так и путем изменения усилия натяжения абразивной ленты.

В процессе изготовления и испытания новых образцов технологических машин выявляются необходимость оценки, насколько правильно и удачно решены требования технологичности конструкции. Оценка производственной технологичности устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования выполнена по частным показателям. Применительно к устройству частные показатели существенно переработаны. Впервые введены новые значения показателей. Комплексный показатель технологичности устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования составляет 0,76, что показывает высокий уровень технологичности устройства.

Предложена система автоматизированного расчета и отработки конструкции изделия на технологичность по частным показателям (Свидетельство №2010615652), включающая оценку качества объекта на ранних стадиях технологической подготовки производства. Разработанное программное обеспечение проверено при конструировании устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования отражает реальность процесса конструирования, обладает универсальностью и позволяет вводить свои показатели технологичности для каждого нового разрабатываемого изделия.

Выводы. На характеристики процесса обработки при ротационном ленточном охватывающем шлифовании бунтовой проволоки наибольшее влияние оказывает скорость шлифования, сила натяжения ленты, подача заготовки и характеристики шлифовальной ленты:

- с увеличением скорости ленты, продольной подачи проволоки, силы натяжения ленты и увеличением номера зернистости абразивной ленты величина минутного съема материала возрастает, но одновременно увеличивается износ ленты и ухудшается шероховатость поверхности. Период работы абразивной ленты, обеспечивающий стабильный съем материала в процессе шлифования, составляет 120÷130 мин при приложении силы натяжения в диапазоне 60÷80 Н;

- чем меньше зернистость ленты и выше скорость ленты, тем ниже будет высота шероховатости обработанной поверхности. С увеличением силы прижима с 50 Н до 90 Н шероховатость обработанной поверхности увеличивается с 0,95 до 1,32 мкм, соответственно. Увеличение же скорости движения

абразивной ленты до 22 м/с при неизменной подаче и зернистости приводит к некоторому общему снижению уровня шероховатости соответственно с 1,08 до 0,844 мкм. При уменьшении размера зерен ленты также наблюдается тенденция уменьшения общего уровня шероховатости;

– производительность процесса обработки и качество получаемой поверхности во многом определяются скоростью продольной подачи проволоки при неизменных остальных параметрах. Рекомендуемый диапазон скорости продольной подачи $S_{пр} = 9,6 \div 34,7$ м/мин при этом для обеспечения формообразования поверхности частота вращения планшайбы устройства изменяется от 90 до 200 об/мин;

– оптимальными величинами, определяющими высокую производительность и чистоту поверхности, является следующее сочетание режимов резания – $V_l = 17 \div 20$ м/с, $R_n = 60 \div 80$ Н.

Приведенные выше режимы резания при обработке бунтовой проволоки позволяют получать продукцию высокого качества с чистотой поверхности до 8 класса, что позволяет использовать технологию охватывающего ротационного ленточного шлифования и разработанное устройство для обработки длинномерных изделий, и, в частности, бунтовой проволоки, пруткового и трубного проката.

Перспективы дальнейших исследований. Дальнейшая модернизация конструктивных параметров устройства ротационного ленточного шлифования позволяющая выполнять обработку бунтовой проволоки по технологии из бунта в бунт и обеспечивающая повышение качественных характеристик поверхностного слоя проволоки.

Проведение расширенного комплекса экспериментальных работ с целью определения рациональных режимов обработки для различных диаметров и материалов проволоки при обеспечении задаваемых качественных характеристик обрабатываемого материала, оптимальной работоспособности устройства и производительности процесса обработки бунтовой проволоки ротационным ленточным шлифованием. Оптимизация режимов ротационного ленточного охватывающего шлифования путем планирования и обработки результатов многофакторного эксперимента.

Библиографический список использованной литературы

1. Осетров В.Г. Этапы развития технологии машиностроения в Удмуртии (Монография) / В.Г. Осетров, Е.С. Слащев, С.А. Шияев. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. – 160 с.
2. Осетров В.Г. Удмуртиись машиностроенилэн технологиезлэн азинскон сюресэз (Монография) / В.Г. Осетров, Е.С. Слащев, С.А. Шияев. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. – 162 с.
3. Шияев С.А. Совершенствование системы управления процессом обработки длинномерных нежестких заготовок на устройстве ротационного ленточного охватывающего шлифования / С.А. Шияев // Мир Техники и Технологий. — Чугуев: ПолиАрт, 2012. — № 7. — С. 64–70.
4. Устройство для ленточного шлифования / С.А. Шияев, Ф.Ю. Свитковский, Т.Н. Иванова, С.Л. Сюрсин, А.И. Гальчик // Свидетельство №11503, 6 В 24 В 21/02. (Россия). Заявл.05.04.99, опубл. 16.10.99, бюл. №10.
5. Шияев С.А. Ленточно-шлифовальный станок / С.А. Шияев, Ф.Ю. Свитковский, Т.Н. Иванова // Патент на изобретение №2228831, 7В24В 21/02. (Россия), заявл.25.07.2002, опубл. 20.05.2004, бюл. №14.
6. Шияев С.А. Оценка качества объекта / С.А. Шияев // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010615652 (Россия), заявл.02.07.2010 г., зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 01.09.2010 г.
7. Шияев С.А. Автоматическая линия для ротационного охватывающего ленточного шлифования длинномерных заготовок малого диаметра / С.А. Шияев // Вестник машиностроения. — Москва: ООО «Издательство Машиностроение», 2009. — № 4. — С. 71–74.

Поступила в редакцию 26.01.2014 г.

Шияев С.А., Федоров В.Б. Технологія і пристрій ротаційного стрічкового охоплюючого шліфування бунтового дроту малого діаметру

Розглядаються особливості технології обробки бунтового дроту малого діаметра методом ротаційного стрічкового охоплюючого шліфування.

Ключові слова: машинобудування, шліфування, стрічкове шліфування, дріт, якість, продуктивність.

Shilyaev S.A., Fedorov V.B. Technology and the device rotational band grinding small diameter wire

Discusses the features of technology of processing of wire small diameter by rotational band grinding.

Keywords: Mechanical, grinding, grinding tape, wire, quality, performance.