

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология автоматизированного машиностроения

(профиль)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Повышение эффективности многорезцово́й обработки маложестких валов

Студент

А.П. Кривенко

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Научный

Д.А. Расторгуев

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

руководитель

Консультанты

А.Г.Егоров

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., доцент Н.М. Бобровский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20__ г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н, доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20__ г.

Тольятти 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Методы контроля геометрической точности детали по колебаниям технологической системы	6
1.1 Анализ существующих методов	6
1.2 Способ повышения эффективности процесса точения.....	8
1.3 Датчик силы резания на основе цифровой корреляции изображения	10
1.4 Анализ обзора	14
2 Анализ причин образования погрешностей и пути их снижения	15
2.1 Вибрации технологической системы	15
2.2 Размерный износ инструмента.....	21
2.3 Описание конструкции устройства для двурезцовой обработки	24
2.4 Численное моделирование обработки	32
2.6 Температуры при многолезвийной обработке	37
3 Обработка маложестких валов с уникальным приспособлением	40
3.1 Влияние обработки на точность изготавливаемых деталей.....	40
3.2 Описание ситуации	42
3.3 Анализ описанной ситуации	43
4 Сравнительный анализ однорезцовой обработки и двухрезцовой обработки.....	44
4.1 Токарная однорезцовая обработка.....	44
4.2 Исследование динамики двурезцового точения.....	49
5 Математическое моделирование.....	52
5.1 Матричные модели точности в многоинструментных наладках	52
5.2 Передаточные функции процесса точения.....	59
5.3 Математическая модель двух резцовой обработки	61
5.4 Математическая модель процесса точения двумя резцами.....	64

6 Режущий инструмент.....	75
6.1 Модель изнашивания режущего инструмента	75
6.2 Совершенствование операций на базе патентных исследований	76
6.4 Формирование программы исследования.....	77
6.5 Определение индексов МКИ и УДК.....	77
6.6 Патентный поиск.....	80
6.7 Анализ результатов поиска.....	90
6.8 Экспертиза патентной чистоты	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	95

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы является управление геометрией заготовки путем управления формой колебаний элементов технологической системы. Исследования касались увеличения точности и скорости при обработке с помощью двух резцовой схемы. Исследовалось влияние двух резцовой схемы на геометрию маложесткого вала на основе математической модели. Исследования динамики обработки с помощью двух резцов показали, что его эффективность будет наиболее высокой при обработке маложестких валов. Особенностью данной установки является поворот поперечного суппорта вокруг вертикальной оси, проходящей перпендикулярно оси вращения заготовки. За счет этого происходит выравнивание сил резания на резцах за один оборот. Отмечено положительное влияние этого метода на переменные и постоянные составляющие сил резания; минимальное поперечное смещение резцов; стабилизация оси детали в процессе точения; возможность увеличения глубины резания и подачи; стабилизация технологических остаточных напряжений. Это приводит к стабилизации формы и размеров вала в течение всего периода эксплуатации. Преимущества обработки двумя резками методами были подтверждены нами экспериментально на станке и моделировании (MatLAB в подсистеме Simulink):

Задачи исследования:

- Влияние на точность и производительность многорезцовой обработки.
- Влияние многорезцовой обработки на геометрию вала путем построения математической моделей.
- Решить основные проблемы для данной обработки, это деформации и колебания, приводящие к остаточным напряжениям.
- Произвести исследования динамики обработки двух резцовым суппортом.
- Произвести контроль геометрии детали после обработки по

зарегистрированным колебаниям элементов технологической системы.

1 Методы контроля геометрической точности детали по колебаниям технологической системы

1.1 Анализ существующих методов

В промышленности первостепенное значение приобретает ускорение темпов роста производительности труда - улучшение качества выпускаемой продукции за счет освоения новых технологических процессов и внедрения высокопрочных материалов.

Повысить качество изделий для современного производства является необходимостью. Качество выпускаемой продукции машиностроения должно систематически улучшаться. Для этого используют обширную систему мер, которая включает разнообразный контроль, использование различных методик управления качеством и средств измерений.

Повышая качество обработки, мы улучшаем качество посадок, повышаем точность кинетических цепей, достигаем унификации и стандартизации изделий, используя полную или неполную взаимозаменяемость. При этом происходит сокращение объёма регулировочных, пригоночных работ, также сокращаются расходы на сборочные процессы.

Вопрос о повышении качества обработки обычно ставится не изолированно, а в связи с вопросом о повышении производительности труда и оборудования. Интерес представляет поиск различных методов совершенствования технологий, которое направлено на разработку высокоскоростных методов механической обработки, одновременно обеспечивающих высокое качество деталей.

Среди разнообразных деталей машин, обрабатываемых на станках, очень много деталей, образованные поверхностями вращения, которые при заданной форме и размерах являются нежёсткими. По технологическим признакам эта группа деталей называется валами малой жёсткости. К ней относят ходовые винты или валы металлообрабатывающего оборудования,

элементы прессов и подобных систем: скалки, штоки, штанги, тяги, тонкие оси и валики гидро- и пневмоаппаратуры, атомных и нефтедобывающих труб, сельско-хозяйственных машин.

При обработке таких валов технологическая система очень податлива к действию различных внешних сил резания. Это конечно очень усложняет их обработку. При уже незначительных значениях этих сил упругая система станка испытывает значительные деформации, что естественно приводит к большим погрешностям при обработке. Очень часто все это сопровождается колебаниями различной природы.

В настоящее время учение о качестве обработки деталей, и в частности валов, малой жёсткости сформировало одно из основных направлений технологии машиностроения. Развитие этого вопроса является заслугой ряда советских и российских учёных – Б. С. Балакшина, В. Г. Подпоркина, А. П. Соколовского и др.

Работы по исследованию качества механической обработки валов малой жесткости проводились на технологических кафедрах университета им. Э. Баумана, в Московском станко - инструментальном институте, ЛПИ, КПИ и других вузов. Эти работы вызывались потребностями быстрорастущего машиностроения.

Решение этих вопросов ведётся различными путями.

Для предотвращения указанных вредных явлений на практике, при мелкосерийном производстве, принимаются самые разнообразные меры. С этой целью устанавливаются дополнительные опоры в виде подвижных и неподвижных люнетов, подвешивают различные грузы, предназначенные для увеличения массы колеблющегося вала, применяют проходные резцы с криволинейной передней поверхностью или вместо них используют подрезные резца с особой геометрией, устанавливают виброгасители.

В настоящее время на заводах разработаны системы автоматического управления упругими перемещениями. Управление упругими перемещениями позволяет значительно (в 3-5 раз) снизить погрешность

обработки валов при одновременном повышении производительности.

Модернизация оборудования для обеспечения высокой производительности, точности и качества точения маложёстких валов может обеспечиваться установкой много инструментальных блоков.

Отмеченные работы способствовали совершенствованию методов обработки валов малой жесткости и повышению качества обработки. Однако производительность, в большинстве случаев, оставалась низкой. Это обстоятельство имеет особое значение в условиях мелкосерийного производства.

Целесообразно для указанных условий разработать новый способ с учётом обработки ступенчатых валов, положив в основу решения этого вопроса метод устранения упругих отжатий звена деталь-станок горизонтальной плоскости.

Работы советских ученых - П. А. Кораблева, С. П. Купцова, А. И. Козлова в области изучения двурезцовой обработки позволяют наметить путь решения проблемы обработки валов малой жёсткости.

Научная работа посвящена изучению качества двурезцовой токарной обработки валов малой жёсткости.

Актуальность работы подтверждается большим ростом потребностей в обработке нежестких валов.

1.2 Способ повышения эффективности процесса точения

Одним из способов повышения эффективности процесса точения является токарная обработка, в которой различные виды обработки (черновая и чистовая обработка) могут быть объединены, глубина резания (удаление толщины слоя) может быть увеличена за один проход, поперечная силы минимизирована (это особенно важно при токарной обработке длинных заготовок), и, следовательно, производительность повышается. При определенных условиях токарная обработка с постоянной толщиной удаляемого слоя (стружки) может быть динамически нестабильна. Одна из

причин потери устойчивости и возникновения самовозбуждающихся колебаний - это нелинейность силы резания и сил трения (в частности, при трении задней поверхности резца по обработанной поверхности), которые зависят от скорости резания и толщины удаляемого слоя. Это приводит к разрушению инструмента. Другие причины потери стабильности оказываются резание по следу, то есть точение по поверхности, образованной во время предыдущего прохода инструмента, температурные эффекты и т. д. Существенную роль в возникновении этих крайне нежелательных последствий играет осевая (вдоль продольной оси заготовки) вибрация резцов. В зависимости от жесткости крепления резцов и их взаимного расположения, могут возникать различные формы вибрации резцов и формироваться различные толщины стружки.

Есть схема обработки жесткими резцами, которые расположены под определенным углом (рисунок 1). Устойчивость точения определяется скоростью вращения заготовки и не зависит от углового расположения резцов.

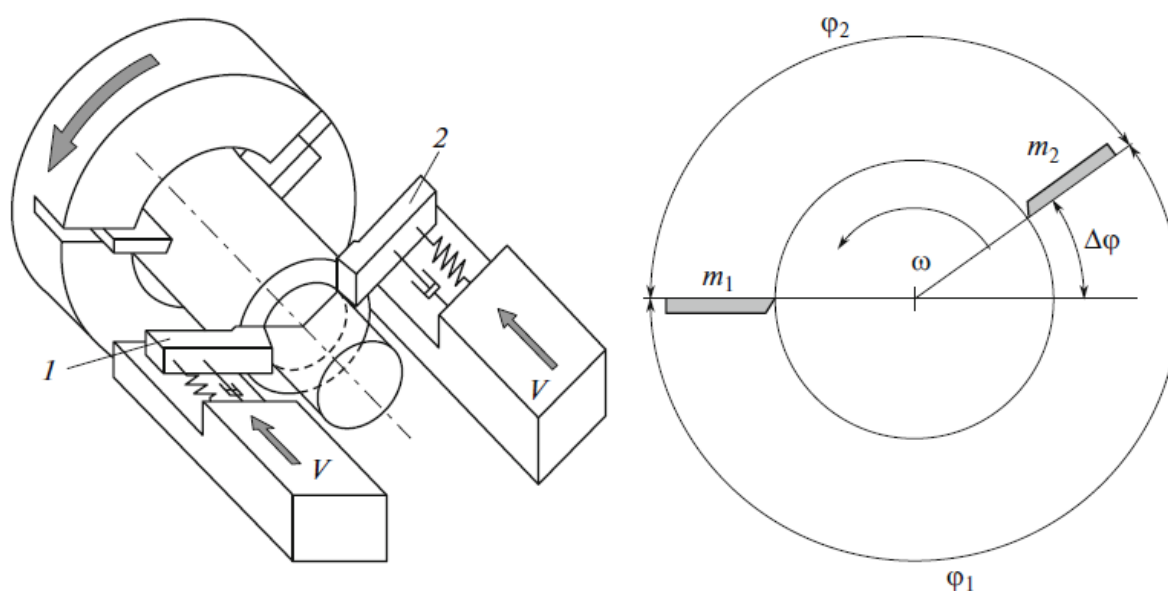


Рисунок 1 – Схема обработки двух резцовой схемой: 1,2 - резцы

В [(2008) Turning and Chip-breaking Technology. In: Cutting Tool

Technology. Springer, London] [(2008) Modular Tooling and Tool Management. In: Cutting Tool Technology. Springer, London] приведены схемы многорезцовой обработки для использования в наладках обрабатывающих токарных центров (рисунок 2).

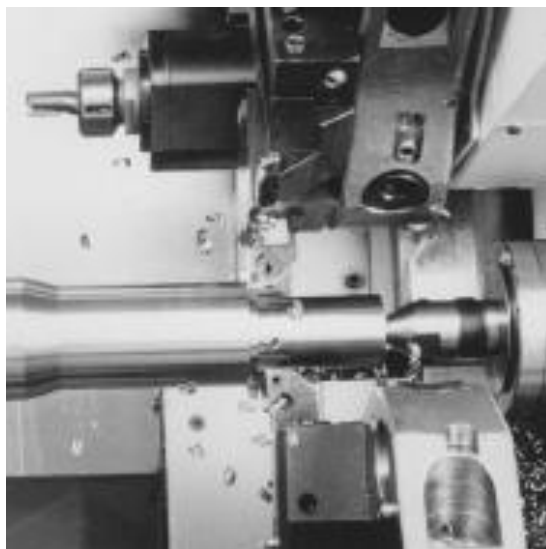


Рисунок 2 – Схема двойной обработки на токарном центре

1.3 Датчик силы резания на основе цифровой корреляции изображения

Обычные пьезоэлектрические датчики не могут записывать колебания силы на высоких частотах для мониторинга формирования стружки надлома. В последнее время измерения силы ведутся с использованием цифровой корреляции изображений (ЦКИ) благодаря устройствам обработки изображений, которые становятся все более и более эффективными, тем самым открывая возможности высокой скорости регистрации. Это исследование предлагает применять ЦКИ, чтобы измерять силы резания на частоте захвата камеры или датчика. Рассмотренные деформации получены из анализа колебаний. Этот метод впервые применяется к ряду изображений, снятых во время обработки и затем к полной последовательности снимков, сделанных при ортогональной резке закаленной стали AISI 52100 с помощью инструмента с покрытием нитрида бора. Чтобы подтвердить адекватность

предложенного метода, изменения сил резания окончательно анализируются, когда формируются сегменты стружки надлома.

В случае твердого точения, стружка надлома производится на высокой скорости сегментации до 30 кГц. Поэтому изменение сил резания во время формирования сегмента стружки не может быть зарегистрировано обычными датчиками из-за их кварцевых ячеек, механическая полоса пропускания которых обычно порядка 4 кГц и уменьшается с массой на датчике. Данное ограничение по регистрации показаний приводит авторов к рассмотрению средних зарегистрированных сил для прогнозирования качества поверхности. Численная модель (Umbrello и Rotella, 2012) или прогноз сил резания при механической обработке (Ren и Altintas, 2000) работает со средними величинами силы. В сочетании с механическими и термическими соображениями, объясняется влияние сил и температуры на так называемое образование «отбеленного слоя». Однако это моделирование учитывает только постоянные внешние нагрузки, то есть силы резания и тепловой поток.

Существует прогнозирующая модель силы резания, чтобы определить пластически деформированную область внутри заготовки, решив аналитическую задачу Фламанта – Буссинеска для кинематического поля и закона Гука для расчета напряжений. Тем не менее, адекватность моделирования деформаций не проверялась с точки зрения внутренних деформаций в материале. С ростом производительности компьютеров, многие предложенные численные модели ортогонального точения твердых материалов были проверены. Существуют застойные зоны материала на передней поверхности инструмента (нарост) для инструмента с-BN покрытием с отрицательным передним углом, который обычно используется в твердом точении с термомеханическим моделированием. Моделируют только непрерывную стружку, тогда как при твердом точении в основном образуются стружка надлома. Исследовали влияние термического разупрочнения на образование стружки из закаленной стали AISI 4340 и

успешно смоделировали стружку надлома. Усилие резания, полученное в результате моделирования, представляло колебания с амплитудой около 16% от среднего значения. Пока не были выполнены сравнения с экспериментальными данными по обработке. Высокочастотные измерения силы резания желательны для моделирования и повышения точности прогнозирования. С экспериментальной точки зрения, цифровая корреляция изображений (ЦКИ) является привлекательным в случае механической обработки благодаря разработке высокоскоростных оптических датчиков. С точки зрения частоты кадров, времени экспозиции, разрешения и шума, высокоскоростные устройства визуализации в настоящее время эффективны для записи изображений операций резания при обычно используемой скорости резания V_c и условиях сливной стружки h (например, $2.5 \leq V_c \leq 5$ м / с). Тем не менее, чтобы получить точные измерения с более высоким пространственным разрешением полей деформации, экспериментальная конфигурация установки и устройство сбора данных имеют решающее значение. Предлагается настроить зафиксированный инструмент при экспериментировании, таким образом, избегая проблемы синхронизации между устройством формирования изображения и процессом течения. К сожалению, эта конфигурация в основном приводит к размытым изображениям заготовки и стружки, которое позволяет проводить только первичный анализ зоны сдвига. Во всех экспериментальных конфигурациях проводится DIC-анализ с боковым наблюдением вала-образца во время ортогонального течения с фокусировкой на небольших зонах. Это выполняется в соответствии с ограничениями по настройке глубины резкости.

Два типа подходов ЦКИ были разработаны недавно. Первый, называемый локальным, состоит из независимой регистрации небольших изображений с ограниченным окном фиксации изображения. Информация сохраняется по среднему смещению окна - изображения, которое закреплено за его центром. Второй подход, который называется глобальным,

регистрирует всю интересующую область. Одно из его преимуществ заключается в том, что прямые связи могут быть получены с помощью конечно-элементного моделирования, например, для целей идентификации. Если доступны кинематические решения в замкнутой форме, измерения и этапы идентификации могут быть выполнены в одном анализе, прибегая к так называемым комплексным подходам.

Устройства визуализации изображений при обработке синхронизировались. Может, при данном же методе фиксации информации, введен станок, позволяющий образцам быть неподвижным во время движения инструмента при точении. Для этого может использоваться станок с другой кинематикой, например – фрезерный. Исследование включает в себя два ранее обсуждаемые задачи. Подтвердить аналитическую модель для оценки смещений, колебаний, а затем выполнить измерения силы резания в корпусе для ортогонального точения закаленной стали AISI 52100. ЦКИ будет использоваться в качестве датчика. Используются последовательно две разные дополняющие камеры. Первая проводит съемку ограниченного количества изображений для подтверждения выбранной аналитической модели. Вторая используется для записи полного процесса обработки, но с меньшей точностью.

Модель силы резания при ортогональном точении идентифицируется и подтверждается по измеренному полю деформаций в зоне стружкообразования по записи глобальной ЦКИ. После детализации и цифровой обработки записи по данным с экспериментальной установки, используемой для записи изображений, обрабатывают измерения сил резания. Оба метода используются последовательно. Результаты обработки данных по параметрам измеренных деформаций с ограниченным окном съемки и использованием глобальной ЦКИ сравниваются. С учетом сопоставленных результатов определяют пределы точности моделирования.

Формирование стружки при точении записывается высокоскоростной камерой и позволяет проверить некоторые теории формирования стружки

надлома при ортогональном резании.

1.4 Анализ обзора

Использование высокоскоростных цифровых камер с различным углом охвата и различным разрешением по точности и качеству съемки позволяет решать исследовательские и аналитические задачи по моделированию особенностей течения.

Для решения задачи контроля геометрии маложесткой заготовки вала в условиях сложного динамического и статического возмущения и колебаний цифровая съемка не удовлетворяет ни по точности, ни по надежности.

Требуется более надежная методика регистрации смещений именно заготовки, а не зоны стружкообразования. Точность регистрации этих колебаний будет определять точность формирования цифровой геометрии детали. С этой точки зрения более перспективным является использование бесконтактных датчиков контроля смещений с высоким разрешением.

2 Анализ причин образования погрешностей и пути их снижения

2.1 Вибрации технологической системы

В токарной операции вибрация является одной из важнейших характеристик. Она приводит к ухудшению геометрии детали, которое портит качество поверхности. Важно уменьшить вызванную вибрацию во время процесса резки металла. Отсюда и выбор параметров во время процесса обработки выполняются посредством правильного планирования и стандартных процедур. Нами рассматривается определение влияния индуцированной вибрации инструмента на чистоту поверхности обрабатываемой детали при точении AL6063. Параметры резания выбираются как скорость резания, скорость подачи и глубина резания, тогда как остальные параметры сохраняются. План эксперимента по ортогональному массиву типа L27 разработан методом Тагучи для трех параметров процесса и на трех уровнях варьирования факторов. Эксперименты показали, что значительное влияние вынужденных вибраций оказывается на шероховатость поверхности заготовки и она пропорциональна ускорению режущего инструмента. Кроме того, заметно, что приложенная сила во время процесса обработки является одним из доминирующих факторов, влияющих на качество конечного продукта. Это связано с статической и динамической деформацией [2].

Усилие резания измеряется динамометром, специально разработанным для токарной обработки с ЧПУ. Статическое и динамическое поведение анализируется с помощью модифицированного динамометра, а так же бесконтактного датчика, который был присоединен во время обработки в реальном времени. Числовые значения, измеренные с помощью динамометра, могут быть сохранены в компьютере системой сбора данных для дальнейшего анализа. Из экспериментального исследования измерения шероховатости поверхности и динамической составляющей силы резания снятых с модифицированного динамометра во время точения были получены

оптимальные значения при обработке поверхности.

Вибрация - это вредное явление, от которого нельзя полностью избавиться во время обработки. Самовозбужденные колебания более вредны, чем свободные и вынужденные вибрации, для чистовой обработки поверхности обрабатываемой детали. При этом условии динамической силы резания создается с частотой, близкой к одной из пригодных режимов. Эта динамическая сила вызывает дополнительное возбуждение системы. Система становится неустойчивой, если амплитуда вибрация продолжает существовать в системе. Из исследования вибрации было установлено, что глубина резания является наиболее влияющий параметром, на стабильность системы. Необходимо стабилизировать систему в процессе обработки для достижение высокой чистоты поверхности обработанных компонентов. Следовательно, хорошо известно, что контроль силы резания в токарная операция очень важен. Поворотный динамометр - одно из устройств, способных измерять статические и динамические силы, а так же без контактный датчик.

