

\* \* \*

A. N. Shelpyakov, PhD in Engineering, Associate Professor, Votkinsk Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

### Simulation of the process of liquid level control in the separator storage tank

The paper presents implementation of the simulation method for the process of liquid level control for the storage tank of a gas-liquid separator used in its design. The separator scheme, its operating features and design problems are considered. The algorithm is proposed for the separator operating process simulation with controlling the liquid level by a three-position controller, on its basis the simulation program in DELPHI was developed. Some investigation results are shown for parameters and modes of separator operation obtained by the developed program.

**Keywords:** simulation, process of liquid level control, gas-liquid separator, simulation algorithm of the separator operating process, three-position controller, DELPHI simulation program.

Получено: 10.11.14

УДК 621.923.01

С. А. Шляев, доктор технических наук  
Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

### РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ БУНТОВОЙ ПРОВОЛОКИ НА УСТРОЙСТВЕ РОТАЦИОННОГО ЛЕНТОЧНОГО ОХВАТЫВАЮЩЕГО ШЛИФОВАНИЯ

В работе представлена схема процесса обработки бунтовой проволоки на устройстве ротационного ленточного охватывающего шлифования. В предлагаемой схеме процесса с учетом конструктивных особенностей оборудования выделяются основные подсистемы – кинематическая, динамическая и теплофизическая.

**Ключевые слова:** машиностроение, шлифование, абразивная лента, математическое моделирование.

Учитывая современные тенденции развития машиностроения, можно указать следующие основные пути усовершенствования обработки резанием: интенсификация процессов резания, освоение обработки новых материалов; повышение точности и качества обработки; автоматизация и механизация.

Одним из современных высокопроизводительных способов удаления дефектного слоя с длинномерных нежестких заготовок – мелкогабаритного проката, труб, катанки, проволоки – является способ ротационного ленточного охватывающего шлифования бесконечной лентой [1, 2]. Процессы шлифования характеризуются непрерывными динамическими изменениями условий взаимодействия абразивного инструмента с заготовкой в зоне резания, которые в целом характеризуют стабильность процесса обработки во времени, что сказывается на качественных характеристиках поверхностного слоя обрабатываемой заготовки.

Интенсивность теплового и силового воздействия зависит от свойств формообразующего инструмента, свойств технологической системы и условий обработки. Сложность взаимных связей параметров процесса шлифования бунтовой проволоки и сопровождающих его явлений служат причиной недостаточно полного его математического моделирования в настоящее время.

Традиционная схема процесса механической обработки длинномерных цилиндрических деталей объединяет первичные, вторичные параметры и непосредственно процесс резания (рис. 1).

Первичные параметры характеризуют технологическую систему: станок – приспособление – инструмент – заготовка (систему СПИЗ); вторичные – технологические показатели: точность и качество обработанной поверхности, стойкость и прочность инструмента, производительность и экономичность процесса. Сам процесс обработки включает различные физические явления и процессы его сопровождающие – кинематические, динамические, тепловые, контактные и т. д. [3].

Любой процесс обработки протекает нестабильно вследствие изменения припуска, физико-химических свойств обрабатываемой заготовки, износа режущих элементов, деформации системы СПИЗ и других факторов. Как правило, регулятором процесса обработки являются режимы резания – скорость, подача, глубина. В совокупности с рациональными конструктивными и геометрическими параметрами режущего инструмента оптимальные режимы резания обеспечивают наиболее производительную и экономичную обработку заготовок с заданными точностными и качественными характеристиками обработанной поверхности. Многофакторность процесса обработки, тесная взаимосвязь явлений, его составляющих, свидетельствуют об отсутствии единственного и универсального критерия оптимизации.

В предлагаемой схеме обработки бунтовой проволоки выделяются, в сравнении с традиционной, основные подсистемы – кинематическая, динамическая и теплофизическая, во многом определяющие технологические показатели (рис. 2).