Однако силы резания оказывают непосредственное и прямое влияние на тепловыделение и характеристики инструмента. Это намекает на неверные результаты в теоретических расчетах из-за различных неизвестных факторов. Необходимо проводить эксперименты с использованием динамометра и без контактного датчика для определения статических и динамических сил резания, возникающих в процессе резки металла. Предыдущие исследователи внесли свой вклад в данный вопрос, вовлеченные в процесс токарной обработки и его оптимизации следующим образом; (Süleyim N et al., 2011) фокусируется на влияние геометрии инструмента на характеристики поверхности детали станка в процессе токарной обработки стали. Они пришли к выводу, что радиус вершины является наиболее влияющим фактором на шероховатость поверхности, полученную из стали AISI 1040. (Владимир А. и др., 2013) оценивали параметры процесса, влияющие на шероховатость поверхности и собственную частоту при токарной обработке

AA2024 в сухом состоянии. (Тарнгает Ю.С. и другие, 2000) контролировал вибрации в токарной операции с помощью настроенного виброгасителя. Установлено, что настроены Виброгаситель способен контролировать функцию частотного отклика режущего инструмента, что, в свою очередь, улучшает стабильность резания в токарные работы. (Kayhan M et al., 2009) исследовали срок службы инструмента в условиях вибрационной резки. (Krishankant et al., 2012) изучал оптимизацию параметров процесса с использованием метода Тагучи для максимизации скорости удаления материала в процессе точения из стали EN24. (Budak E et al., 2007) смоделирован для изучения устойчивости токарных и скучных процессов [3]. Доказано, что неточность геометрии процесса приводит к очень высоким ошибкам в стабильности. (Siddhpura M et al., 2013) вибрации при точении. Очевидно, что влияние вибраций на сигналы датчиков резко возросло как амплитуды этих сигналов увеличились. (Khaider V et al., 2010) экспериментировал с точным точением с помощью инструмента CBN AISI 52100 подшипниковая сталь, закаленная при 64 HRC. Установлено, что скорость подачи и скорость резки являются наиболее влияющими факторами, влияющими на поверхность. Также установлено, что сила отжатия является самой высокой из составляющих силы резания, и она зависит от твердости обрабатываемой детали, отрицательный передний угол и эволюция износа инструмента. Кроме того, глубина резания оказывает наибольшее влияние на силу резания. (Сулейман У и др al., 2006) разработал поворотный динамометр для сбора сигналов сил резания, и обработка происходит с сбором данных в систему. (Nishant S et al., 2006) разработал тензометрический динамометр для измерения силы резания при операции точения, которую выполняет токарный станок. Сигналы силы резания были захвачены, усилены, кондиционированы, преобразованы в цифровые сигналы и считываются микропроцессором. (Tulio H et al., 2012) разработали, сконструировали и испытали тензометрический датчик динамометр для измерения трех составляющих силы поворота. Результаты показывают, что

сила поворота несколько уменьшается, скорость резания увеличивается и увеличивается линейно с увеличением скорости подачи и глубины резания. (Ergun A et al., 2013) разработан цельный динамометр для минимизации остатков и получения надежных компонентов силы резания. Работа в основном сфокусирована на источниках, влияющих на шероховатость поверхности заготовки. Вибрация в основном создается за счет взаимодействия между инструментом и системой заготовки. Таким образом, токарная обработка с ЧПУ должна выполняться для заготовок путем изменения некоторые из выбранных параметров. Затем исследуются отношения между шероховатостью поверхности и ускорением. Режущий инструмент и динамометр должны быть рассчитаны на одну и ту же операцию токарной обработки с ЧПУ для измерения различных сил, действующих во время операции [4].

Независимые переменные, показанные в таблице 1, рассматриваются в этом исследовании для операции токарной обработки с ЧПУ: глубина резания, скорость резания и скорость подачи.

Таблица 1 – Таблица планирования эксперимента

№	Факторы	Индекс	Условное обозначение	Единица измерения	Уровни		
					низкий	средний	высокий
1	скорость резки	F1	N	Оборотов в минуту	260	380	500
2	скорость подачи	F2	F	мм/оборот	0.1	0.2	0.3
3	глубина резания	F3	T	мм	1	1.5	2

Другие переменные, которые считаются постоянными, такие как:

- 1) Вылет заготовки = 55 мм;
- 2) Вылет инструмента = 25 мм.

Токарный станок, который использовался для экспериментального исследования токарной операции, - это токарный станок с ЧПУ МТАВ А. Обработка материалов В настоящем исследовании алюминиевый сплав АА 6063 используется в качестве заготовки для токарной обработки. АА 6063 обладает хорошими механическими свойствами, поддается термообработке и сварке. Он похож на материал из алюминиевого сплава HE9. В. Экспериментальная установка

Экспериментальная установка измерения вибрации при токарной обработке с ЧПУ показана на рисунок 2.1. Магнитное крепление расположено над инструментом, соединенным с акселерометром, который показан на рисунке 2.2.

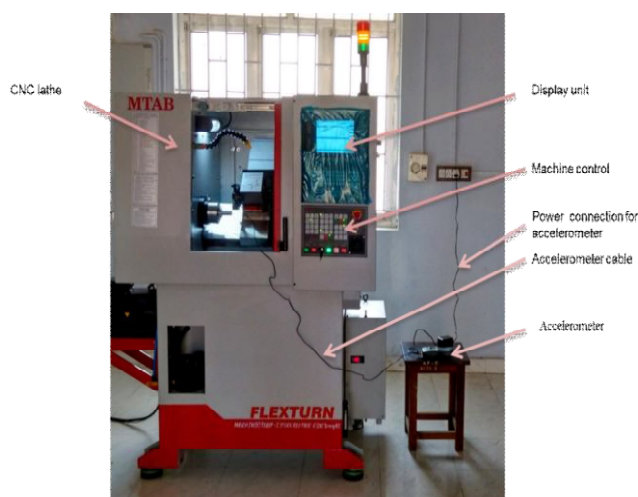


Рисунок 2.1 - Экспериментальная установка на токарном станке с ЧПУ

Акселерометр подключен к источнику питания, а магнитное крепление расположено над токарным инструментом. Программирование ЧПУ дается для токарной операции, для которой выполняется каждая последовательность операций. Это дает специфическую функцию контроля над инструментом и системой заготовки. Показания измеряются для каждой операции поворота с дисплея акселерометра [6].

Вставка режущего инструмента SDSCR1212 11F3 используется для токарной обработки с ЧПУ. Коллектор данных вибрации 911 используется

для измерения ускорения во время резки. Для минимизации эффекта износа инструмента использовались три ряда вставок. Методология поверхности отклика (RSM) - это статистический подход, используемый для обеспечения математической взаимосвязи между параметрами процесса и выходными откликами. В этом исследовании рассматриваются три параметра процесса и каждый из трех уровней. Всего проведено 27 экспериментов с использованием экспериментов Тагучи из программного обеспечения Minitab 17 Statistical. На рисунке 2.3 показаны заготовки после токарной операции.

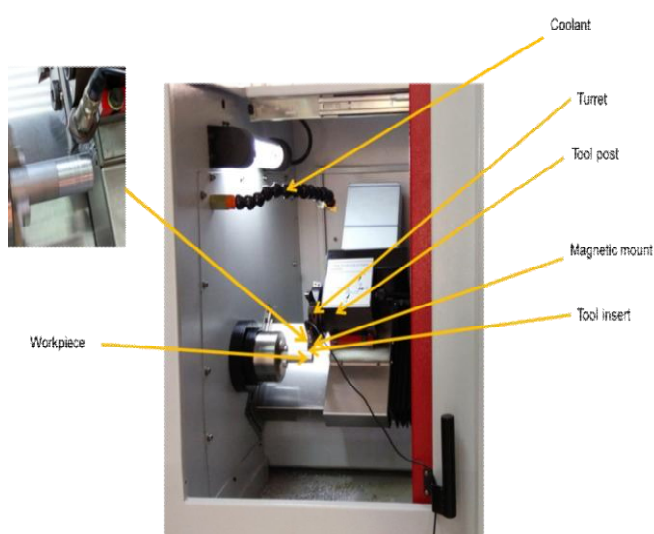


Рисунок 2.2 - Магнитное крепление над инструментом

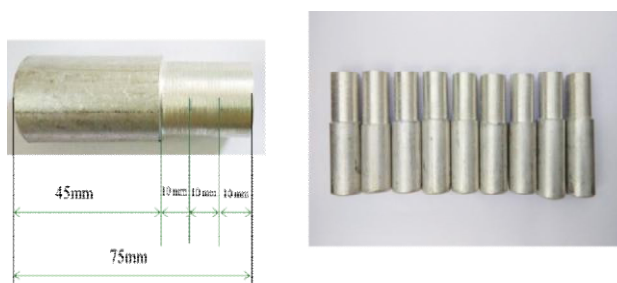


Рисунок 2.3 - Обработанные образцы

2.2 Размерный износ инструмента

Износ инструмента оказывает большое влияние на экономичность обработки операции. Прогнозирование износа инструмента является сложным из-за сложности системы обработки. Износ инструмента в процессе обработки путем контакта и относительного скольжения между режущим инструментом и заготовкой, а так же между режущим инструментом и сколом. В экстремальных условиях зоны резания; температура на переднем крае может превышать 1000°C . Таким образом, знание механизмов износа инструмента и способность прогнозировать срок службы инструмента важна и необходима в резка металла. Любой элемент, изменяющий условия контакта при резке, влияет на износ инструмента. Эти все элементы присутствуют в системе обработки, включающая заготовку, инструмент, интерфейс и станок. Материал заготовки и ее физические свойства определяют силу резания и энергию для применяемых условий резания. Оптимальный производительность режущего инструмента требует правильного сочетания вышеуказанные параметры инструмента и условия резания. Все более новые технологии, такие как минимальная жидкая смазка, были разработаны для снижения стоимости охлаждающей изделия. Динамическая характеристика машины инструмент, на который влияет структура станка и все компоненты.

Они принимают участие в процессе резки, играя важную роль для успешной обработки. Нестабильные процессы резания с большой вибрацией при колеблющейся перегрузке режущего инструмента часто приводят к преждевременному выходу режущей кромки из-за сколов инструмента и чрезмерного использования суппорта.

Тип износа инструмента содержит износ вершины резца и боковой износ на боковой поверхности, которая показана на рисунке 2.4. Глубина кратера КТ выбрана в качестве критерия ресурса инструмента для твердосплавных инструментов. Два других параметра, а именно, ширина

кратера KB и расстояние до центра кратера KM важны, если инструмент подвергается повторной заточке [7].

Боковой износ (рисунок 2.4) приводит к образованию бокового износа. Для измерения износа основной режущий край считается разделенным на следующие три зоны: С - изогнутая часть режущей кромки в углу инструмента; (б) Зона N - четверть изношенной режущей кромки длины b , наиболее удаленной от угла инструмента; и (с) зона В является оставшейся прямой частью режущей кромки между Зонами С и N. Максимальный $V_{BB} \max$ и средняя ширина V_{BB} бокового износа измеряется в зоне В, износ надреза V_{BN} измеряется в зоне N, а угол инструмента износ V_{BC} измеряется в зоне С. Как таковые, следующие критерии для твердосплавные инструменты обычно рекомендуется: (а) средняя ширина зона износа боковой поверхности $V_{BB} = 0,3$ мм, если зоны износа боковой поверхности считается регулярно изнашиваемой в зоне В; (б) максимальная ширина зоны износа боковой поверхности $V_{BB} \max = 0,6$ мм, Кроме того, шероховатость поверхности для чистового точения и длина износной выемки $V_{BN} = 1$ мм. Однако эти геометрические характеристики износа инструмента субъективны и недостаточны. Во-первых, они не учитывают геометрию инструмента (угол наклона, угол режущей кромки, и т. д.), поэтому они не подходят для сравнения параметров износа резания инструменты, имеющие разную геометрию. Во-вторых, они не учитывают режим повышенной нагрузки и, следовательно, не отражают реальное количество снимаемого слоя, удаленный инструментом во время работы, который определяется как время, необходимые критерии для достижения выбранного срока службы инструмента. Чтобы найти подходящий способ замедлить процесс износа, многие проводят анализ механизма износа в течение металла. Установлено, что износ инструмента не формируется уникальным механизмом износа инструмента, но через комбинацию изнашивания нескольких инструментов. Механизмы износа инструмента при резке металла включают абразив износ, износ адгезии, износ раствора, диффузионный износ, износ при окислении, и

т. д., проиллюстрировано на рисунке 2,5.

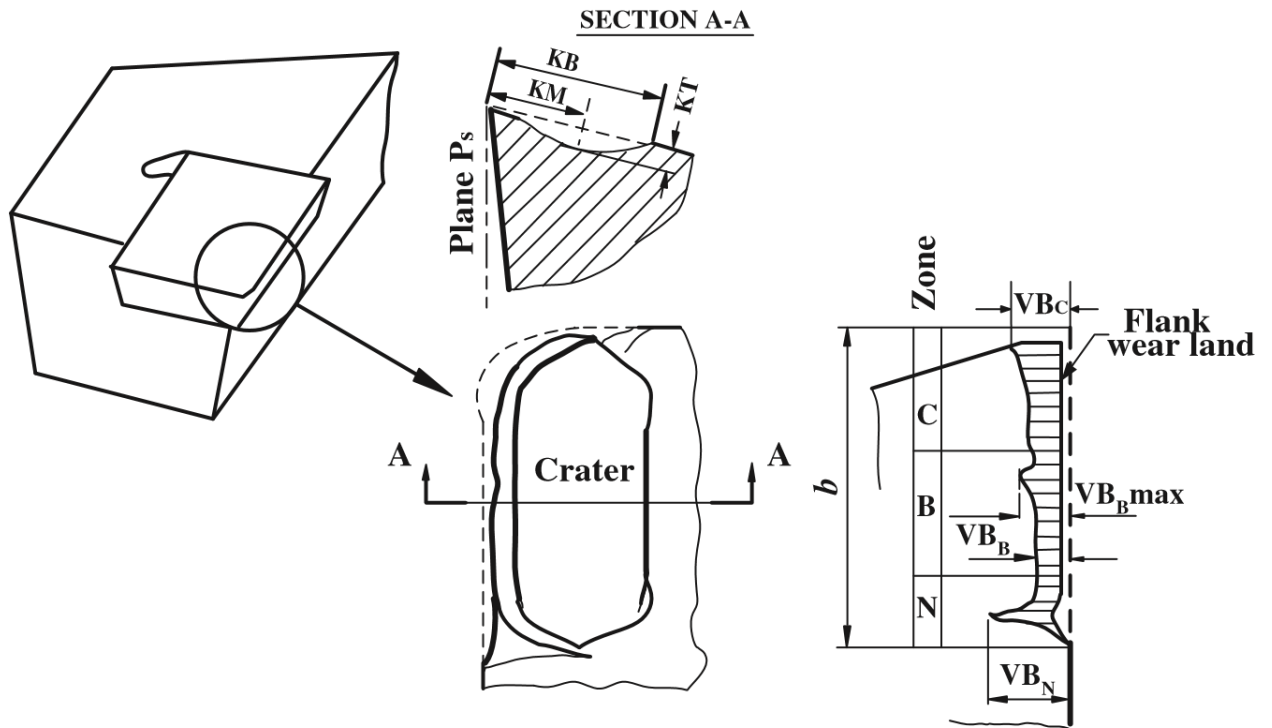


Рисунок 2.4 - Типы износа на токарных инструментах

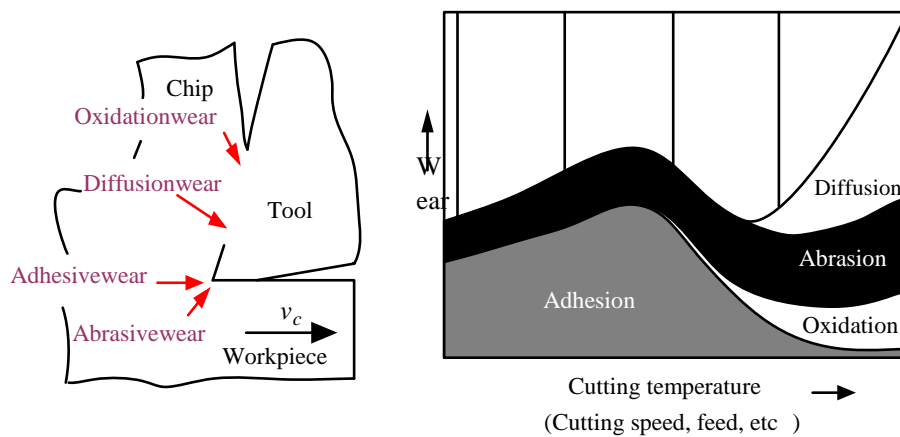


Рисунок 2.5 - Механизм износа при резке металла

2.3 Описание конструкции устройства для двурезцовой обработки

Устройство для обработки двумя резцами, каждый из которых снабжен датчиком силы резания и исполнительным механизмом, соединенными через элемент сравнения и усилитель, отличающееся тем, что, с целью повышения точности обработки, в него введены фазочувствительный каскад, подключенный к выходу усилителя, и два элемента И, каждый из которых включен между соответствующим исполнительным механизмом и фазочувствительным каскадом, при этом вторые входы элементов И соединены с выходом элемента сравнения, двум входам которого подключены датчики сил резания, а в качестве исполнительных механизмов использованы гидравлические лопастные механизмы поворота резцов относительно оси, проходящей через вершины резцов.

Изобретение относится к технологическим средствам машино- и приборостроения и может быть использовано при обработке деталей, преимущественно нежестких, в различных отраслях промышленности.

Известны способы и устройства для многорезцовой обработки деталей, в которых по результатам измерения составляющих сил резания подстраивают каждый из резцов в отдельности, причем резцы оснащены датчиками сил резания и автономными приводами; инструментальные каретки суппортов смонтированы на отдельных направляющих и связаны одна с другой нежестко, например, с помощью опор качения; на направляющих корпуса самоустанавливается плавающий блок с двумя резцами.

Недостатки рассмотренных способов многоинструментной обработки следующие: низкая точность обработки из-за скачка при переходе от трения покоя к трению движения при наладке резцов; малая чувствительность к регулирующим воздействиям и низкая плавность наладки; небольшие виброгасящие свойства; рост реакции в опорах при повышении силы обработки, а это приводит к повышению погрешности и снижению

производительности резания.

Известно устройство для токарной обработки несколькими резцами, в котором с целью управления распределением между резцами срезаемого слоя материала заготовки резцы располагают в одном сечении среза и поднастраивают по результатам измерения действующих на каждый резец сил резания или их составляющих путем перемещения каждого из них в отдельности. Устройство содержит систему управления с датчиками сил резания на каждом из резцов и исполнительными механизмами, соединенными через элемент сравнения и усилитель.

Недостатки этого устройства заключаются в низкой чувствительности и плавности поднастройки и сравнительно невысокой точности обработки из-за переменной силы трения в направляющих при поднастройке, что приводит к снижению точности и производительности обработки.

Указанная цель достигается тем, что в устройство для токарной обработки двумя резцами, каждый из которых снабжен датчиком силы резания и исполнительным механизмом, соединенными через элемент сравнения и усилитель, введены фазочувствительный каскад, подключенный к выходу усилителя, и два элемента И, каждый из которых включен между соответствующим исполнительным механизмом и фазочувствительным каскадом, при этом вторые входы элементов И соединены с выходом элемента сравнения, к двум входам которого подключены датчики сил резания, а в качестве исполнительных механизмов использованы гидравлические лопастные механизмы поворота резцов относительно оси, проходящей через вершины резцов.

На рисунке 1 представлена схема устройства для токарной обработки; на рисунке 2 — сечение А-А на рисунке 1; на рисунке 3 - система управления устройством; на рисунках 4-7 - схемы изменения углов в плане φ , φ' , φ'' и ширины резания B , B_1 и B_2 в зависимости от угла поворота $+\alpha$ и $-\alpha$ вала резцедержателя; на рисунке 8 — вариант конструкции устройства.

Устройство для токарной обработки несколькими резцами содержит установленные на профильных направляющих I станка салазки 2. В патроне 3 шпинделя станка закреплена деталь 4. На салазках 2 симметрично относительно осей шпинделя 3 и детали 4 установлены поперечные направляющие 5 и 6, на которых размещены резцедержатели 7 и 8 с резцами 9 и 10 соответственно.

Резцедержатели 7 и 8 соединены между собой винтом 11 с разнонаправленной резьбой одинакового шага на концах винта. Винт 11 оснащен маховиком 12 для ручной поднастройки на размер и одновременно оснащен приводным двигателем 13, например шаговым, для автоматического изменения размеров обрабатываемой детали 4 в процессе обработки.

Резцедержатели 7 и 8 жестко закреплены на валах 14 и 15 (рисунок 2), причем оси валов 14 и 15 проходят через вершины резцов 9 и 10. Каждый вал 14 и 15 жестко соединен с лопастью 16 и 17, а подвижные части резцедержателей 7 и 8 образуют с основаниями 18 и 19 поворотные лопастные камеры, например, гидравлические.

Каждый из резцов 7 и 8 устройства оснащен датчиками 20 и 21 для измерения сил резания или их составляющих. Выходы датчиков 20 и 21 подключены к элементу 22 сравнения, выход последнего соединен через усилитель 23 с фазочувствительным каскадом 24. Выходы фазочувствительного каскада 24 подключены к первым входам логических элементов И 25 и 26, к вторым входам которых подключен один из выходов сравнивающего элемента 22. Выходы логических элементов И 25 и 26 связаны через электрогидравлические преобразователи 27 и 28 с поворотными лопастными камерами резцов 9 и 10.

Кроме того, в модификации устройства для реализации способа (рисунок 8) валы 14 и 15 резцедержателей 7 и 8 оснащены червячными секторами 29 и 30, в зацепление с которыми входят червяки 31 и 32, в свою

очередь соединенные с приводными двигателями 33 и 34.

На чертежах приняты следующие обозначения: X, Y - оси координат; P_x, P_y - радиальная и осевая составляющие силы резания; $\varphi, \varphi', \varphi''$ — углы в плане; $+\alpha$ и $-\alpha$ углы поворота валов резцедержателей 7 и 8 вокруг вертикальной оси, проходящей через вершины резцов 9 и 10, при поднастройке; B, B_1, B_2 – ширина резания, соответствующая главным углам в плане $\varphi, \varphi', \varphi''$.

Токарная обработка ведется следующим образом.

Деталь 4 устанавливают в патроне 3 станка. Вращением маховика 12 устанавливают вершины резцов 9 и 10 симметрично относительно оси детали 4, а также выставляют на определенный размер обработки. На фиг. 4 показана схема обработки, углы в плане и ширина резания B , соответствующие начальному моменту обработки. Приводят деталь 4 во вращение, салазкам 2 сообщают движение продольной подачи и осуществляют процесс резания. В процессе взаимодействия резцов 9 и 10 с деталью 4 возникает сила резания и ее составляющие P_x, P_y и P_z .

В процессе обработки с помощью датчиков 20 и 21 измеряют силу резания или ее составляющие и пропорциональные им сигналы подают на сравнивающий элемент 22. Сигнал рассогласования поступает на первые входы элементов И и подготавливает их к работе. Одновременно сигнал рассогласования через усилитель 23 подачи на фазочувствительный каскад 24, который определяет знак, и в зависимости от знака поступает на логический элемент И 25 или 26. Далее сигнал поступает на электрогидравлический преобразователь 27 или 28 и открывает доступ рабочему телу - маслу (гидростанция условно не показана) в полости поворотных лопастных камер резцов 9 или 10, при этом лопасть 16 камеры резцедержателя 8 с резцом 10 поворачивают в требуемую сторону. Вместе с валом 14 или 15 разворачивают 7 с резцом 9 или резцедержатель 8 с резцом 10 в горизонтальной плоскости относительно вертикальных осей, проходящих через оси валов 14 или 15 и вершины резцов 9 и 10, на угол $+\alpha$ (рисунок 5), $-\alpha$ (рисунок 6) или резца 9

на угол $-\alpha$ (рисунок 7). При этом, не внедряясь в обрабатываемую поверхность детали 4, изменяют углы в плане φ , φ' (рисунок 5) и φ'' (рисунок 7), соответственно изменяют ширину резания B и вносят корректирующую поправку в относительное положение резцов 9, 10 и детали 4. По окончании точения участка детали 4 одного диаметра отключают продольную подачу, разворачивают резцы 9 и 10 в исходное положение (рисунок 4). Посредством маховика 12 или двигателя 13 и витка 11 с разнонаправленной резьбой проводят настройку на обработку следующего участка детали 4. В дальнейшем обработку ведут аналогично. Величины сил резания P_x регистрируются динамометрическими узлами, оснащенными пьезоэлектрическими преобразователями-датчиками 20 и 21.

Резцы поворачиваются относительно осей 14 и 15 с учетом знака на величины $\pm\alpha$ до тех пор, пока силы резания P_x , постоянные и переменные составляющие, не сравняются по величине.

Управление поворотом резца относительно оси, проходящей через его вершину, позволяет уравновесить силы P_x в течение одного оборота как их переменные, так и постоянные составляющие, что приводит к минимальному отжиму резцов и стабилизации оси детали в процессе резания, что позволяет увеличить глубину резания и подачу.

Испытание опытно-промышленного образца проводилось на токарном станке 1 А 616. Геометрические параметры обрабатываемых валов: длина 450мм, диаметр варьировался от 20 до 30мм, материал заготовок - сталь 40ХН и 40Х13. Геометрия инструмента $\varphi = 36$, $\varphi' = 24$, сечение державки резца 16×20 , вылет 25мм, скорости резания $U = 100-150$ м/мин, глубина резания $t = 1-4$ мм, подача $S = 0,054-0,11$.

Точность обработки валов в поперечных сечениях повысилась в 1,33-1,5раза, производительность увеличилась на 30-35% путем увеличения подачи и глубины резания без потери виброустойчивости, шероховатость обрабатываемых поверхностей уменьшилась с $R_a 2,0$ до $R_a 0,63$.

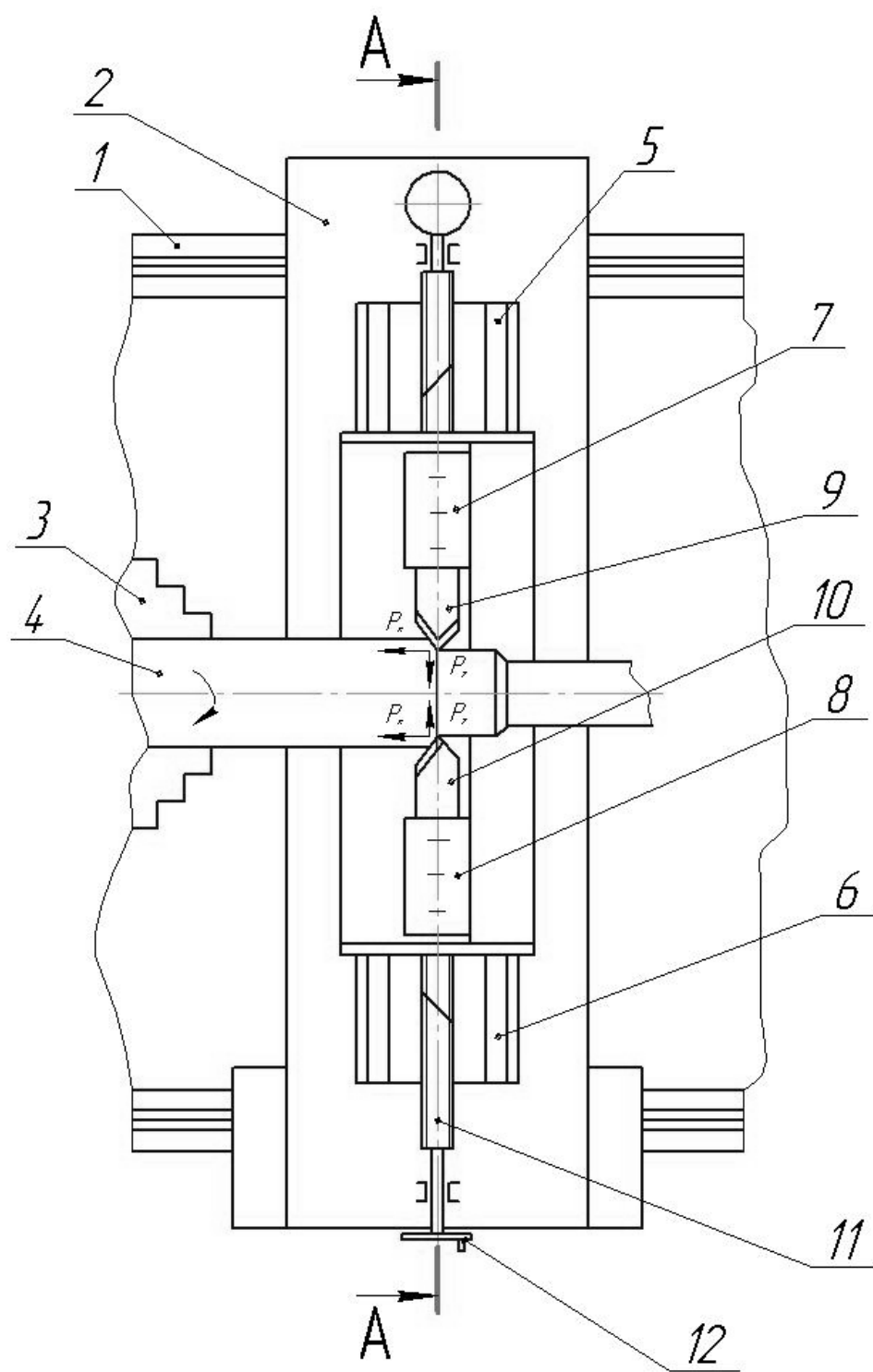


Рисунок 1 – Вид сверху

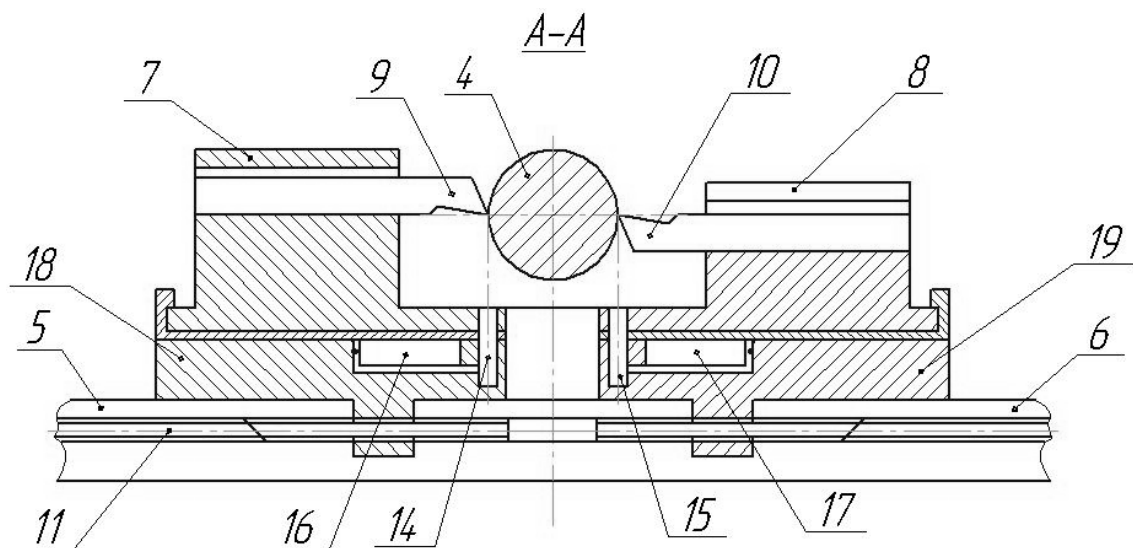


Рисунок 2 – Вид сбоку

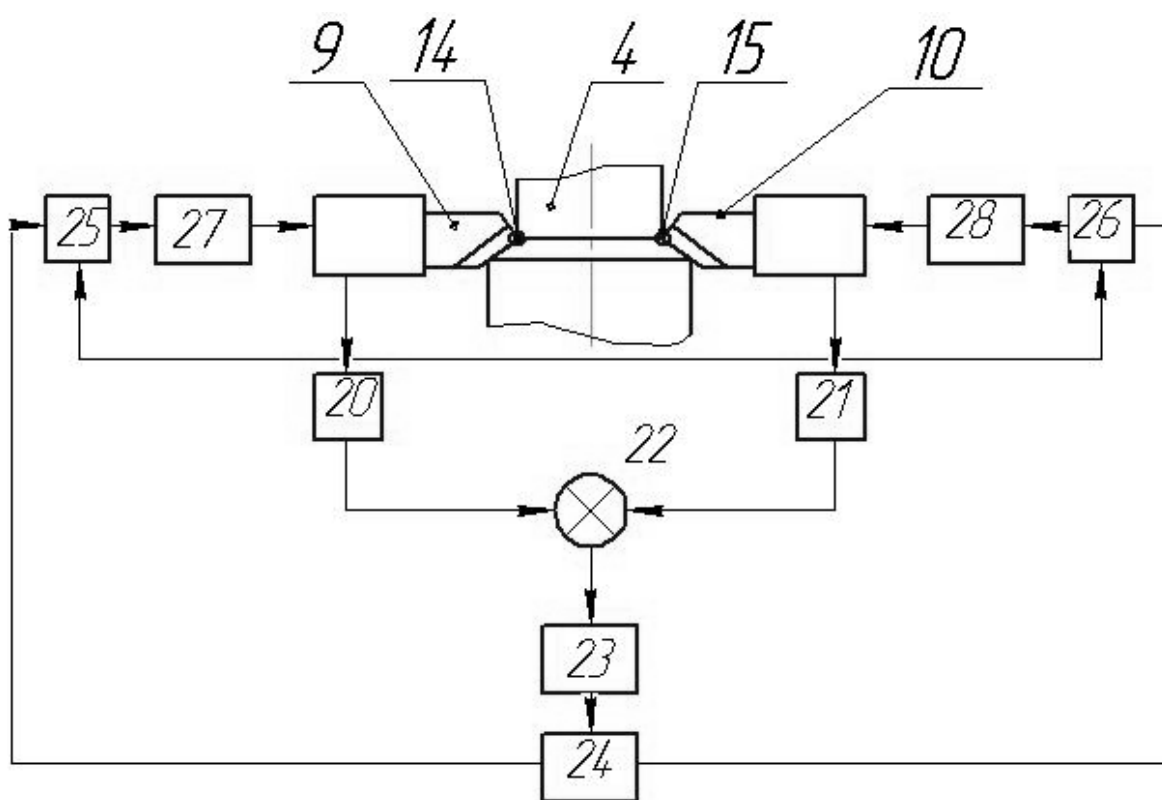


Рисунок 3 – Схема управления

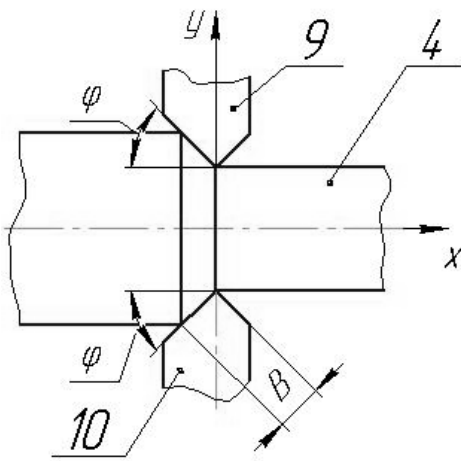


Рисунок 4 – Средний угол в плане

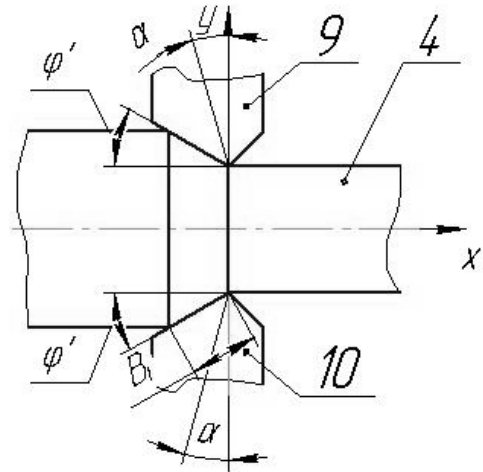


Рисунок 5 – Увеличенный угол в плане

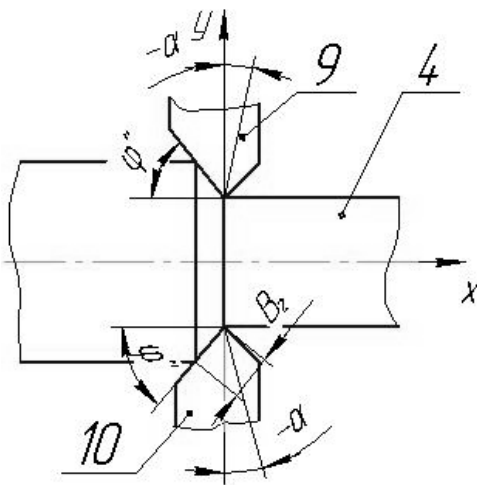


Рисунок 4 – Малый угол в плане

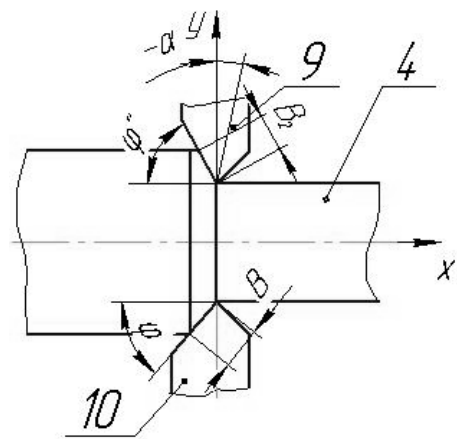


Рисунок 5 – Неодинаковый угол в плане

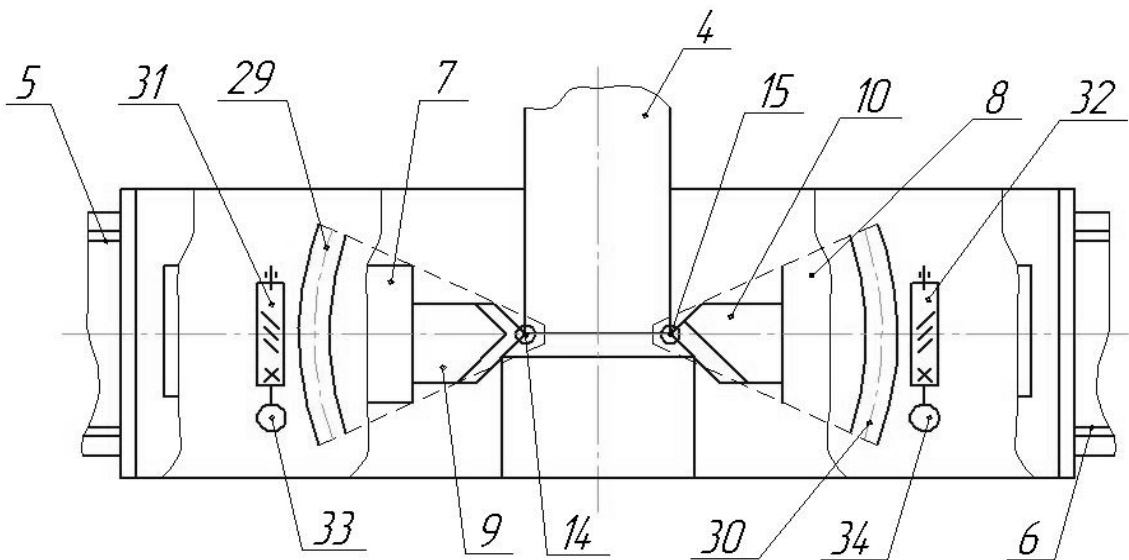


Рисунок 6 – Секторы поворота резцов

2.4 Численное моделирование обработки

В конечно-элементном моделировании существует два типа анализа, в которых непрерывную среду можно описать: эйлерово и лагранжево. В лагранжевом анализе вычислительная сетка деформируется с материалом, где, как и в эйлеровом анализе, это фиксируется в пространстве. Лагранжево вычисление встраивает вычислительную сетку в материал и решает для положения сетки в дискретные моменты времени. Обновленный Лагранжева формулировка с непрерывным перемешиванием была использована при моделировании непрерывное и сегментированное образование стружки в процессах механической обработки (Ceretti et al., 1996; Klocke et al., 2001; Леопольд и др., 1999; Мадхаван и др., 2000; Марусич и Ортиз, 1995; Озел и Алтан, 2000; Sekhon and Chenot, 1992). Техника ALE сочетает в себе особенности чисто лагранжева и эйлерова анализов. Формула ALE также используется в имитация обработки, чтобы избежать частого повторного смешивания для отделения стружки (Adibi-Sedeh и Мадхаван, 2003; Arrazola et al., 2007; Хаглунд и др., 2005; Мовахеды и др., 2000; Оловссон и др., 1999; Озел и Зерен, 2005; Rakotomalala et al., 1993). Численное моделирование трехмерного течения является необходимым условием для точного прогнозирования инструмента; поля силы, напряжения, температуры, деформации и скорости деформации [9]. Это также позволяет оценить поверхностное состояние обработанной поверхности, то есть остаточные напряжения, индуцированные в заготовки. Конечно-элементная модель для трехмерной токарной обработки была также представлена ранее исследования. В 3D FEM исследования для моделирования процессов обработки, Го и Дорнфельд (1998) представили модель для моделирования образования заусенцев при точении нержавеющей стали. Ceretti и другие. (2000) использовали 3D FEM для моделирования при токарной обработке алюминиевых сплавов и низкоуглеродистых стали в ортогональных и наклонных условиях резания. Го и Лю (2002) предложили 3D FEM для

токарной обработки стали AISI 52100 с использованием инструментов PCBN. Модель была использована для прогнозировать силы резания, распределение температуры по режущей кромке и остаточное распределение напряжений на обработанной поверхности. Они также представили основную чувствительность анализ напряжения потока и трения. Эффекты подготовки кромок в режущих инструментах для твердых точение было изучено с помощью моделирования FEM Yen et al. (2004) и Chen et al. (2006). Klocke и Kratz (2005) использовали 3D FEM для расчета умеренной температуры на Инструмент для снятия фасок с кромки PCBN. Aurich and Bil (2006) предложили 3D модель FEM для формирование зубчатого чипа. Совсем недавно Arrazola et al. (2007b) предложил 3D FEM модель для прогнозирования остаточных напряжений.

Во время точения металла, величина температуры на режущей кромке функция параметров резания. Эта температура непосредственно влияет на производство. Тепло, генерируемое во время обработки, зависит от многих факторов, включая срок службы инструмента, образование стружки, качество поверхности, силы резания и т. д. Максимальное нагревание происходит на режущей кроки. Таким образом, обрабатываемость может быть улучшена путем контроля температуры резания инструмента.

Оценка температуры является одной из самых сложных и сложных процедур в операциях резки металла. Из-за сложности различных событий, происходящих в точке контакта инструмента и заготовки, разработка модели для измерения температуры является чрезвычайно сложным процессом. Следовательно, точное и повторяемое предсказание температуры по-прежнему остается проблемой из-за сложности контактных явлений. Довольно сложно измерить температуру, потому что тепло в регионе очень близко к режущей кромке. Из-за отсутствия достаточных экспериментальных данных проверить математическую модель не представляется возможным, однако были предприняты многочисленные попытки измерения температуры в операциях механической обработки.