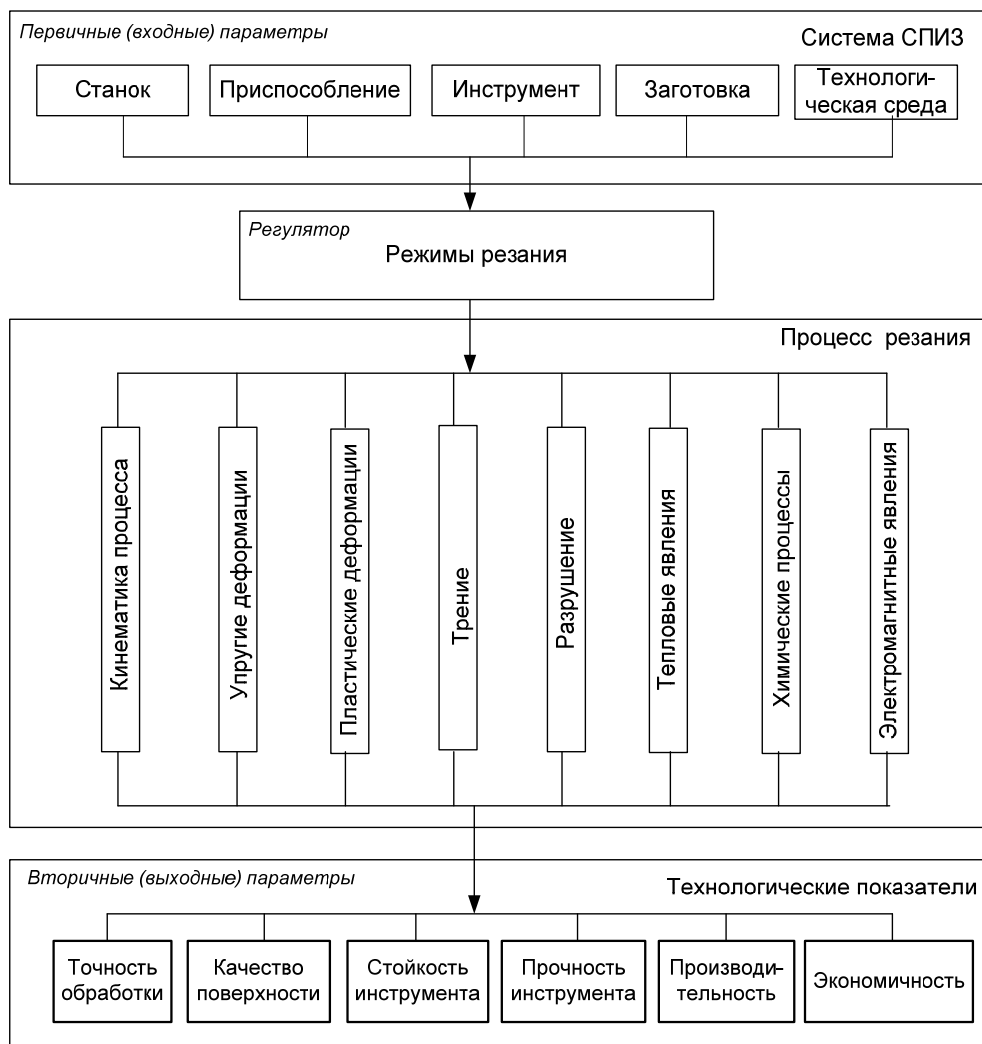


Рис. 1. Традиционная схема процесса обработки

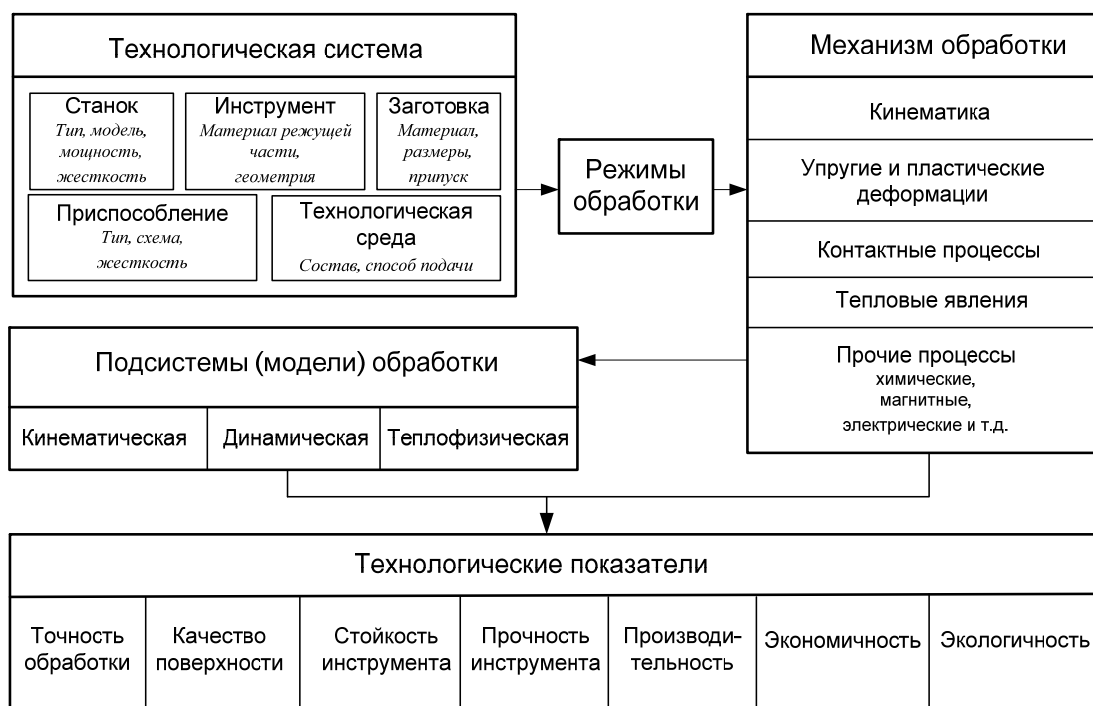


Рис. 2. Структурная схема процесса обработки бунтовой проволоки

Указанные подсистемы описываются математическими моделями, позволяющими определять закономерности протекания процесса обработки, выявлять рациональные условия обработки и служить базой для построения системы автоматического регулирования.

**Кинематическая подсистема обработки** нежестких тел вращения взаимосвязывает движения заготовки и режущего инструмента без учета физических явлений, сопровождающих процесс обработки.

Способ ротационного ленточного охватывающего шлифования реализуется за счет сочетания движений абразивной ленты со скоростью резания и планетарного движения планшайбы, обеспечивающей круговую подачу, при этом продольная подача обеспечивается за счет перемещения заготовки [4, 5].

При решении кинематических задач необходимо определить основные параметры устройства: угол охвата, длина абразивной ленты, площадь контакта ленты с деталью, влияющие как на работоспособность, так и на производительность всего устройства [6].

Кинематическая подсистема обеспечивает разработку рациональной компоновки установки, реализующей предлагаемый способ обработки [7].

**Динамическая подсистема процесса обработки.** Современное понятие динамического качества станка базируется на замкнутости динамической системы, которая определяется взаимодействием элементов упругой системы «станок – приспособление – инструмент – заготовка» с рабочими процессами, протекающими в подвижных соединениях этих элементов, т. е. процессами резания, трения, тепловыми и т. д.

Динамические процессы оказывают значительное влияние на производительность и точность обработки, поэтому показатели динамического качества определяются служебным назначением станка.

При выборе конструктивного варианта устройства, инструмента или приспособления в качестве параметров для оценки динамического качества выбираются относительные смещения или скорости движения инструмента и заготовки, стола и направляющих и др.; напряжения в нагруженной детали; температура нагрева трущихся поверхностей; контактные напряжения и др. При выборе режимов движения (резания, перемещения узлов) в качестве параметров берутся скорость, глубина резания, подача, давление на направляющих и др.