Мы разработали аналитическую модель прогнозирования для измерения температуры резания при механической обработке. Они пришли к выводу, что температура резания-функция скорости резания и скорости подачи. Они определили среднюю скорость резания как: $t = V^{0.5}f^{0.3}$ (1) где t -средняя температура резания, V -скорость резания, а f -скорость подачи.

Методы измерения температуры включают термопару со встроенной парой инструмент-чип, измерение инфракрасного излучения (пирометры, инфракрасная фотография и т. д.) и использование термочувствительной краски, а также металлография на основе изменения микроструктуры металла или микротвердости, измерение цвета закала и использование тепловых камер. Каждый метод имеет свои преимущества и ограничения в зависимости от физических измерений.

Термопары являются одним из наиболее широко используемых экспериментальных методов измерения температуры при механической обработке. Термопары являются проводящими, недорогими, могут работать в широком диапазоне температур и могут быть легко применены; однако они измеряют только среднюю температуру по всей площади контакта инструмента и заготовки. Стивенсон заявил, что на основе этого метода измерения с использованием термопар средняя сила электродвигателя (ЭДС) находится в интерфейсе инструмент-заготовка. Grzesik исследовал влияние температуры интерфейса инструмент-работа при обработке AISI 1045 и AISI 304 с использованием инструментов с покрытием. Стандартная термопара К-типа введенная в workpiece была использована для того чтобы измерить температуру интерфейса. Трение на боковой поверхности оказало большое влияние на тепло, генерируемое при скорости резания около 200 м/мин. измерили температуру обрабатываемой поверхности двумя термопарами, вставленными в заготовку при обработке алюминия 6082-T6. Результаты показали, что увеличение скорости резания привело к уменьшению сил резания и температуры обрабатываемой поверхности. Это снижение температуры было связано с более высокой скоростью удаления металла, что

привело к тому, что стружка уносила больше тепла.

Используем метод с термопарами к-типа для того чтобы проанализировать изменения температуры в вставках карбида реза различные материалы как медь, литое железо, алюминий 6061 и сталь Аиси 1045. Они наблюдали, что колебания температур в местах вблизи режущей кромки были более жесткими для пластичных материалов и менее жесткими для труднообрабатываемых материалов. Yujing et al. сообщили об экспериментальном исследовании влияния параметров резания на температуру резания при фрезеровании Ti6Al4V с применением полуискусственной термопары. Результаты анализа показали, что температура инструмента и заготовки выполняется в аналогичном восходящем тренде с увеличением параметров резания, включая скорость резания, скорость подачи, радиальную подачу и осевую подачу, и что степени их влияния последовательно уменьшаются. Исследовано предсказание температуры при ортогональной обработке композитов Al/SiCp. С помощью термопары проводились эксперименты по измерению температуры вдоль кромки режущего инструмента при различных скоростях резания и глубинах резания, сохраняя постоянную скорость подачи, при точении твердосплавным режущим инструментом к-20. Проведен анализ стационарного теплопередачи и сообщено о распределении температуры на режущей кромке, зоне сдвига и областях сопряжения.

В дополнение к термопарам, методы ИК вероятно второй самый общий метод для измерять температуры подвергать механической обработке. В ИК-методике температура поверхности тела измеряется на основе его излучаемой тепловой энергии. В данной методике измеряется излучение от инструмента, заготовки и стружки для установления температуры на внешних поверхностях этих областей. Радиационные методы-это бесконтактные методы измерения температуры поверхности тела на основе его излучаемой тепловой энергии. Этот метод возможно самый соответствующий в точности, где высокие температуры можно легко

захватить, по мере того как никакой непосредственный контакт с тепловым источником. С другой стороны, стружка затрудняет измерение температуры на интерфейсе инструмент-стружка. Lin et al. Использовали инфракрасный пирометр для измерения температуры инструмента-стружки для твердосплавных и керамических инструментов со скоростью резания 600 м/мин. Dewes et al. использовали ИК-камеру и метод термопары для измерения температуры стружки при обработке закаленной стали H13 при высокоскоростной обработке. В исследовании для сравнения теплового потока через паяемые и скрепленные инструменты использовалась ИК-камера Darwish et al. измерить температуру интерфейса инструмент-обломок в ортогональных испытаниях вырезывания. Янг использовал ИК-камеру для измерения температуры задней части стружки и температуры интерфейса при ортогональной резке стали AISI 1045.

Влияние параметров резания на температуру инструмента было изучено в других исследованиях, таких как Chu и Wallbank в 1998 году, где была установлена зависимость между температурой резания и параметрами резания для определенного диапазона скоростей резания и скоростей подачи. Установлена зависимость температуры заготовки от параметров резания, и результаты показали, что температура хорошо коррелирует со скоростью резания и скоростью подачи, но мало влияет на радиус. Liang et al. Разработана трехмерная обратная процедура теплопроводности, которая была предложена для количественного определения установившейся температуры интерфейса инструмент-стружка при сухом точении. Инфракрасный метод использовался для измерения температуры на грани вставки во время переходного процесса охлаждения после остановки движения подачи. С экспериментально измеренными температурными данными для решения эффективного теплового потока на интерфейсе инструмент-стружка и температуры интерфейса при токарной обработке использовались трехмерная модель теплопроводности резца и схема оптимизации. Згорняк и Грдуньска измерили распределение температуры в

зоне резания при концевом фрезеровании магниевого сплава AZ91MP с помощью ИК-метода измерения. Таким образом, можно наблюдать за распределением температуры и даже контролировать температуру стружки, созданной в процессе производства; однако измерение температуры при механической обработке по-прежнему является проблемой, требующей уникальных решений.

В данном исследовании для измерения инструментальных и инструментально-чип-интерфейсных температур при ортогональной резке металла были выбраны наиболее широко используемая встроенная термопара к-типа и инфракрасный пирометр. Наблюдалось влияние скорости резания, скорости подачи и глубины резания на температуры. Распределение тепла в режущем инструменте, интерфейс инструмент-стружка и заготовка предоставили полезную информацию об оптимизации выбранных параметров резания.

2.6 Температуры при многолезвийной обработке

В процессе резания почти вся энергия, рассеиваемая при пластической деформации, превращается в тепло, что, в свою очередь, повышает температуру в зоне резания. Поскольку тепловыделение тесно связано с пластической деформацией и трением, при резании можно указать три основных источника тепла: (1) пластическая деформация путем сдвига в основной зоне сдвига; (2) трение на режущей грани; и (3) трение между стружкой и инструментом на фланке инструмента.

Температура вызывает размерные погрешности на обрабатываемой поверхности. Режущий инструмент удлиняется в результате повышения температуры, а положение режущей кромки инструмента смещается в сторону обрабатываемой поверхности, в результате чего погрешность размеров составляет примерно 0,01–0,02 мм. Поскольку процессы тепловыделения, диссипации и термической деформации твердого тела являются переходными, для достижения устойчивого состояния требуется

некоторое время [28]. Жара главным образом рассеяна сброшенным обломком, который носит прочь приблизительно 60% -80% из полной жары. Workpiece действует как теплоотвод рисую 10% -20% из жары прочь, и режущий инструмент рисует прочь ~10% из жары. Баланс тепловыделения и тепловыделения при резании металла показан на Рис. 2.7

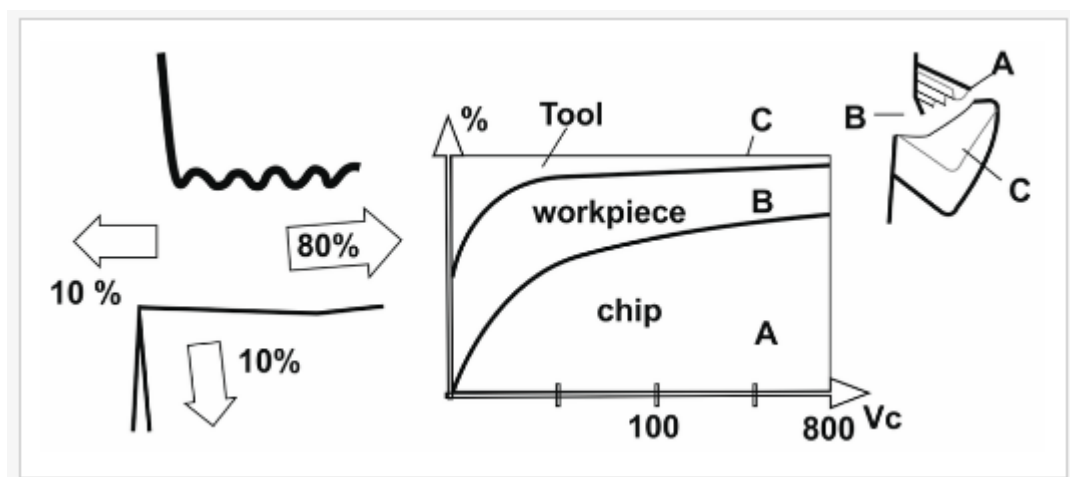


Рисунок 2.7 - Баланс тепловыделения и тепловыделения при резке металлов

Температура резания не постоянная повсеместно на инструменте, оно распределяется обломок. Можно заметить, что максимальная температура развивается не на самой режущей кромке, а на целом пятне контакта, на некотором расстоянии от режущей кромки. Температурное поле в зонах резания показано на рисунке 2.8.

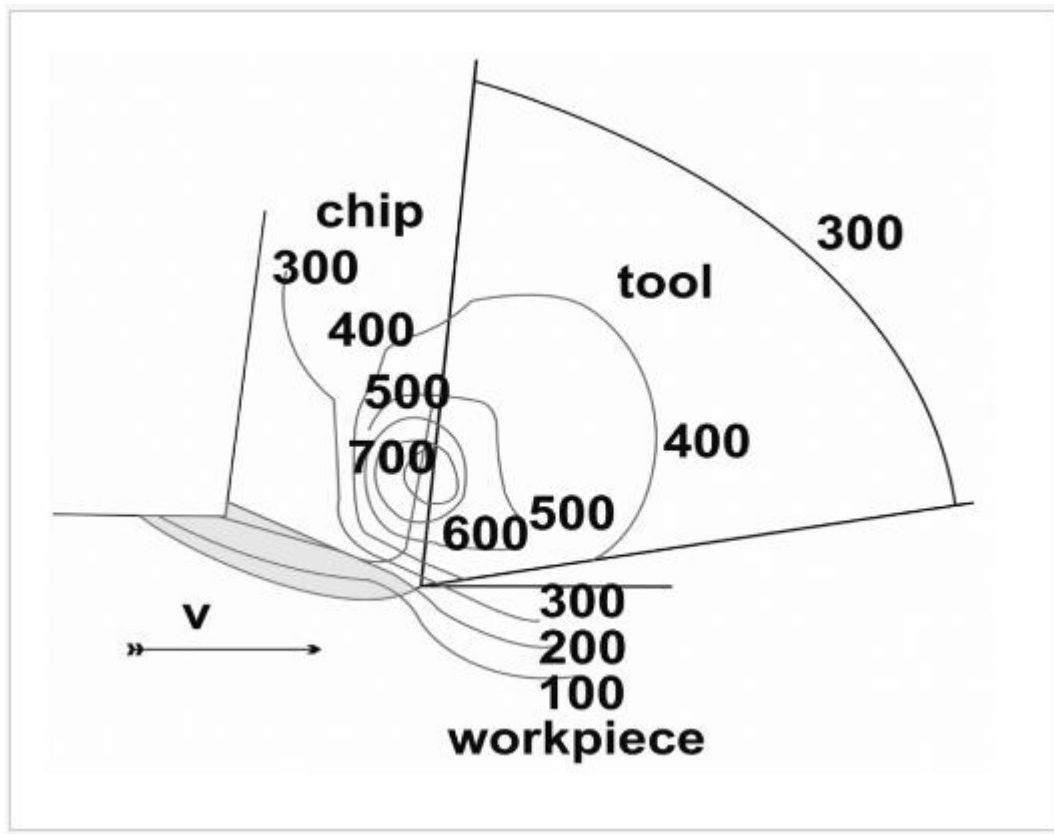


Рисунок 2.8 - Кривые Со-температуры

Тепло, генерируемое в процессе резки металла вследствие пластической деформации энергии, которая превращается в тепло. Скорость генерации тепла, Q (W), задается Sata и Takeuchi [25,26] как: $Q=1.68af^{0.15}V^{0.85}$ (2) где a -глубина резания (мм), f -скорость подачи (мм/Об), а V -скорость резания (м/мин).

3 Обработка маложестких валов с уникальным приспособлением

3.1 Влияние обработки на точность изготавливаемых деталей

Недавний быстрый технический прогресс в станке производительность в значительной степени объясняется подачей привода и управление движением шпинделя и машины и контроль температуры охлаждающей жидкости [10]. Достижения в численном отношении управляемые станки сделали необходимым эксперту операторы машин и программисты деталей для определения параметры обработки и работы, такие как выбор инструментов, скорости подачи, скорости шпинделя и глубины резания. В обычной обработке с числовым управлением наблюдается из управления процессом, как показано на рисунке 3.1 [2], операторы осуществляют планирование и программирование процессов с использованием программное обеспечение автоматизированного производства (САМ) или система автоматического программирования, установленная на ЧПУ. На тесте режет, операторы наблюдают за процессом обработки через обработку звука, вибрации, сколов и шпиндельного двигателя нагрузки. При возникновении ненормальных процессов, таких как вибрация или перегрузка, операторы обычно пытаются изменить скорость вращения шпинделя или подача. Они соблюдают качество обработки поверхности чистота и точность размеров обрабатываемых деталей, и, если необходимо, измените программы ЧПУ или отрегулируйте обработку условия для повышения точности обработки. Это можно рассматривать как контроль обратной связи с человеком принятие решения оператора, как показано на рисунке 3.1. Чтобы помочь даже неопытному механизму в выполнении высокопроизводительных и высокоточных процессов обработки, много усилий было уделено исследованию автономного определения параметров обработки для контроля обратной связи при минимальном вмешательстве человека. Несмотря на необходимость таких подходов, широко признанных в

производстве, их коммерческая реализация. Этот показатель остается ограниченным, прежде всего из-за стоимости датчиков и надежность. Кроме того, на наш взгляд, большинство исследований сосредоточился на способах управления механической обработкой, без четко представление практического преимущества установки управления процессом обработки. В данной статье рассматриваются схемы мониторинга и контроля сила резания или крутящий момент. Их практическая реализация вопросы будут обсуждаться

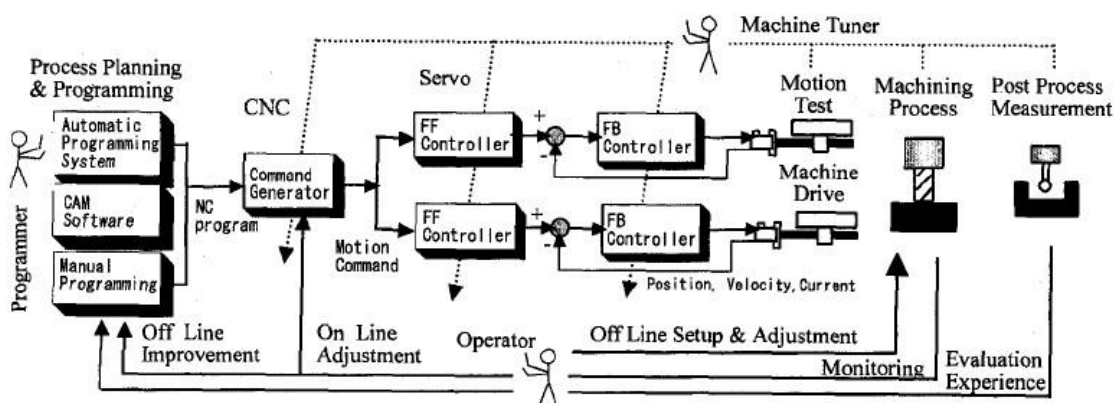


Рисунок 3.1 - Обычная конфигурация обработки с точки зрения управления процессом

Ломка инструмента является дорогостоящей как из-за потери времени и уничтоженных материалов инструмента. Отказ инструмента оценивается в 20% времени простоя среднего современного станка [13]. Можно избежать поломки инструмента и сильного износа инструмента, используя консервативные условия обработки, которые приносят в жертву эффективность обработки. Многие специалисты по обработке деталей имеют тенденцию выбрать тяжелую обработку, а не высокоскоростную механическую обработку, для которой может потребоваться более частая смена инструмента и более высокая стоимость инструмента. Точный, надежный мониторинг состояния инструмента (ТСМ) может сократить время

обработки на 10-50%, сокращение времени простоя путем предварительного планирования, что привело к активному изучению износа инструмента на месте и обнаружение поломки. В этом разделе рассматриваются сила резания и контроль крутящего момента. Мы все вместе называем датчики, установленные на станках для контроля силы резания «внешних» датчиков. Это в отличие от «внутренних» датчиков - датчики тока для сервопривода и шпиндельные двигатели, установленные на станках с ЧПУ. Коммерчески доступные динамометры измеряют силу резания с помощью кварцевых пьезоэлектрических преобразователей [14]. Настольные и шпиндельные динамометры имеются в продаже. Эти динамометры имеют достаточно разрешение для микро-обработки с использованием не вращающегося инструмента или миниатюрного вращающегося инструмента до нескольких диаметров дюжины микрон. Несмотря на точность и надежность коммерческих динамометров, их высокая стоимость может ограничить их использование при управлении процессом обработки.

3.2 Описание ситуации

Когда идет точение длинномерных валов (это отношение длины к диаметру более 10) такие операции очень трудоемки. Все дело в том что заготовка имеет очень малую жесткость, добавляются вибрации, а точность и производительность падает, остро встает вопрос с необходимым оборудованием и оснасткой.

Что бы повысить скорость и точность обработки длинномерных заготовок применяют всевозможные опоры люнеты (например, люнеты), которые существенно повысят жесткость заготовки. То как будут установлены люнеты является самым решающим фактором на производительность точность обработки длинномерных валов в показатели входят (характер закрепления, выбор тех. базы. Изобретение позволяет повысить качество и производительность обработки. Резание осуществляют в направлении к обработанной поверхности одновременно двумя

стружкообразующими гранями, расположенными по обе стороны от плоскости проходящей через ребро пересечения стружкообразующих граней в направлении вектора скорости резания. Ребро пересечения стружкообразующих граней смещено относительно ребра на торце на величину, обусловленную оптимальной величиной осевого смещения вершин, причем вершина, принадлежащая ребру на торце выполнена наиболее выступающей вдоль трехгранного режущего элемента [11].

3.3 Анализ описанной ситуации

Правильно установленный люнет любого типа позволяет значительно повысить точность обработки детали, целостность деталей, защитить и облегчить работу станочника. Устройство расширяет мин. и макс. параметры заготовки, обеспечивает дополнительные углы фиксации деталей. Оно просто надежно и легко устанавливается.

Мобильный люнет проще в установке, и тем не менее выдают большую точность обработки. Перед стоит обратить внимание работы особое внимание следует уделить регулировке кулачков и тщательной проверке фиксации заготовки, что немного снижает интенсивность производства. Цена моделей может очень сильно варьироваться но оно помогает снизить общую себестоимость.

Поворот места соприкосновения детали с фиксаторами устойчивой может быть выполнен только в случае грубых работ.

Если деталь имеет фиксированные размеры или ее поверхность уже предварительно обработана, то вам не следует выполнять предварительную токарную обработку с ней.

Если оператор выполняет отделочные работы, но необходимо надежно закрепить деталь, тогда вы можете использовать специальный цилиндрический подкладочный валик. По диаметру она должна быть аналогична диаметру заготовки в месте ее контакта с кулачками устойчивой конструкции. Одна часть футеровки закреплена в устройстве, а другая - в

картридже машины. При работе с очень тонкими или длинными деталями не всегда возможно предварительно пробить шейку для установки в устойчивое положение. В этом случае рекомендуется сделать несколько временных шеек с максимальным приближением к передней бабке. Желательно отрегулировать резак станка под отрицательным углом. В противном случае он может оттолкнуть деталь от себя, в результате чего точность обработки снизится.

4 Сравнительный анализ односторонней обработки и двухсторонней обработки

4.1 Токарная односторонняя обработка

Изначально рассмотрим точение одностороннее. К наиболее распространенным методикам изготовления деталей с заданными геометрическими параметрами относится токарная обработка металла. Суть данной методики, позволяющей также получать поверхность с требуемой шероховатостью, заключается в том, что с заготовки убирают лишний слой металла. Принципы токарной обработки. Описывается модернизация многорезцовой головки для высокопроизводительного точения длинных труб. Для повышения точности обработки и виброустойчивости процесса резания между резцами многорезцовой головки установлены подпружиненные выброгасители. Конструкция последних позволяет регулировать жесткость закрепления заготовки и деформирующие способности технологической системы [8]. Высокоскоростная механическая обработка (HSM) может производить детали с высокой производительностью с существенно более высокой усталостной прочностью и повышенной микротвердостью поверхности и пластической деформацией, главным образом из-за круглой режущей кромки инструмента, связанной с наведенными напряжениями, и может иметь гораздо больше превосходные свойства поверхности, чем поверхности, полученные при шлифовании и полировке. Округлость режущей кромки может создавать поля напряжения и

температуры на обработанной поверхности и влиять на свойства готовой поверхности, а также на срок службы инструмента. В этом разделе используется метод моделирования методом конечных элементов (FEM) с произвольным анализом тепловых напряжений произвольно лагранжевого эйлера (ALE). Для реалистичного моделирования HSM с использованием инструментов проектирования кромок разработана модель FEM для ортогональной резки и выполняются методы решения, такие как адаптивное построение сетки и явная динамика. Также выполняется детальное моделирование трения на интерфейсах инструмент-стружка и инструмент-работа. Поток рабочего материала вокруг режущего инструмента с закругленными краями успешно моделируется без применения критерия отделения стружки и без использования схемы повторного использования. FEM-моделирование напряжений и результирующих свойств поверхности, вызванных режущими инструментами с закругленными краями, выполняется для HSM стали AISI 4340. После завершения моделирования FEM для различных радиусов кромок и глубины резания инструмент выгружается и напряжения снимаются. Предсказанные поля напряжений сравниваются с экспериментально измеренными остаточными напряжениями, полученными из расчетов. Результаты показывают, что инструменты проектирования с закругленными краями сильно влияют на поля напряжений и температур. Схема оптимизации может быть разработана для определения наиболее желательного дизайна ребер с использованием схемы анализа методом конечных элементов (FEA), представленной в этой работе [30]. Технология токарных работ по металлу предполагает использование специальных станков и режущего инструмента (резцы, сверла, развертки и др.), посредством которого с детали снимается слой металла требуемой величины. Токарная обработка выполняется за счет сочетания двух движений: главного (вращение заготовки, закрепленной в патроне или планшайбе) и движения подачи, совершаемого инструментом при обработке деталей до заданных параметров их размера, формы и качества поверхности.

За счет того, что существует множество приемов совмещения этих движений, на токарном оборудовании работают с деталями различной конфигурации, а также осуществляют целый перечень других технологических операций, к которым относятся:

- нарезание резьбы различного типа;
- сверление отверстий, их растачивание, развертывание, зенкерование;
- отрезание части заготовки;
- вытачивание на поверхности изделия канавок различной конфигурации.

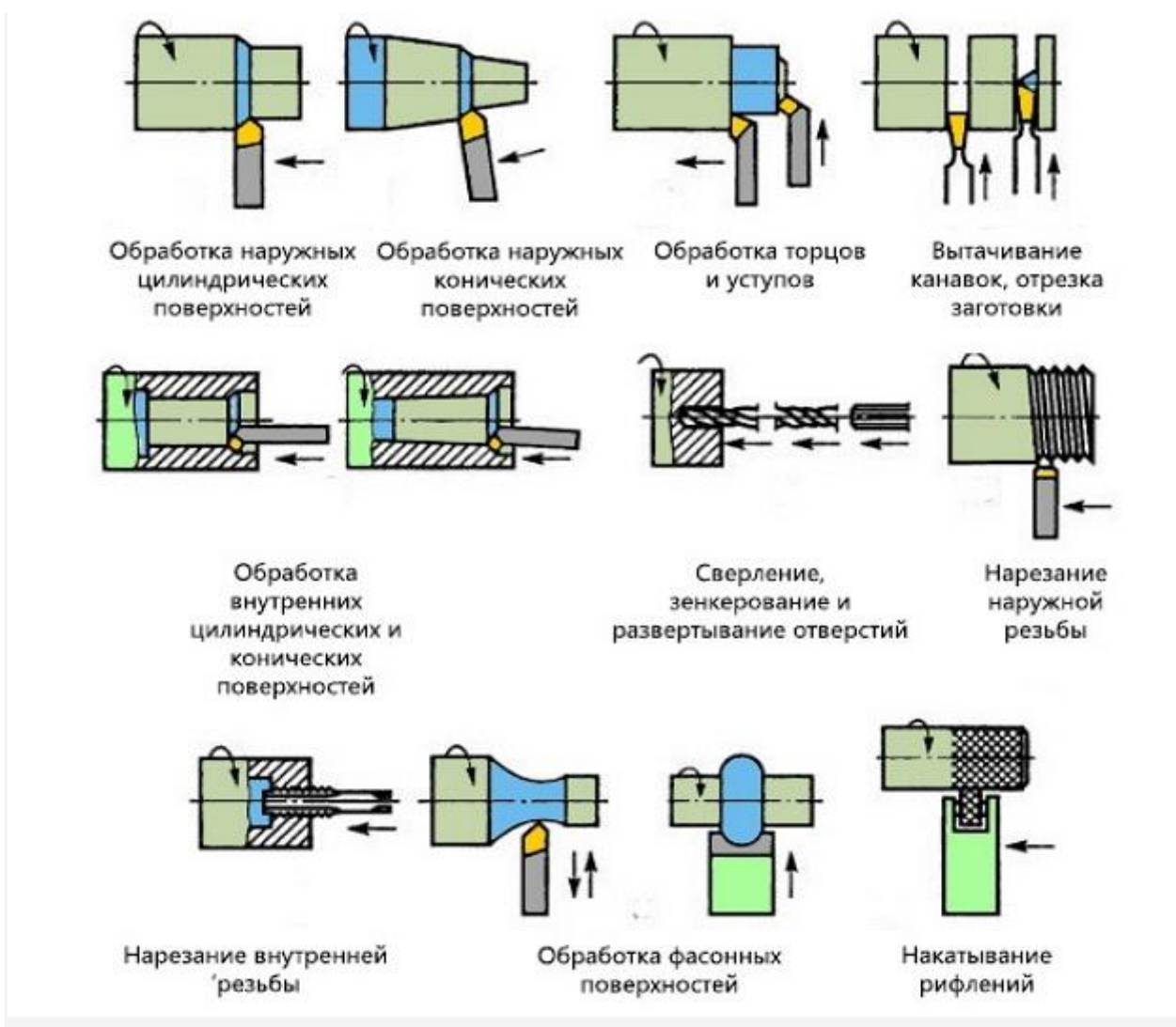


Рисунок 4.1 - Возможности токарной обработки

Качество, точность и производительность обработки, выполняемой на токарном станке, зависят не только от правильного выбора инструмента, но и от его геометрических параметров. Именно поэтому на уроках в специальных учебных заведениях, где обучаются будущие специалисты токарного дела, очень большое внимание уделяется именно вопросам геометрии режущего инструмента [15].



Рисунок 4.2 - Обработка точением

При обработке точением для установки заготовки на станке используются различные приспособления, выбор которых зависит от формы, размеров заготовки, от требований к точности и качеству поверхностей. В зависимости от отношения длины заготовки к ее диаметру обработку заготовки производят, установив ее в патронах, центрах, и в люнетах. При установке нежестких заготовок применяют люнеты подвижные и неподвижные, которые являются дополнительной опорой или опорами для заготовки, воспринимают силы резания и повышают точность и качество обрабатываемых поверхностей. В работе рассмотрены вопросы силового взаимодействия заготовки и инструмента, типы люнетов, способы установки

заготовки в люнетах, люнетов на станке и их влияние на точность, качество и обработку [10].

1 Рассматривается процесс точения конструкционных сталей с наложением на подачу инструмента асимметричных колебаний. В ходе исследования выявлено, что минимальная амплитуда колебаний инструмента, достаточная для стружкодробления, увеличивается с ростом подачи и глубины резания. Получены графические и математические зависимости шероховатости обработанной поверхности от подачи, глубины резания и коэффициента асимметрии цикла колебаний, которые позволили установить ряд новых закономерностей.

Проанализирован процесс преобразования траектории исполнительных элементов станка в траекторию формообразующих движений инструмента относительно заготовки на примере процесса токарной обработки деталей как простой, так и сложной геометрической формы. Рассмотрены теоретические основы этого преобразования и проведены результаты математического моделирования [16]. Известно, что остаточные поверхностные напряжения влияют на усталостную долговечность и трибологические свойства обработанной поверхности, а также связаны с искажением обработанных компонентов. Эти эффекты могут быть либо полезными, либо вредными в зависимости от величины и характера напряженных состояний. Следовательно, были проведены многочисленные исследования для определения взаимосвязи между параметрами процесса обработки и остаточными напряжениями. Эти исследования показывают, что формирование остаточных напряжений зависит от термопластической деформации заготовки. Тем не менее, эти исследования не позволяют адекватно учесть формирование поверхности при окончательной механической обработке. Дополнительные факторы, способствующие термопластичной деформации во время процессов токарной обработки, должны быть исследованы для улучшения понимания формирования остаточных напряжений. Эти факторы включают в себя

геометрию режущей кромки инструмента и твердость заготовки. Геометрия режущей кромки или подготовка кромки важна для точной обработки, поскольку недеформированная толщина стружки имеет такой же порядок величины, как и радиус кромки. Поэтому большая часть взаимодействия между чипом и инструментом происходит вдоль режущей кромки. Твердость заготовки является значительной, поскольку ее можно изменять для изменения характеристик термопластической деформации. Поскольку жесткая токарная обработка представляет собой процесс, который охватывает относительно широкий диапазон значений твердости заготовки. 45–70 HRC из-за того, что заготовка кромок, например, фрезы и фаски, регулярно наносится на пластину CBN при резком повороте, чтобы увеличить ее прочность на разрыв он служит идеальным процессом для изучения влияния этих двух факторов на остаточные поверхностные напряжения [17].

4.2 Исследование динамики двурезцового точения

Проводим моделирование процесса точения двумя резцами. В программе Matlab составляем модель структурной схемы по системам уровней и передаточным функциям (рисунок 4.1).

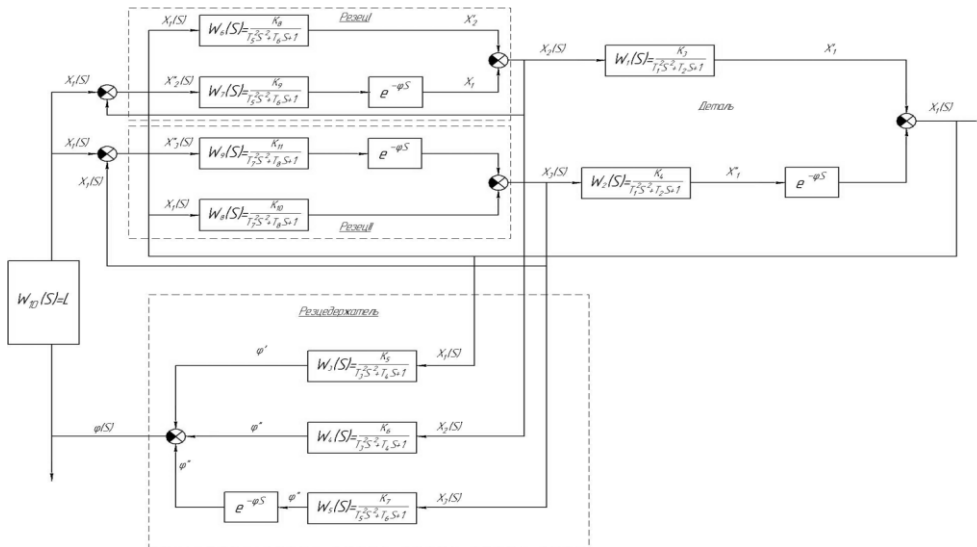


Рисунок 4.1 Структурная схема точения двумя резцами

Затем в блоке Step – указываем ступенчатое изменение, которое соответствует скачкообразному изменению припуска и возможные возмущения. Блоки Scope устанавливаем, чтобы посмотреть результаты моделирования в виде записи колебаний – временной развертки.

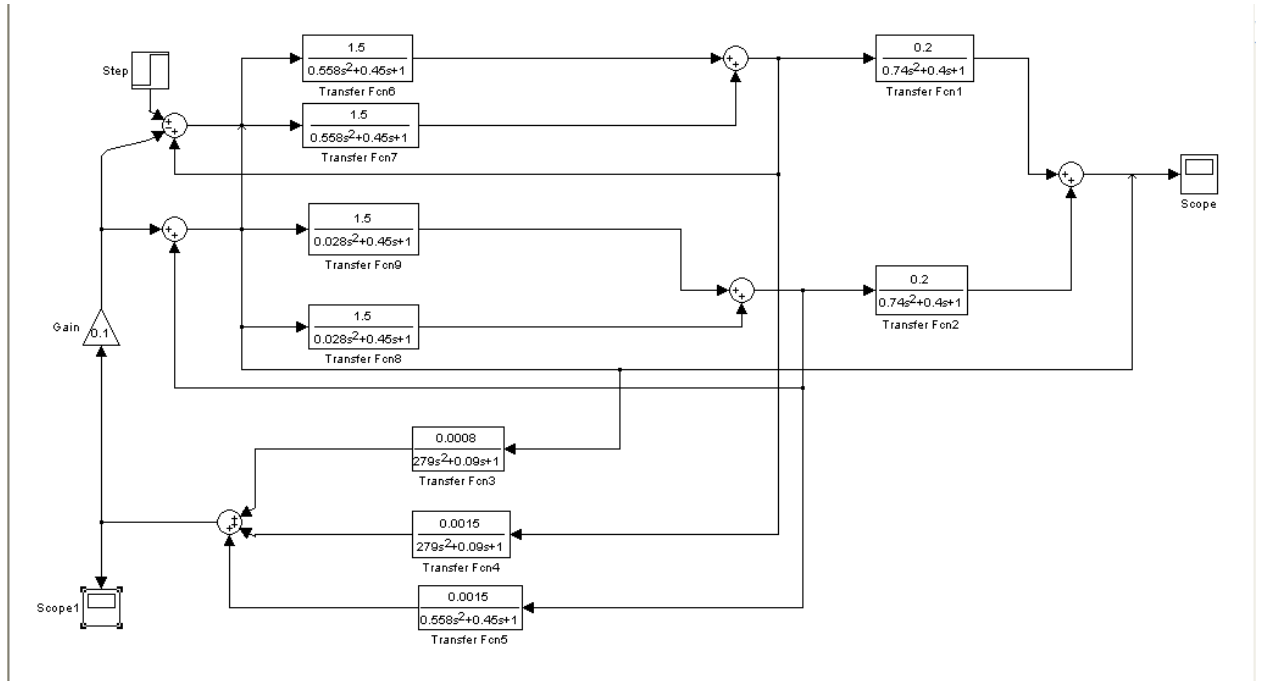


Рисунок 4.2 Модель структурной схемы в программе Matlab, соответствующая рисунку 4.1

На рисунке 4.3 показаны результаты выполненного исследования: возникшие возмущения упругих деформаций заготовке в результате воздействия ступенчатого припуска

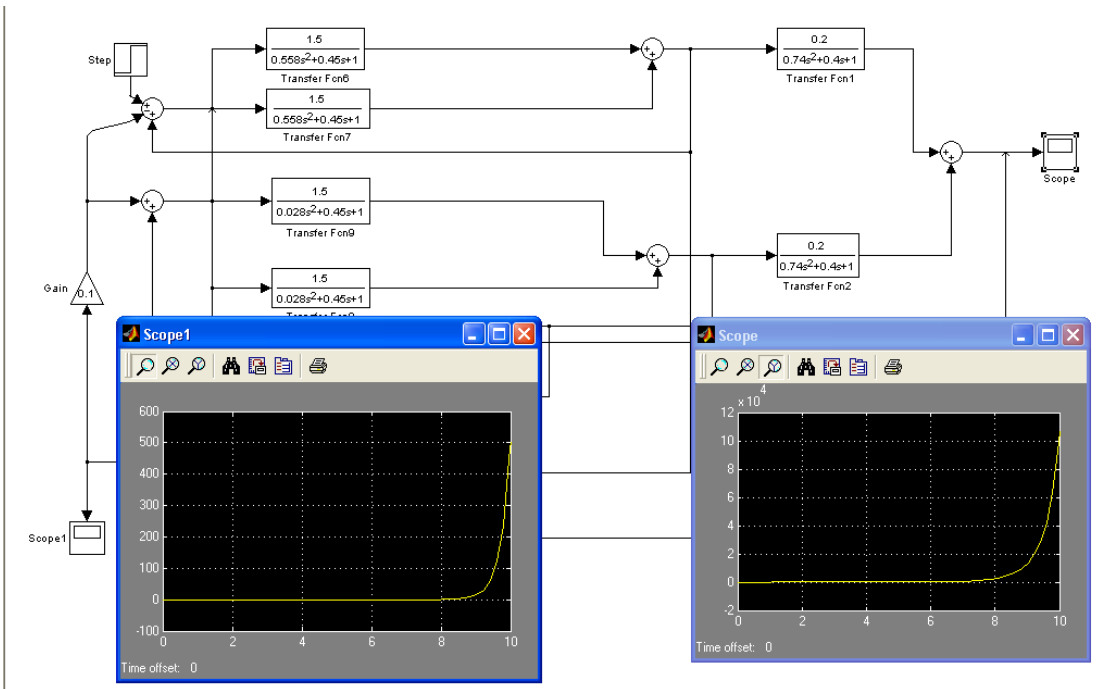


Рисунок 4.3 Результаты моделирования при первом воздействии

Затем меняем тип воздействия на колебательный блок Sine Wave, который задает периодическое изменение припуска по обороту вала и также смотрим результаты, которые показаны на рисунке 4.4.

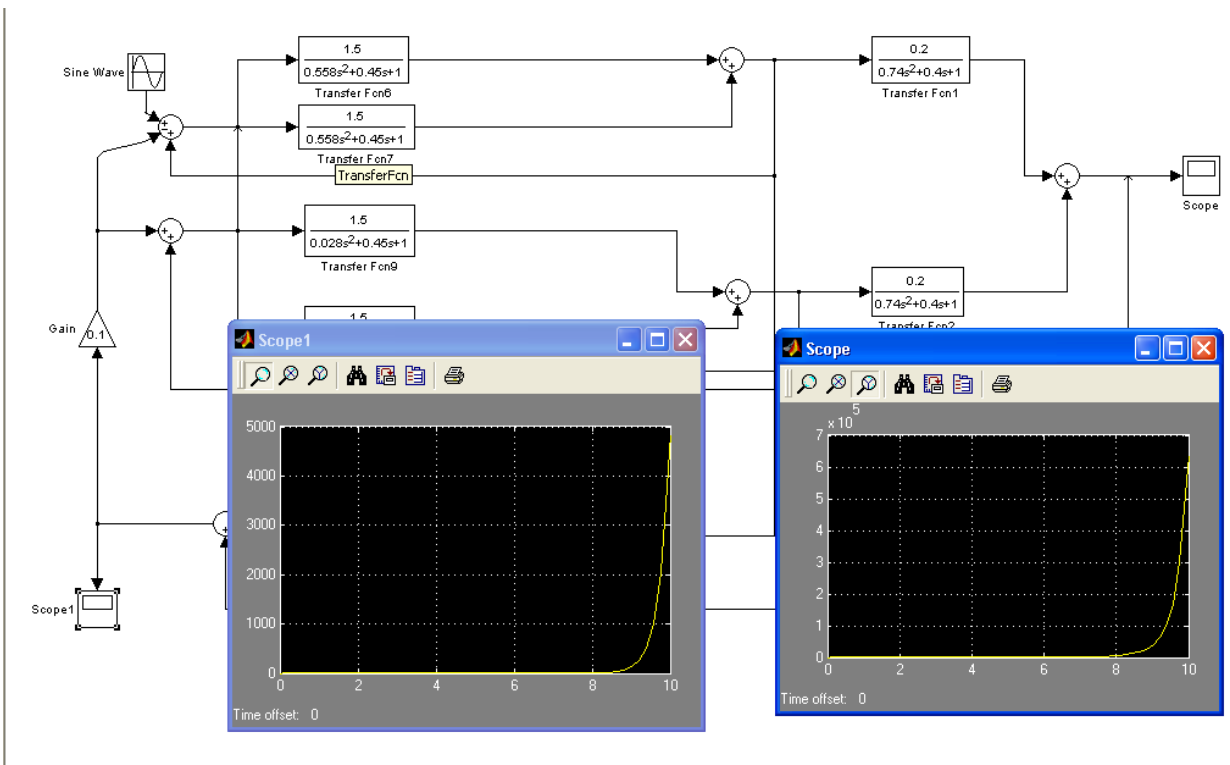


Рисунок 4.4 - Результаты моделирования при втором воздействии

5 Математическое моделирование

5.1 Матричные модели точности в многоинструментных наладках

Разработаны матричные модели погрешности обработки в многоинструментных наладках с учетом одновременного действия всех составляющих сил резания от всех инструментов и упругих деформаций технологической системы по всем координатным направлениям. Для определения экстремума функции искажения размеров разработан алгоритм формирования поля рассеяния размеров на основе механизма двухсуппортной наладки.

Механизм формирования поля рассеяния при двухсуппортной обработке значительно сложнее, чем при односуппортной обработке [13]. Главными факторами появления полей рассеяния выполняемых размеров являются колебания припуска под обработку; непостоянство механических свойств заготовок в пределах партии; разброс жесткостей станков. Характеристики рассеяния этих факторов заданы соотношениями [13], которые в свою очередь определяют входные факторы координатные составляющие сил резания комплекс характеристик податливости технологических подсистем (матриц податливости) [14].

Учитывая непростой механизм формирования полей рассеяния выполняемых размеров при двухсуппортовой обработке, рассмотрим сначала простейший случай – оппозитную наладку. Под оппозитной наладкой понимается наладка, в которой все составляющие сил резания одного суппорта направлены против соответствующих составляющих сил резания другого суппорта. Такая наладка нередко встречается на современных двухсуппортных токарных станках с ЧПУ. Эта наладка от двухсуппортной наладки, применяемой в основном на традиционных токарно-револьверных и токарных многошпиндельных автоматах с кулачковым управлением, отличается тем что подача S_1 продольного суппорта направлена по оси X в стороны ее возрастания [29]. Поэтому все составляющие сил резания продольного и поперечного суппортов оказываются направленными друг

против друга. В принципе эта наладка является частным случаем двухсуппортной наладки для контурной обработки.