Параметры, по которым определяются показатели системы при внешних воздействиях, выбираются в соответствии с конкретными заданиями расчета или анализа, т. е. типом задачи и видом критерия для оценки показателей. Такими критериями являются: точность обработки; долговечность (стойкость) станка, приспособления и инструмента; производительность и энергетические потери.

Таким образом, система показателей динамического качества устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования является общей, поскольку рассматривается единый динамический процесс в независимости от точности долговечности или

производительности, по которым оценивается тот или иной показатель. Различия заключаются только в параметрах, по которым эта оценка производится.

При проектировании, изготовлении и эксплуатации устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования одним из важных факторов является обеспечение условий, необходимых для получения детали с минимальными погрешностями размеров и формы. Связанные с этим отклонения возникают как результат различных внешних воздействий на деформируемую систему устройства.

Динамическая подсистема процесса обработки описывается динамической моделью, которая учитывает упругие скольжения ленты при огибании проволоки, проводится анализ продольных автоколебаний ленты за счет сил трения. Кроме того, при оценке динамической устойчивости системы учтены упругие колебания связи абразивного инструмента [8].

При разработке математической модели динамических процессов, происходящих в процессе обработки, использованы уравнения Лагранжа второго рода. В результате решения уравнений динамики относительного движения абразивной ленты устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования установлены аналитические зависимости, позволяющие установить критерии и режимы работы устройства, при которых наблюдаемые автоколебания не ухудшают качество поверхности готового изделия.

В результате решения системы уравнений разработанной динамической модели для заданных конструктивных и геометрических параметров инструмента устанавливаются допустимые режимы обработки, обеспечивающие высокую производительность процесса при заданных точности размеров и качестве поверхности деталей. После обработки полученных зависимостей построены графики линейных и угловых колебаний зерна в зависимости от технологических параметров обработки и даны рекомендации по выбору оптимальных технологических параметров процесса обработки.

**Теплофизическая модель процесса обработки** позволяет определить тепловые потоки в системе инструмент – заготовка, рассчитать тепловые поля в зоне резания [9].