Рассматривается перестройка динамической системы резания в процессе её эволюции. В отличие от ранее выполненных исследований, изменение параметров системы представляется как естественный, а не детерминированный процесс, зависящий от работы и мощности необратимых преобразований энергии в зоне резания. Поэтому параметры динамической связи, в процессе обработки металла, зависят от траектории работы и мощности необратимых преобразований в областях сопряжения задних граней инструмента с деталью и зоной стружкообразования. Таким образом, эволюция параметров динамической системы зависит от указанных выше траекторий. Однако само изменение параметров и мощность необратимых преобразований влияют на работу. Приводится математическое моделирование этой функционально связанной динамической системы [12].

Для заданной расчетной схемы получаем два вектора искажения выполняемых размеров: $g_1 = e^{01} p^1 - e^0 p^2$ – для продольного суппорта и $g_2 = -e^{02} p^2 - e^0 p^1$ для поперечного суппорта где e^0 матрица податливости для подсистем 0 (заготовка-шпиндель-патрон) $e^{01} = e^0 + e^1$ и $e^{02} = e^0 + e^2$ объединенные матрицы податливости (для двух групп технологических подсистем) здесь e^1 e^2 матрицы податливостей соответственно для подсистем 1 (резец-державка-продольный суппорт) и 2 (резец-державка-поперечный суппорт) P^1 P^2 силы действия соответственно подсистем 1 и 2 на подсистему 0.

Такие факторы, как разбросы жесткостей технологической системы прочностных свойств материала заготовки определяют масштаб интервала рассеяния искажений размеров g^1 g^2 . А вот фактор колебания припусков на суппортах оказывает гораздо более сложное влияние. Поскольку силы резания на продольном и поперечном суппортах направлены друг против друга, колебания припусков Δt_1 и Δt_2 могут привести к балансу сил. Объединяя всевозможные варианты расположения поля рассеяния [13].

сформировали единую модель поля рассеяния размеров выполняемых при работе продольного суппорта в двухсуппортной оппозитной наладке.

$$\begin{aligned}
 \Delta g_1 = & \omega e^{01} t_1 p_t^1 - e^0 t_2 p_t^2 + e^{01} \Delta t_1 p_{\Delta t}^1 + e^{01} \Delta t_2 p_{\Delta t}^2 \\
 & \text{при } e^{01} t_1 p_t^1 - e^0 t_2 p_t^2 \leq -\frac{e^{01} \Delta t_1 p_{\Delta t}^1 + e^0 \Delta t_2 p_{\Delta t}^2}{2}; \\
 & 1 + \frac{\omega}{2} [e^{01} \Delta t_1 p_{\Delta t}^1 + e^0 \Delta t_2 p_{\Delta t}^2] \\
 & \text{при } e^{01} t_1 p_t^1 - e^0 t_2 p_t^2 \leq \frac{e^{01} \Delta t_1 p_{\Delta t}^1 + e^0 \Delta t_2 p_{\Delta t}^2}{2}; \\
 & -\omega e^{01} t_1 p_t^1 - e^0 t_2 p_t^2 + [e^{01} \Delta t_1 p_{\Delta t}^1 + e^0 \Delta t_2 p_{\Delta t}^2] \\
 & \text{при } \frac{e^{01} \Delta t_1 p_{\Delta t}^1 + e^0 \Delta t_2 p_{\Delta t}^2}{2} \leq e^{01} t_1 p_t^1 - e^0 t_2 p_t^2
 \end{aligned} \tag{1}$$

Где- Δg_1 суммарный разброс свойств технологической системы $t_1 t_2$ глубина резания соответственно на продольном и поперечном суппортах; $p_t, p_{\Delta t}$ вспомогательные векторы, характеризующие соответственно степени влияния глубины t резания и колебания припуска.

$$\begin{aligned}
 p_t^1 = & \begin{matrix} C_{p_x^1} t_1^{p_x^1-1} S_1^{p_x^1} v_1^{p_x^1} \\ C_{p_y^1} t_1^{p_y^1-1} S_1^{p_y^1} v_1^{p_y^1} \\ C_{p_z^1} t_1^{p_z^1-1} S_1^{p_z^1} v_1^{p_z^1} \end{matrix} \tag{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_t^2 = & \begin{matrix} C_{p_x^2} t_2^{p_x^2-1} S_2^{p_x^2} v_2^{p_x^2} \\ C_{p_y^2} t_2^{p_y^2-1} S_2^{p_y^2} v_2^{p_y^2} \\ C_{p_z^2} t_2^{p_z^2-1} S_2^{p_z^2} v_2^{p_z^2} \end{matrix} \tag{3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_{\Delta t}^1 = & \begin{matrix} x_{p_x^1} t_1^{p_x^1-1} C_{p_x^1} S_1^{p_x^1} v_1^{p_x^1} \\ x_{p_y^1} t_1^{p_y^1-1} C_{p_y^1} S_1^{p_y^1} v_1^{p_y^1} \\ x_{p_z^1} t_1^{p_z^1-1} C_{p_z^1} S_1^{p_z^1} v_1^{p_z^1} \end{matrix} \tag{4}
 \end{aligned}$$

$$p_{\Delta t}^2 = \begin{matrix} x_{p_y^2} C_{p_y^2} t_2^{p_y^2-1} S_2^{p_y^2} v_2^{p_y^2} \\ x_{p_x^2} C_{p_x^2} t_2^{p_x^2-1} S_2^{p_x^2} v_2^{p_x^2} \\ x_{p_z^2} C_{p_z^2} t_2^{p_z^2-1} S_2^{p_z^2} v_2^{p_z^2} \end{matrix} \quad (5)$$

Аналогично получаем модель поля рассеяния для размеров, выполненных при работе поперечного суппорта (в оппозитной наладке)

$$\Delta g_1 = \begin{matrix} \omega e^{02} t_2 p_t^2 - e^0 t_1 p_t^1 + e^{02} \Delta t_2 p_{\Delta t}^2 + e^0 \Delta t_1 p_{\Delta t}^1 \\ \text{при } e^{02} t_2 p_t^2 - e^0 t_1 p_t^1 \leq -\frac{e^{02} \Delta t_2 p_{\Delta t}^2 + e^0 \Delta t_1 p_{\Delta t}^1}{2}; \\ 1 + \frac{\omega}{2} [e^{02} \Delta t_2 p_{\Delta t}^2 + e^0 \Delta t_1 p_{\Delta t}^1] \\ \text{при } e^{02} t_2 p_t^2 - e^0 t_1 p_t^1 \leq \frac{e^{02} \Delta t_2 p_{\Delta t}^2 + e^0 \Delta t_1 p_{\Delta t}^1}{2}; \\ -\omega e^{02} t_2 p_t^2 - e^0 t_1 p_t^1 + [e^{02} \Delta t_1 p_{\Delta t}^2 + e^0 \Delta t_1 p_{\Delta t}^1] \\ \text{при } \frac{e^{02} \Delta t_2 p_{\Delta t}^2 + e^0 \Delta t_1 p_{\Delta t}^1}{2} \leq e^{02} t_2 p_t^2 - e^0 t_1 p_t^1 \end{matrix} \quad (6)$$

Для выполнения всего многообразия механизмов формирования поля рассеяния в матричной модели в общем случае рассмотрим еще один специальный случай-оппозитную наладку. Таковой целесообразно назвать двухсуппортную наладку, в которой все составляющие сил резания инструментов продольного и поперечного суппортов направлены в одну сторону. Поскольку противодействия сил резания здесь нет, интервал рассеяния искажений имеет единственное положение- справа от начала координат. Максимум искажения размера достигается при наибольших припусках для обоих суппортов и максимальной прочности заготовки и податливости технологической системы минимум- при наименьших припусках и минимальных прочности заготовки и податливости технологической системы.

В итоге для интервала рассеяния получаем расхождение

$$\Delta g_1 = \omega e^{01} t_1 p_t^1 + e^0 t_2 p_t^2 + e^{01} \Delta t_1 p_{\Delta t}^1 + e^0 \Delta t_2 p_{\Delta t}^2 \quad (7)$$

Для размеров формируемых с поперечного суппорта получаем:

$$\Delta g_2 = \omega e^{02} t_2 p_t^2 + e^0 t_1 p_t^1 + e^{02} \Delta t_2 p_{\Delta t}^2 + e^0 \Delta t_1 p_{\Delta t}^1 \quad (8)$$

Итак, мы разобрали два простейших случая двухсуппортной обработки. Модель (1) и (2) описывают поля рассеяния в оппозитной наладке, когда все составляющие сил резания инструментов продольного и поперечного суппортов направлены на встречу друг другу. Модели (3) и (4) относятся к наладкам, когда все составляющие сил резания инструментов продольного и поперечного суппортов имеют одно соответствующее направление.

подавляющее большинство реальных много инструментальных наладок не обладают такой однородностью в направленности сил резания при работе суппортов. Например в наладке представленной в работе [13]. Составляющие сил резания по осям Y и Z направлены навстречу друг другу, а составляющие по оси X направлены в одну сторону. Эту наладку можно рассматривать в направлении оси Y (для диаметральных размеров) как оппозитную, которая рассчитывается по моделям (1) и (2) а в направлении оси X (для линейных размеров) как сопозитную, которая рассчитывается по моделям (3) и (4). Таким образом, для неоднородных по направлению наладок не существует единой схемы расчета полей рассеяния. Схема расчета поля рассеяния определяется отдельно для каждого направления.

Однако, строго говоря, сформированные модели для оппозитных и сопозитных наладок неприменимы в случае неоднородных по направлению наладок. Причина этого- разные механизмы формирования полей рассеяния. Для выяснения различных механизмов формирования полей рассеяния введем несколько определений. Назовем суппорт который формирует рассматриваемый размер, основным. Тогда суппорт который работает в данной наладке, но не формирует рассматриваемый размер, хотя оказывается

на него косвенное воздействие, целесообразно назвать *дополнительным*. Каждая из составляющих сил резания оказывает свое влияние на точность формируемого размера. На влияние составляющих силы резания с основного суппорта накладывается влияние соответствующей составляющей с дополнительного суппорта под соответствующие здесь понимается составляющая направления по тоже ост координат если составляющая силы резания с дополнительного суппорта направлена против составляющей с основного суппорта то максимальное искажение выполняемого размера от этой составляющей достигается при максимальном припуске основном суппорте и минимальном на дополнительном. Если же составляющая силы резания с дополнительного суппорта направлена в одну сторону в составляющей с основного суппорта то максимум искажения размера достигается при максимальных припусках на обоих суппортах. В рамках однородной по направлению сил резания наладки механизм формирования поля рассеяния един, модель полей рассеяния Примеры – модели (1) и (2) (3) и (4). Поскольку матричная модель учитывает влияние на точность исполнения каждого формируемого размера всех составляющих сил резания (от всех инструментов наладки) то для неоднородных по направлению сил наладок в каждом размере (при учете влияния всех составляющих сил резания) встречаются обе схемы формирования поля рассеяния. Поэтому при определении границ интервалов рассеяния размеров, которое сводится к поиску максимального и минимального значений искажений размеров в каждом конкретном случае нужно проводить отдельное исследование на предмет поиска экстремума по лученной функции.

Для разработки алгоритма поиска экстремума функции искажения выполняемых размеров зафиксируем основные принципы механизма формирования поля рассеяния размеров в двухсуппортной наладке:

1. Выполняемый размер формируется инструментом, установленным на основном суппорте.

2. Дополнительный суппорт оказывает влияние на искажение выполняемого размера через воздействие на заготовку.

3. Искажение выполняемого размера формируется сложением (векторным) трех перемещений;

Перемещения подсистемы основного суппорта от действия сил резания инструментов основного суппорта и двух перемещений подсистемы заготовки от действия сил резания инструментов основного и дополнительного суппортов. Первые два перемещения (перемещения подсистемы основного суппорта от действия сил резания инструментов основного суппорта) направлены в противоположные стороны: обусловленного ими искажения выполняемого размера определяется суммированием величин этих искажений.

Перемещение подсистемы заготовки от действия сил резания инструментов дополнительного суппорта в направлении выполняемого размера может быть двух видов (в зависимости от схемы распределения сил резания) положительным (направленно в одну сторону с перемещением подсистемы заготовка от воздействия основного суппорта) При положительном перемещении его величина суммируется с искажением размера от воздействия основного суппорта т.е. наладка работает как сопозитная; при отрицательном перемещении его величина вычитается из искажения размера от воздействия основного суппорта т.е. наладка работает как оппозитная.

Такое понимание механизма формирования полей рассеяния выполняемых размеров в двухсуппортной наладке естественно приводит к формулированию основных положений алгоритма поиска экстремума функции искажения размеров:

Для двухсуппортных наладок, неоднородных по направлениям выполняемых размеров понятия оппозитности и сопозитности наладки применимо не к наладке в целом а к отдельному направлению (направлению выполняемого размера) т.е. одна наладка в направлении одного

выполняемого размера может быть оппозитной а направление другого сопозитной;

Критерием, по которому наладки можно причислить к тому или иному виду является направление перемещения подсистемы заготовки от воздействия сил резания дополнительного суппорта: сопозитная, если направление совпадает с перемещением основного суппорта; оппозитная если не совпадает.

Для оппозитной наладки применяется модель (1) (2) но только если часть в направлении рассматриваемого размера; для сопозитной- модель (3) (4) так же только ее часть в направлении рассматриваемого размера.

Итак, использование двух специальных моделей для однородных по направлениям наладок [(1) (2)- для оппозитных и (3) (4)- для сопозитных] и принципа систематики неоднородных наладок по направлениям выполняемых размеров позволяет рассчитать величины полей рассеяния для всего класса двухсуппортных развернутых наладок.

5.2 Передаточные функции процесса точения

Система уравнений, описывающих обработку маложесткой детали двух резцовым суппортом в операторной форме:

$$\left(S^2 + T_2 S \right) X_1 = K_3 X_2 + K_4 X_3 e^{js+\varphi}; \quad (9)$$

$$\left(S^2 + T_4 S \right) \varphi = K_5 X_1 - K_6 X_2 - K_7 X_3 e^{js+\varphi}; \quad (10)$$

$$\left(S^2 + T_6 S \right) X_2 = K_8 X_1 - K_9 X_2 e^{js}; \quad (11)$$

$$\left(S^2 + T_8 S \right) X_3 = K_{10} X_1 - K_{11} X_3 e^{js+\varphi}; \quad (12)$$

$$T_1^2 = \frac{Mg}{K_1} C^2; T_2 = \frac{C_1}{K_1} C; T_3^2 = \frac{I_c}{K_c} C^2; T_4 = \frac{C_c}{K_c} C; \quad (13)$$

$$T_5^2 = \frac{Mp_1}{K_2} C^2; T_6 = \frac{C_2}{K_2} C; T_7^2 = \frac{Mp_2}{K_c} C^2; T_8 = \frac{C_2}{K_2} C; \quad (14)$$

$$K_3 = \frac{K_{12}l}{K_1} \text{ мм}; K_4 = \frac{K_{12}l}{K_1} \text{ мм}; K_5 = \frac{K_{12}d}{K_c \cdot 2} \text{ мм}; K_6 = \frac{K_{12}l}{K_c} \text{ мм}; \quad (15)$$

$$K_7 = \frac{K_{12}l}{K_c} \text{ мм}; K_8 = \frac{K_{12}}{K_2} = K_9 \text{ мм}; K_{10} = \frac{K_{12}}{K_2} = K_{11} \text{ мм}; \quad (16)$$

$$\frac{d}{dt} = S; e^{js} = \cos \omega t + j \sin \omega t; e^{(s+\varphi)} = e^{js} \cdot e^{j\varphi}; \quad (17)$$

где T_{1-8} – постоянные времени, с;

K_{3-11} – коэффициенты жесткости, Н/м.

Передаточные функции:

$$W_1(s) = \frac{X_1'(s)}{X_2(s)} = \frac{K_3}{T_1^2 S^2 + T_2 S + 1}; \quad (18)$$

$$W_2(s) = \frac{X_1''(s)}{X_3(s)} = \frac{K_4}{T_1^2 S^2 + T_2 S + 1}; W_2'(s) = e^{-\varphi s}; \quad (19)$$

$$W_3(s) = \frac{\varphi'(s)}{X_1(s)} = \frac{K_5}{T_3^2 S^2 + T_4 S + 1}; W_4(s) = \frac{\varphi''(s)}{X_2(s)} = \frac{K_6}{T_3^2 S^2 + T_4 S + 1}; \quad (20)$$

$$W_5(s) = \frac{\varphi''(s)}{X_3(s)} = \frac{K_7}{T_5^2 S^2 + T_6 S + 1}; W_5'(s) = e^{-\varphi s}; \quad (21)$$

$$W_6(s) = \frac{X_2'(s)}{X_1(s)} = \frac{K_8}{T_5^2 S^2 + T_6 S + 1}; \quad (22)$$

$$W_7(s) = \frac{X_2''(s)}{X_2(s)} = \frac{K_9}{T_5^2 S^2 + T_6 S + 1}; \quad (23)$$

$W_7'(s) = e^{-\varphi s}$ - звено запаздывания;

$$W_8(s) = \frac{X_3'(s)}{X_1(s)} = \frac{K_{10}}{T_7^2 S^2 + T_8 S + 1}; \quad (24)$$

$$W_9(s) = \frac{X_3''(s)}{X_3(s)} = \frac{K_{11}}{T_7^2 S^2 + T_8 S + 1}; \quad (25)$$

$$W_9 \overset{\sim}{=} e^{-\varphi s} - \text{звено запаздывания}; \quad (26)$$

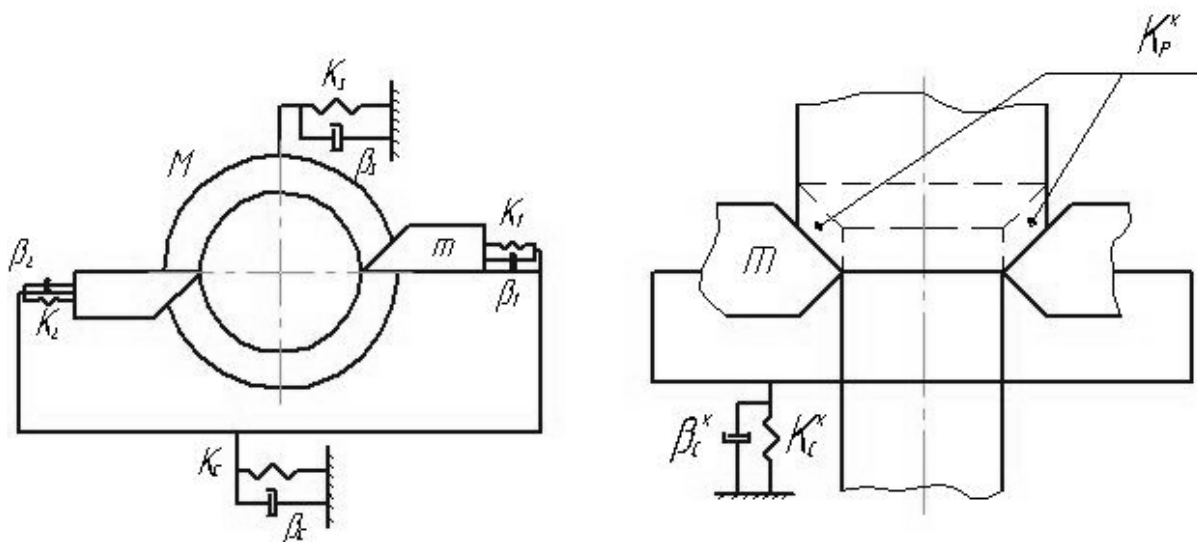
$$W_{10} \overset{\sim}{=} \frac{X_4 \overset{\sim}{\varphi}}{\varphi \overset{\sim}{\varphi}} = L - \text{звено усиления}; \quad (27)$$

5.3 Математическая модель двух резцовоой обработки

Расчетная схема по двух резцовоой обработке показаны на рисунке 5.1.

Жесткое закрепление суппорта описывается формулой:

$$m \cdot Y_p'' + \beta_y^P \cdot Y_p' + K_y^P \cdot Y_p = P_y^1 - P_y^2 = 2K_{12} \overset{\sim}{\Delta t} \cdot \sin \omega t - Y_p - Y_3 \overset{\sim}{\quad} \quad (28).$$



K_1, K_2 – коэффициенты жесткости
 β_1, β_2 – коэффициенты демпфирования

Рисунок 5.1 – Двух резцовоой схема с жестким суппортом

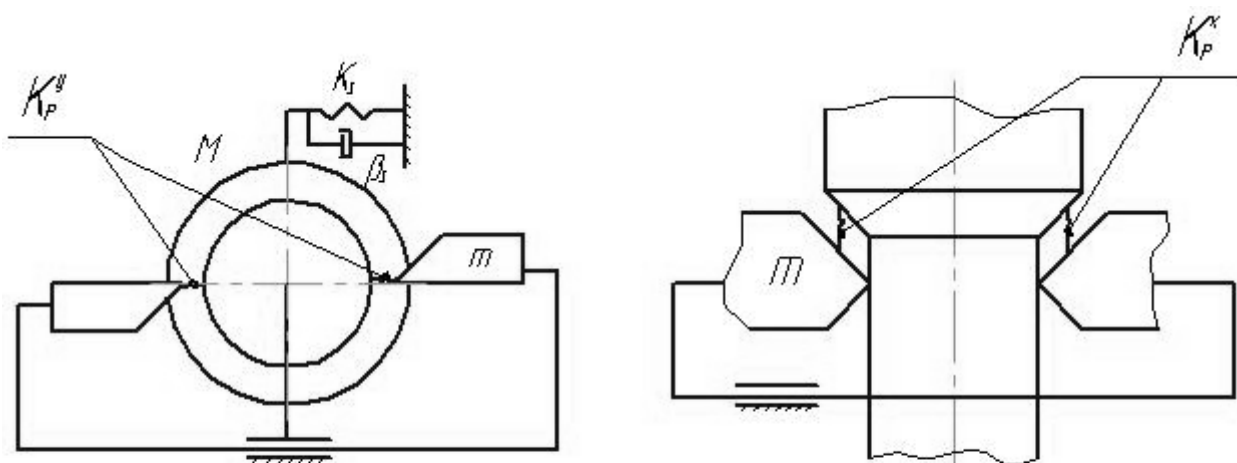
Тоже самое - расчетная схема по двух резцовоой обработке с плавающим суппортом показана на рисунке 5.2.

Расчетная схема по двух резцовоой обработке с поворотным суппортом показана на рисунке 5.3. Поворотное закрепление суппорта описывается системой:

$$I_P \cdot \varphi'' + \beta_\varphi \cdot \varphi' + C_\varphi \cdot \varphi = P_X^1 - P_X^2, \quad (29)$$

$$P_X^1 = K_{12}^X \left(\varphi \cdot R \right) \left[K_{12}^Y \left(\Delta t \sin \omega t - Y_P + Y_3 \right) \right] \quad (30)$$

$$P_X^2 = K_{12}^X \left(\varphi \cdot R \right) \left[K_{12}^Y \left(t \sin \omega t + Y_P - Y_3 \right) \right] \quad (31)$$



K_G, K_C – коэффициенты жесткости
 β_1, β_2 – коэффициенты демпфирования

Рисунок 5.2 – Двух резцовая схема с плавающим суппортом

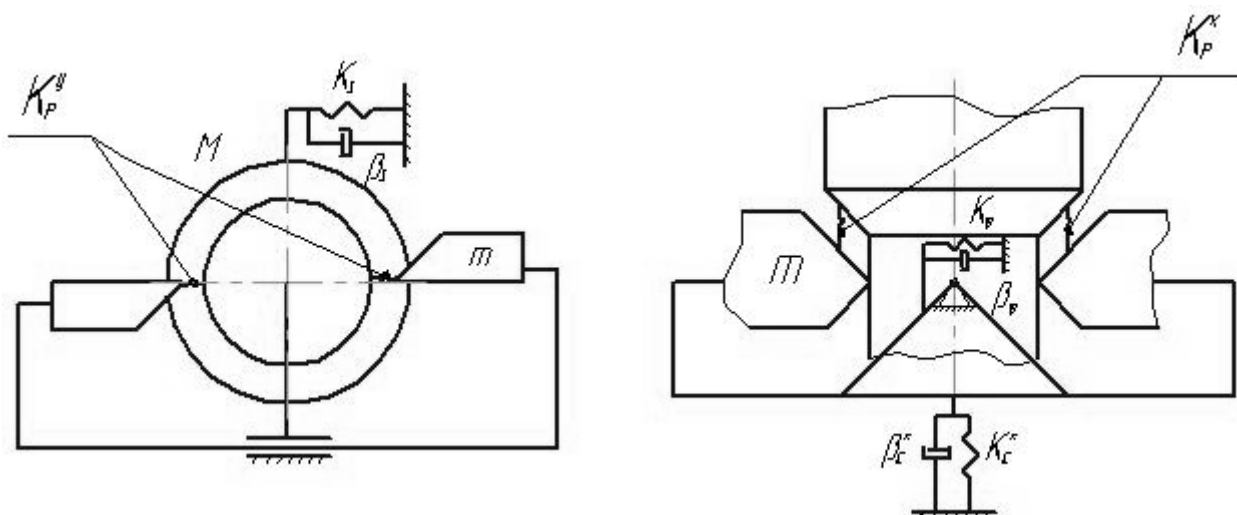


Рисунок 5.3 – Двух резцовая схема с поворотным суппортом

Схема секторного поворота резцов показана на рисунке 5.4. Схема возмущающих воздействий показана на рисунке 5.5.

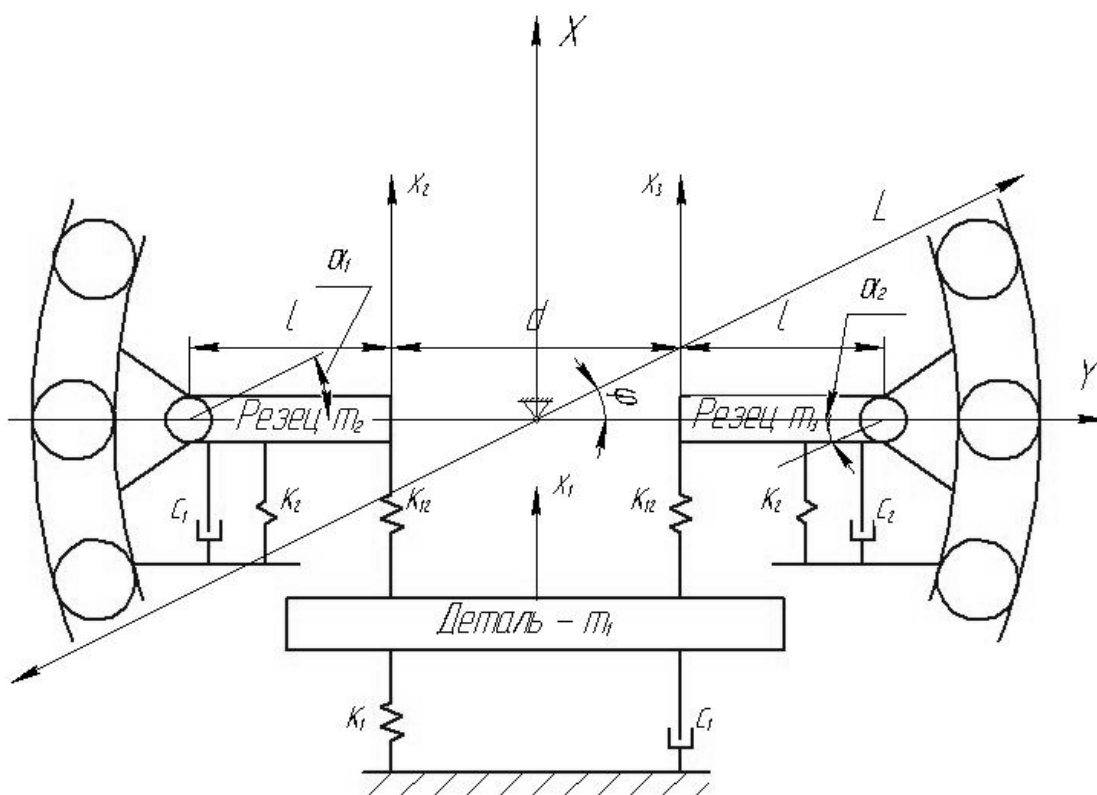


Рисунок 5.4 - Схема секторного поворота резцов

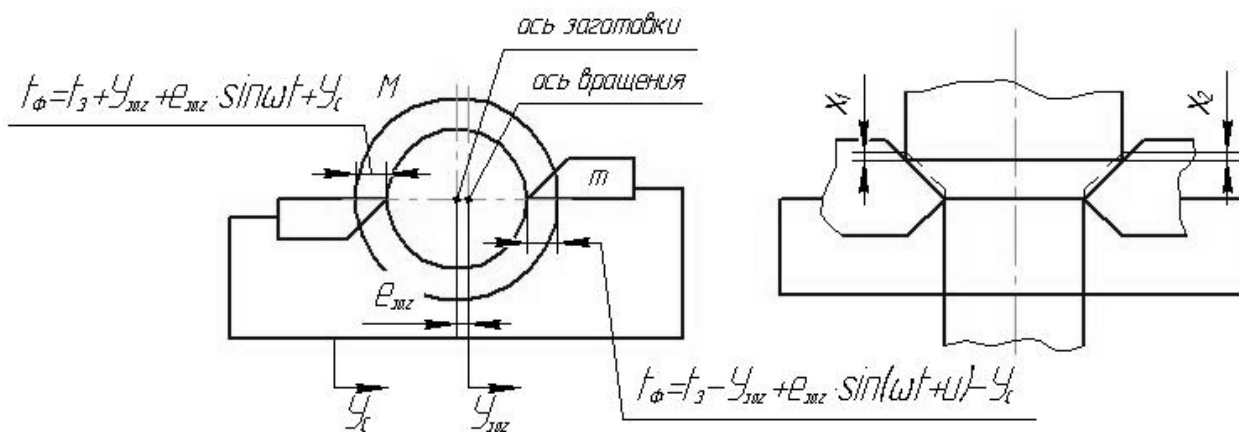


Рисунок 5.5 - Возмущающие силы

Системы уравнений для сил резания, действующих на резцах в статической форме:

$$P_X^{1,2} = K_{12}^{y1,2X} \left(\varphi_3 \pm \left(Y_3 + Y_C \right) \right) + e_3 \cdot \sin(\omega t + \tilde{u}) + K_{12}^{X \cdot X1,2} \cdot \varphi_1 \quad (32)$$

$$P_Y^{1,2} = K_{12}^{y1,2Y} \left(\varphi_3 \pm \left(Y_3 + Y_C \right) \right) + e_3 \cdot \sin(\omega t + \tilde{u}) + K_{12}^{xy} \cdot \varphi_2 \quad (33)$$

Смещения элементов станка в радиальном направлении в упругой системе:

$$M_3 \cdot Y_3'' + \beta_3 \cdot Y_3' + K_3 \cdot Y_3 = P_Y^\Sigma \quad (34)$$

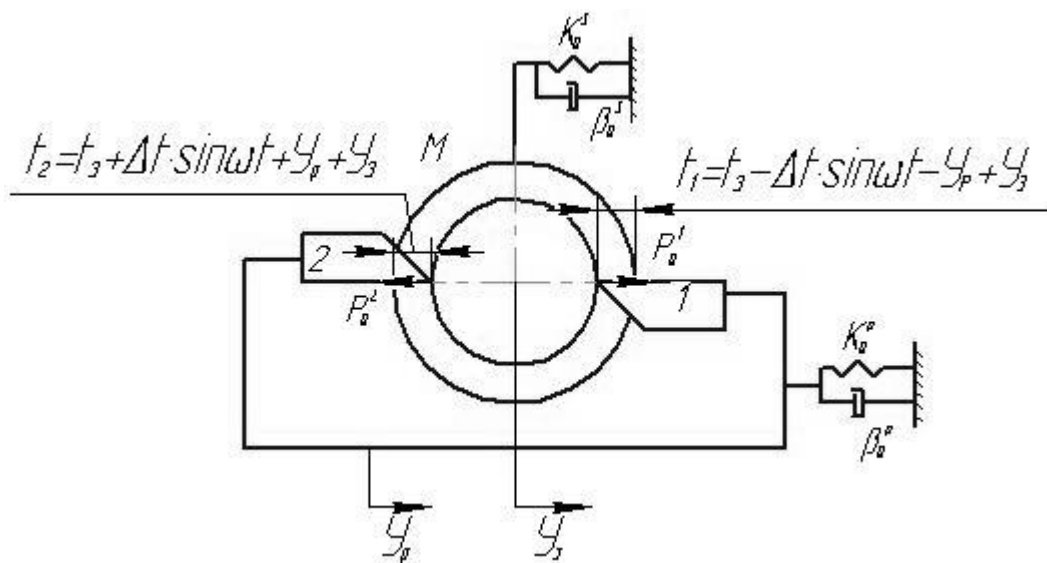


Рисунок 5.6 - Схема формирования припуска по обороту

$$P_Y^1 = K_{12}^Y \left(\Delta t \sin \omega t - Y_P + Y_3 \right) + K_{12}^X \left(\varphi \cdot R - x \right) \quad (35)$$

$$P_Y^2 = K_{12}^Y \left(\Delta t \sin \omega t + Y_P - Y_3 \right) + K_{12}^X \left(\varphi \cdot R - x \right) \quad (36)$$

$$M \cdot Y_3'' + \beta_Y^3 \cdot Y_3' + K_Y^3 \cdot Y_3 = -2 \cdot K_{12} \cdot \left(\Delta t \sin \omega t - Y_P + Y_3 \right) + F_Y \cdot \sin \omega t \quad (37)$$

5.4 Математическая модель процесса точения двумя резцами

$$\left\{ \begin{array}{l} M_3 X_1'' + C_1 X_1' + K_1 X_1 = K_{12} \cdot l X_2 \cdot \sin \omega t + K_{12} l X_3 \sin \omega t - \varphi; \\ I_o \varphi'' + C_o \varphi' + K_o \varphi = K_{12} \left(X_1 \frac{d}{2} - X_2 l \right) \sin \omega t + K_{12} \left(X_1 \frac{d}{2} - X_3 l \right) \sin \omega t - \varphi; \\ M p_1 X_2'' + C_2 X_2' + K_2 X_2 = K_{12} X_1 - K_{12} X_2 \sin \omega t; \\ M p_2 X_3'' + C_3 X_3' + K_3 X_3 = K_{12} X_1 - K_{12} X_3 \sin \omega t - \varphi; \end{array} \right. \quad (28)$$

где I – приведенный момент инерции резцедержателя;

M_3 – приведенная масса заготовки;

M_p – приведенная масса резцов и резцедержателя;

$d, l = X$ - перемещения;

φ - угловые перемещения;

Q – поперечные координаты перемещения;

$K_{12} l X \sin \omega t$ – сила резания;

C_1 – приведенный коэффициент демпфирования резцедержателя;

C_0, C_2, C_3 – приведенные коэффициенты демпфирования резцедержателя;

K_1 – приведенный коэффициент жесткости детали;

K_0 – приведенный коэффициент крутильной жесткости резцедержателя;

K_{12} – коэффициент жесткости процесса резания;

ω - круговая частота изменения силы резания.

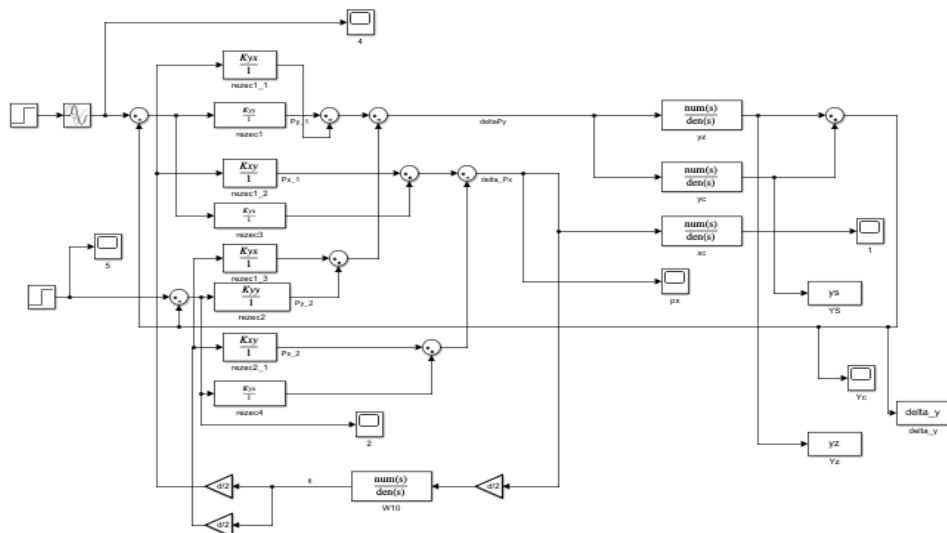


Рисунок 5.1 - Схема моделирования в Simulink

Далее в таблицах и графиках представлены экспериментальные данные полученные в подсистеме Simulink. Нами будут меняться параметры K_1 K_2 K_3 для сравнения и достижения необходимых результатов.

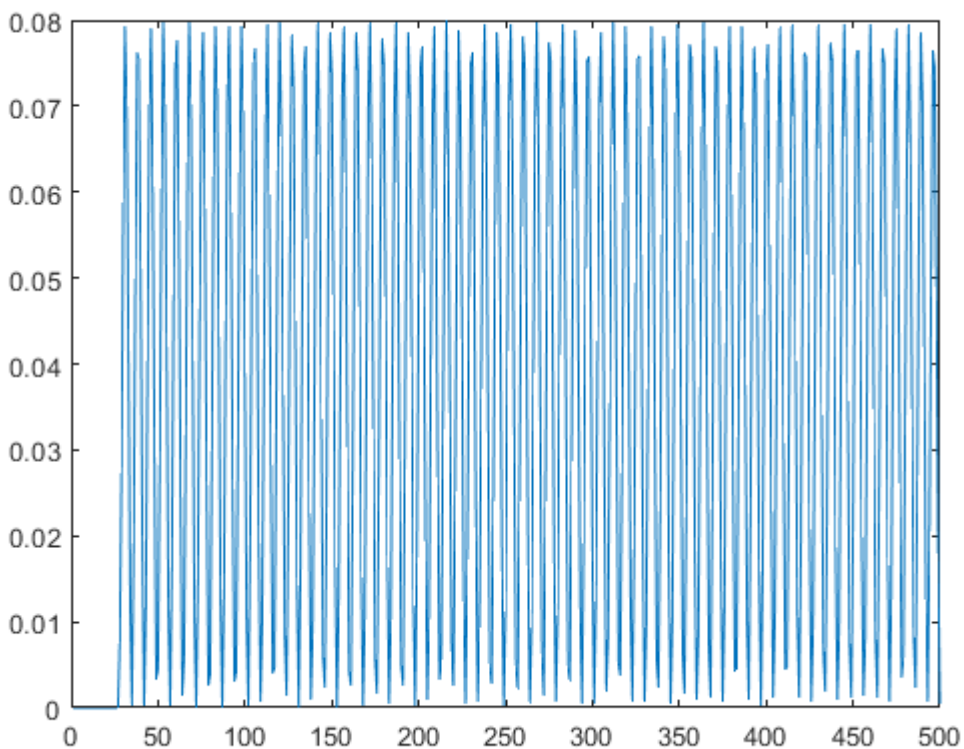


Рисунок 5.2 – Результаты моделирования серия №1

Таблица 5.1 – Статистические данные по моделированию

ys	ys time	ys.signals. values	K1	K2	K3
1	0	0	6.6e-08	2.0e-08	1.1e-08
2	0.0400	0			
3	0.0800	0			
4	0.1200	0			
5	0.1600	0			
28	1,0003	0,076			
	-				
2946	1.9990	0.07195			
2947	1.9994	0.04514			
2948	1.9997	0.01663			
2949	2				

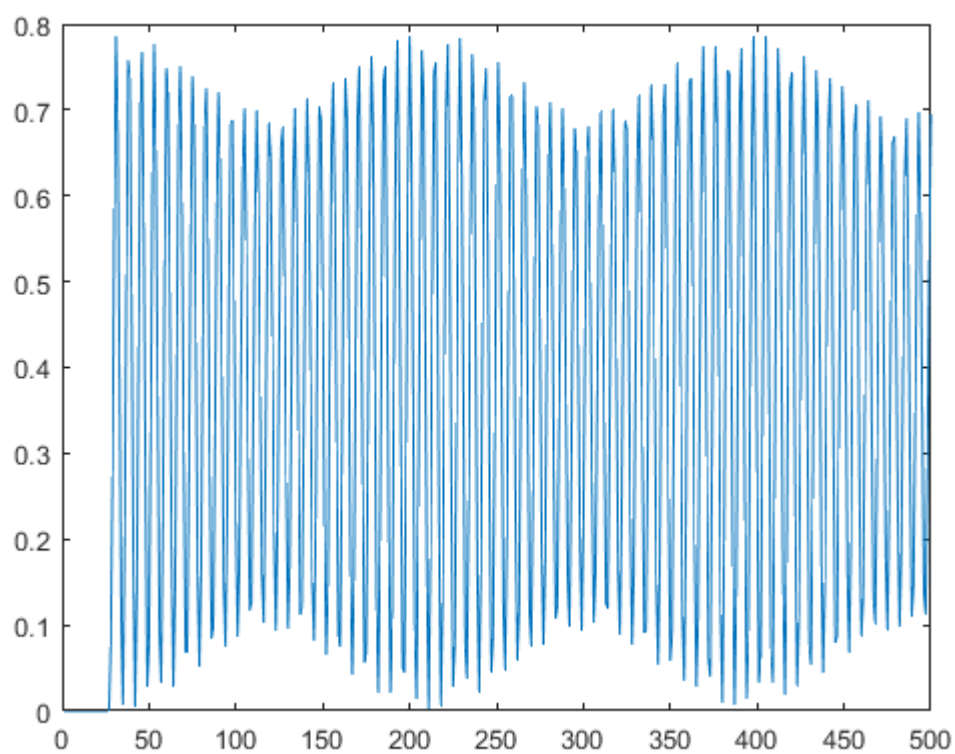


Рисунок 5.3 – Результаты моделирования серия №2

Таблица 5.2 – Статистические данные по моделированию

ys	ys time	ys.signals. values	K1	K2	K3
1	0	0	6.6e-07	2.0e-07	1.1e-07
2	0.0400	0			
3	0.0800	0			
4	0.1200	0			
5	0.1600	0			
28	1,0003	0,075			
-	-	-	-	-	-
2946	1.9990	0.6781			
2947	1.9994	0.3972			
2948	1.9997	0.1318			
2949	2				