В процессе ленточного шлифования теплота выделяется в результате трения режущего инструмента (ленты) об обрабатываемую поверхность (проволоку) в зоне их контакта. Зона контакта инструмента и заготовки ограничена шириной ленты и углом охвата лентой обрабатываемой поверхности. В данном случае математическое моделирование процесса ротационного ленточного охватывающего шлифования проволоки требуется для оптимизации условий обработки при ограничении температуры поверхности детали.

Расчет и построение тепловых полей методом контрольных объемов с использованием вычислительной техники позволили определить величины температуры в обрабатываемой заготовке в зоне резания.

Разработанная методика расчета температур обеспечивает определение времени стабилизации температурного режима процесса обработки и определение значений температуры в обрабатываемой заготовке в зоне резания по угловой и линейной координатам.

Моделирование позволило выявить наличие двух периодов протекания процесса обработки. Первый – начальный – неустановившийся, второй – стационарный (стабильный) – постоянный по времени. Продолжительность начального периода обработки зависит от ширины рабочей зоны инструмента и скорости перемещения заготовки. Показано, что одним из основных параметров, влияющих на износ инструмента и качество обработанной поверхности, является скорость движения инструмента. При этом температурный режим процесса стабилизируется через несколько секунд после начала обработки.

**Выводы.** Разработана схема процесса обработки длинномерных нежестких заготовок на устройстве ротационного ленточного охватывающего шлифования, в которой выделяются основные подсистемы – кинематическая, динамическая и теплофизическая. Выделение подсистем процесса механической обработки и их моделирование позволило определить рациональные конструктивные, геометрические и кинематические параметры, а также обосновать рациональные технологические режимы обработки на устройстве ротационного ленточного охватывающего шлифования при обработке бунтовой проволоки диаметром от 1,4 до 6 мм.

В качестве ограничений, обеспечивающих требуемые выходные технологические показатели – наибольшую производительность и наименьшую себестоимость, выбраны предельно допустимая сила резания, предельно допустимая температура резания, предельно допустимая шероховатость обработанной поверхности, предельно допустимые сочетания ско-

рости вращения инструмента и перемещения заготовки.

#### Библиографические ссылки

1. Шильяев С. А., Свитковский Ф. Ю., Иванова Т. Н., Сюрсин С. Л., Гальчик А. И. Устройство для ленточного шлифования // Свидетельство № 11503, 6 В 24 В 21/02. (Россия); заявл. 05.04.99; опубл. 16.10.99, бюл. № 10.
2. Шильяев С. А., Свитковский Ф. Ю., Иванова Т. Н. Ленточно-шлифовальный станок // Патент на изобретение № 2228831, 7В24В 21/02. (Россия); заявл. 25.07.2002; опубл. 20.05.2004, бюл. № 14.
3. Шильяев С. А. Исследование системы управления процессом обработки длинномерных нежестких заготовок на устройстве ротационного ленточного охватывающего шлифования [Электронный ресурс] // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2011. – Вып. 2. – 10 с.
4. Шильяев С. А., Свитковский Ф. Ю., Иванова Т. Н., Сюрсин С. Л., Гальчик А. И. Устройство для ленточного шлифования // Свидетельство № 11503, 6 В 24 В 21/02. (Россия); заявл. 05.04.99; опубл. 16.10.99, бюл. № 10.
5. Шильяев С. А., Свитковский Ф. Ю., Иванова Т. Н. Ленточно-шлифовальный станок // Патент на изобретение № 2228831, 7В24В 21/02. (Россия); заявл. 25.07.2002; опубл. 20.05.2004, бюл. № 14.
6. Шильяев С. А. Основные закономерности формообразования при обработке бунтовой проволоки // Современные технологии в машиностроении: сб. статей VIII Всерос. науч.-техн. конф. – Пенза, 2004. – С. 98–100.
7. Шильяев С. А. Автоматическая линия для ротационного охватывающего ленточного шлифования длинномерных заготовок малого диаметра // Вестник машиностроения. – 2009. – № 4. – С. 71–74.
8. Шильяев С. А., Иванов А. Г. Исследование динамики относительного движения абразивной ленты устройства ротационного охватывающего ленточного шлифования // Вестник ИжГТУ. – 2009. – № 3 (43). – С. 46–50.
9. Шильяев С. А. Исследование тепловых процессов при ротационном охватывающем ленточном шлифовании бунтовой проволоки // СТИН. – 2009. – № 6. – С. 32–34.

\*\*\*

S. A. Shilyaev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

#### Development of the scheme of wire processing by rotary belt enveloping grinding

*The paper presents the scheme of processing the wire by rotary belt enveloping grinding. With account of structural features of the equipment, main subsystems are outlined within the proposed scheme: kinematic, dynamic and thermophysical.*

**Keywords:** mechanical engineering, grinding, grinding belt, mathematic modeling.

Получено: 6.11.14