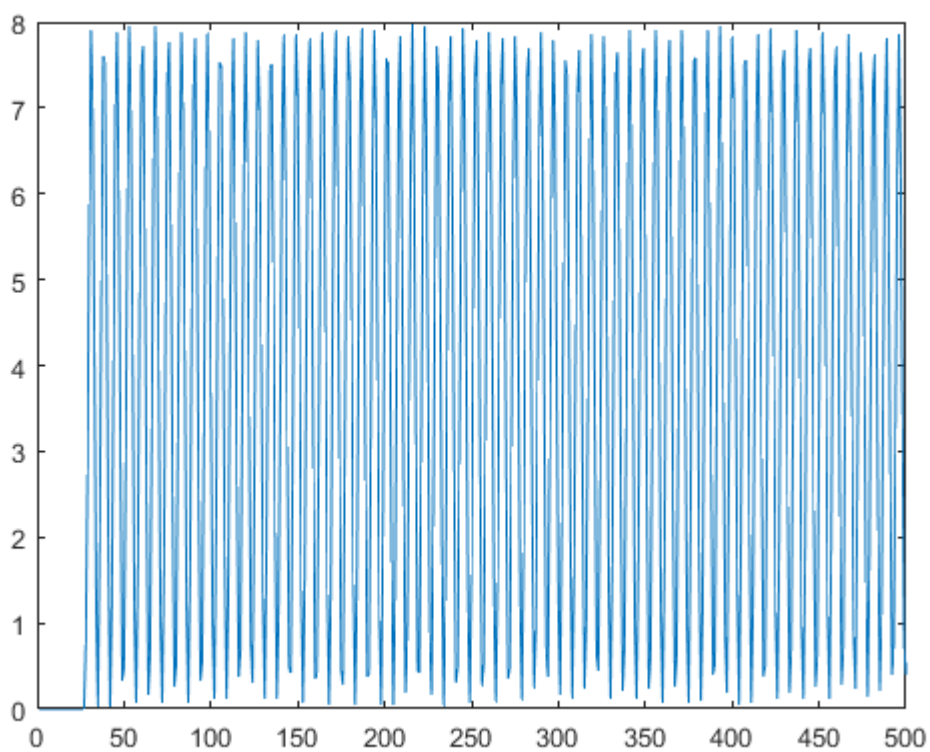


Рисунок 5.4 – Результаты моделирования серия №3

Таблица 5.3 – Статистические данные по моделированию

ys	ys time	ys.signals. values	K1	K2	K3
1	0	0	6.6e-06	2.0e-06	1.1e-06
2	0.0400	0			
3	0.0800	0			
4	0.1200	0			
28	1,0003	0,0756			
-	-	-	-	-	-
2945	1.9993	0.6781	5.6160		
2946	1.9996	0.3972	2.5769		
2947	2	0.1318	0.4708		

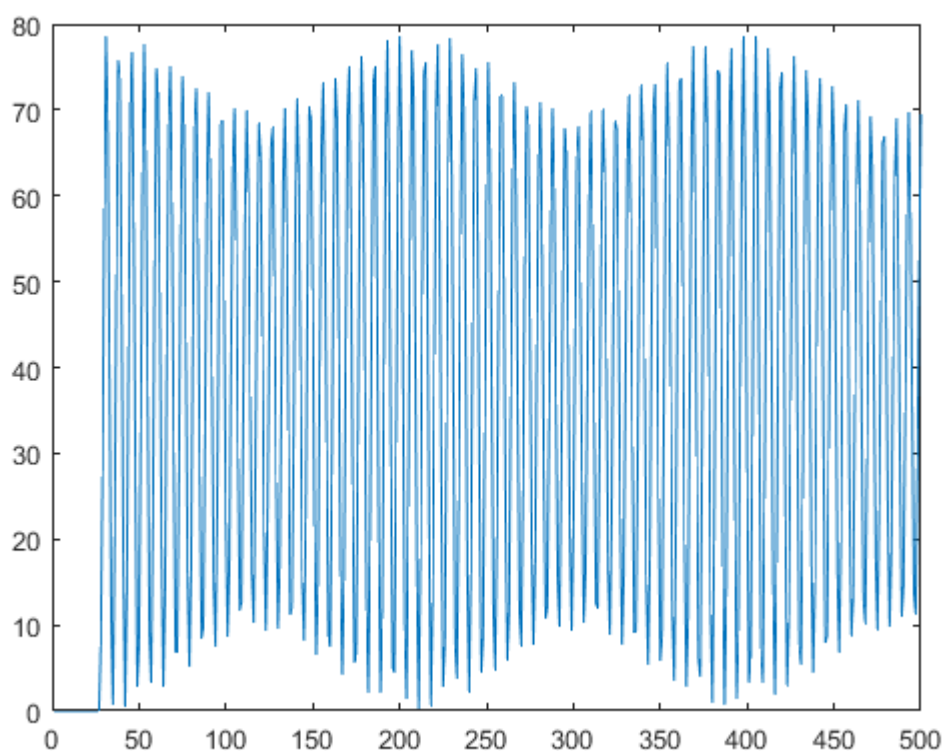


Рисунок 5.5 – Результаты моделирования серия №4

Таблица 5.4 – Статистические данные по моделированию

График 4.ys	ys time	ys.signals. values	K1	K2	K3
1	0	0	6.6e-05	2.0e-05	1.1e-05
2	0.0400	0			
3	0.0800	0			
4	0.1200	0			
28	1,0003	0,0755			
-	-	-	-	-	-
2927	1.9995	39.7249			
2928	1.9998	13.1873			
2929	2	5.23691			

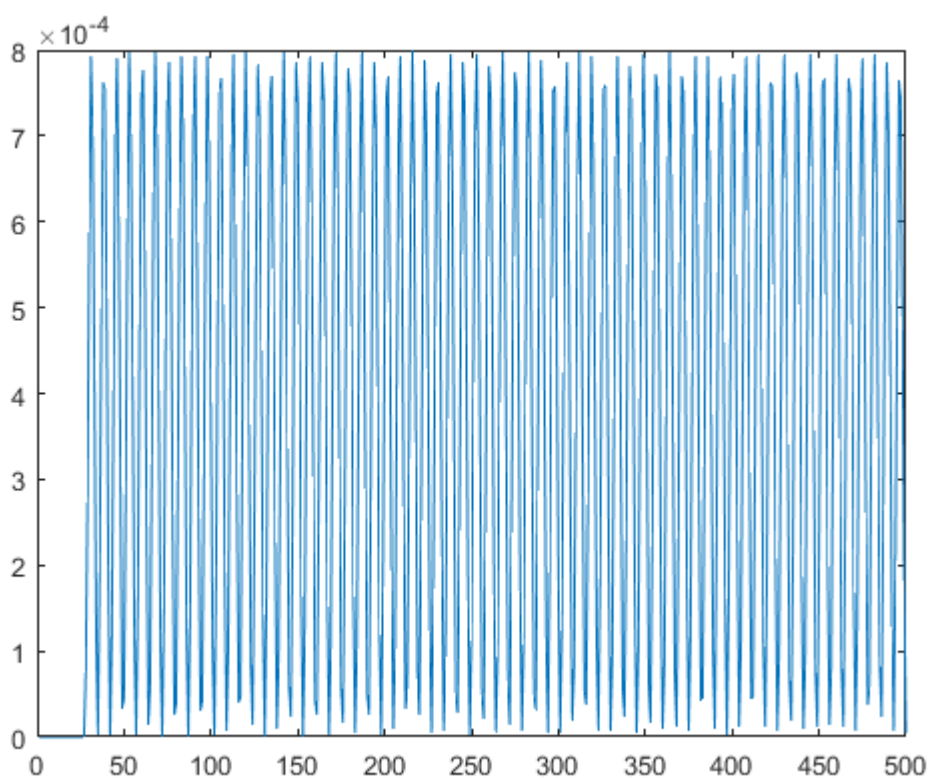


Рисунок 5.6 – Результаты моделирования серия №5

Таблица 5.5 – Статистические данные по моделированию

ys	ys time	ys.signals. values	K1	K2	K3
1	0	0	6.6e-10	2.0e-10	1.1e-10
2	0.0400	0			
3	0.0800	0			
4	0.1200	0			
28	1,0003	7.5621			
-	-	-	-	-	-
2947	1.9994	0.0004			
2948	1.9997	0.0001			
2949	2	4.6392			

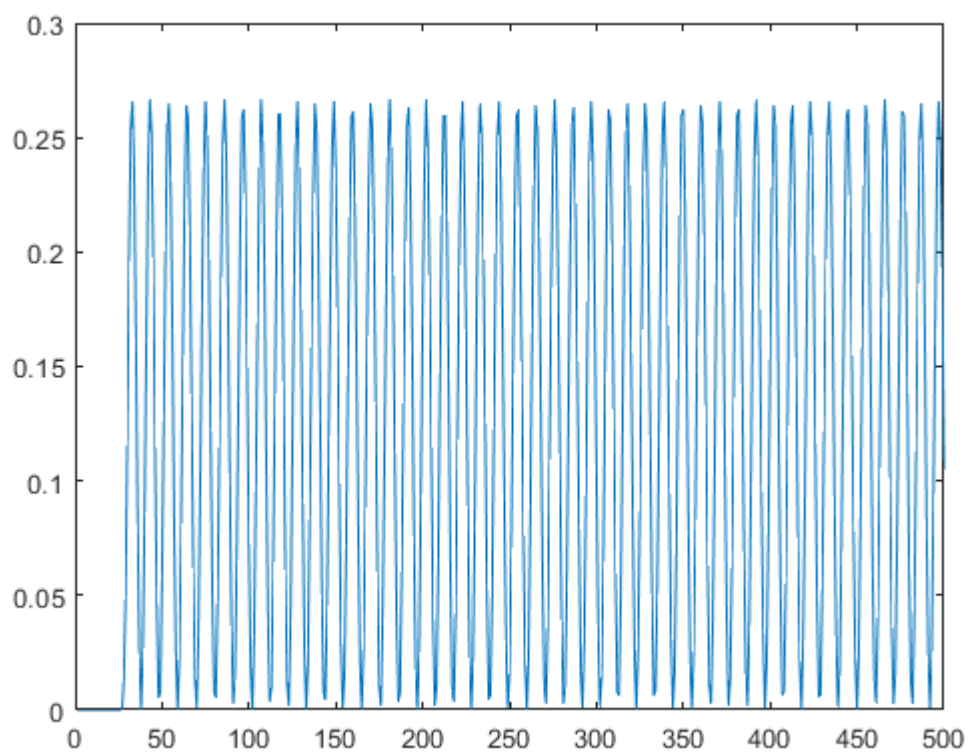


Рисунок 5.7 – Результаты моделирования серия №6

Таблица 5.6 – Статистические данные по моделированию

yz	ys time	ys.signals. values	K1	K2	K3
1	0	0	6.6e-08	2.0e-08	1.1e-08
2	0.0400	0			
3	0.0800	0			
4	0.1200	0			
28	1,0003	0.0125			
-	-	-	-	-	-
2947	1.9994	0.1831			
2948	1.9998	0.2402			
2949	2	0.2605			

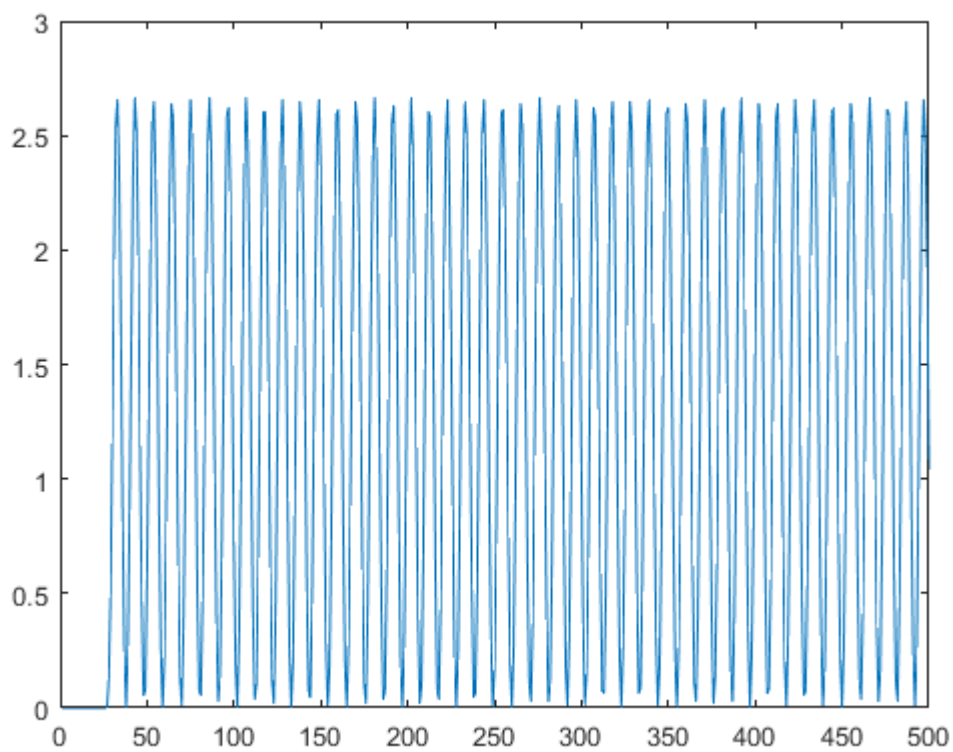


Рисунок 5.8 – Результаты моделирования серия №7

Таблица 5.7 – Статистические данные по моделированию

yz	ys time	ys.signals. values	K1	K2	K3
1	0	0	6.6e-07	2.0e-07	1.1e-07
2	0.0400	0			
3	0.0800	0			
4	0.1200	0			
28	1,0003	0.0125			
-	-	-	-	-	-
2947	1.9995	1.8763			
2948	1.9998	2.4269			
2949	2	2.6052			

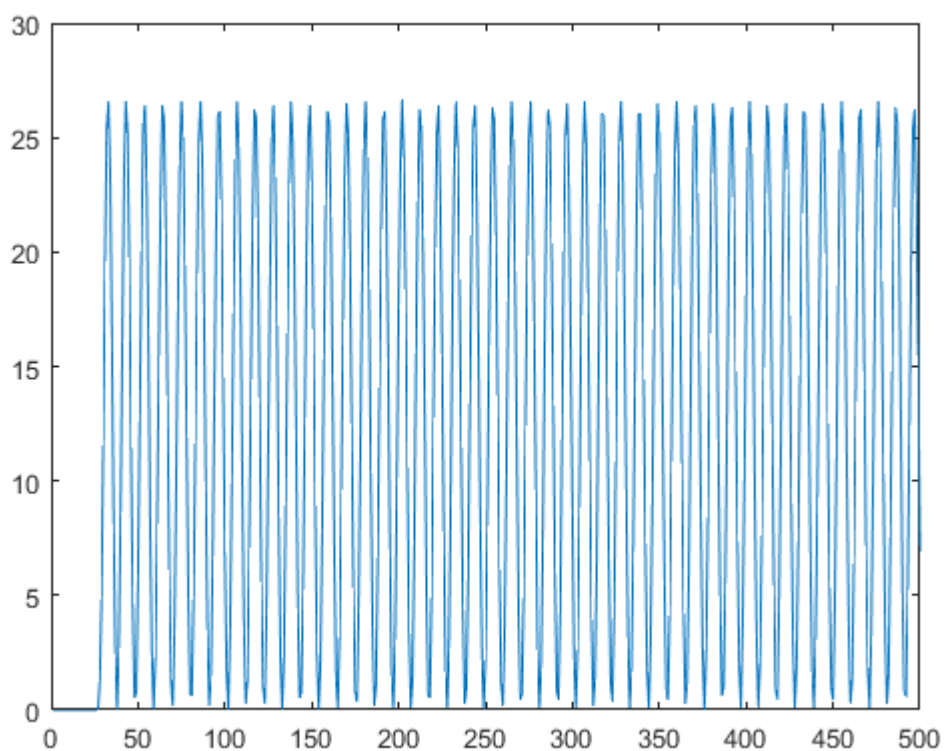


Рисунок 5.9 – Результаты моделирования серия №8

Таблица 5.8 – Статистические данные по моделированию

yz	ys time	ys.signals. values	K1	K2	K3
1	0	0	6.6e-06	2.0e-06	1.1e-06
2	0.0400	0			
3	0.0800	0			
4	0.1200	0			
28	1,0003	0.0125			
-	-	-	-	-	-
2945	1.9993	15.6212			
2946	1.9997	22.3335			
2947	2	26.0147			

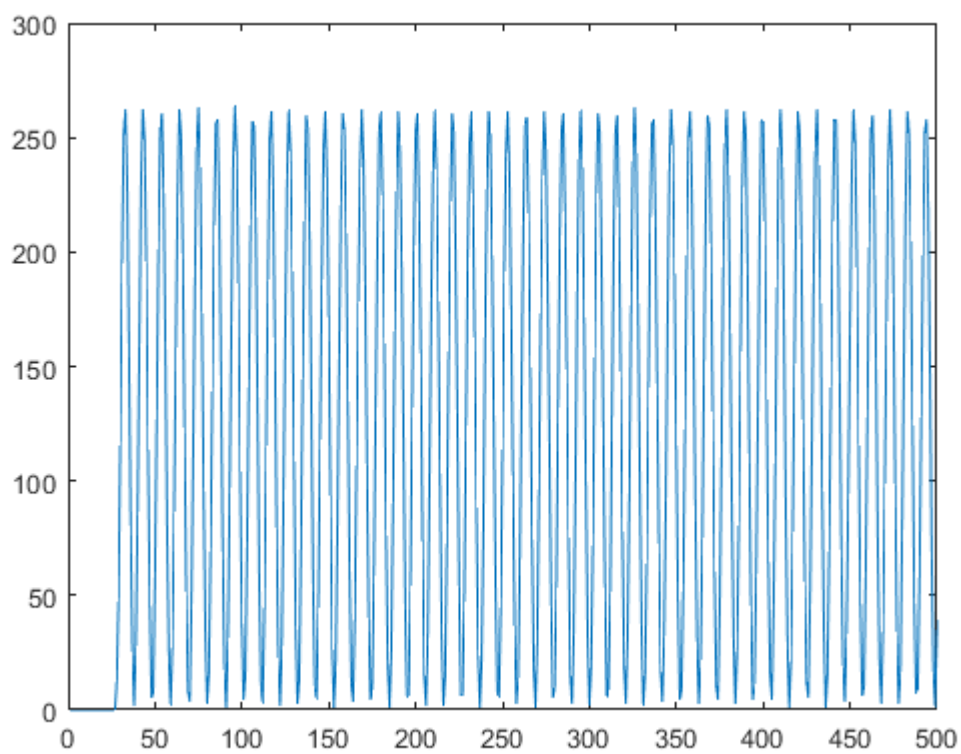


Рисунок 5.10 – Результаты моделирования серия №9

Таблица 5.9 – Статистические данные по моделированию

yz	ys time	ys.signals. values	K1	K2	K3
1	0	0	6.6e-05	2.0e-05	1.1e-05
2	0.0400	0			
3	0.0800	0			
4	0.1200	0			
28	1,0003	0.0125			
-	-	-	-	-	-
2927	1.9995	195.548			
2928	1.9998	244.339			
2929	2	256.344			

6 Режущий инструмент

6.1 Модель изнашивания режущего инструмента

Стойкость режущего инструмента- один из основных факторов определяющих экономические показатели механической обработки. В последние годы в трибологии сложилось обоснованное мнение, что изнашивание имеет своей основе процессы протекающие на микро- и суб-микроуровне. В процессе резания контактные объемы режущего инструмента изменяют свое энергетическое состояние в них идет процесс накопления энергии деформации [1]. Реализуемый через изменение дислокационной структуры и микроструктуры, которое в свою очередь, определяет интенсивность изнашивания инструмента [2].

Известно, что внешняя среда оказывает значительное влияние на износостойкость инструмента. В настоящее время существенные успехи достигнуты в разработке вопросов физико- химического действия внешней среды при резании металлов [3,4]. Однако эти работы посвящены в основном

качественному анализу следов износа на контактных поверхностях инструмента при резании в различных смазочно-охлаждающих технологических средах (СОТС). Вопросы влияния внешней среды на структурные превращения происходящие в материале инструмента микро- и субмикро-уровне при резании остаются недостаточно изученными. Их решения позволит найти пути повышения эффективности применимых при резании СОТС и повысить точность прогнозирования интенсивности изнашивания режущего инструмента.

Цель данной работы является разработка математической модели трибоокислительного изнашивания режущего инструмента. Многочисленные работы показали, что контактные слои режущего инструмента из любого инструментального материала (быстрорежущая сталь, твердый сплав, минералокерамика) в процессе резания активно взаимодействуют с кислородом внешней среды. Свойства материала влияют на глубину проникновения кислорода (у быстрорежущей стали она максимальна, у минералдокерамики - минимальна).

6.2 Совершенствование операций на базе патентных исследований

Задача раздела – совершенствовать токарную операцию путем проектирования приспособления с помощью патентных исследований. Выявим прогрессивные технические решения, которые могут лечь в основу конструкции в результате патентного поиска.

Обоснование необходимости проведения патентных исследований.

Одним из путей совершенствования токарной операции при обработке мало жесткого вала является совершенствование приспособления для токарной обработки. Усовершенствовать приспособление можно путем использования прогрессивных технических решений (ТР), созданных в последнее время. Выявить прогрессивные ТР, которые могут лечь в основу конструкции усовершенствованной установки можно в результате патентного исследования уровня вида техники.

Цель изобретения – повышение точности обработки и уменьшение габаритов конструкции.

6.4 Формирование программы исследования

Задача этапа – определить перечень исследуемых ТР (ИТР), их классификационных индексов и широту патентного поиска, а также перечень источников информации, обеспечивающие достаточную полноту и достоверность исследования [16]. Найти оптимальное соотношение между объемом исследования и его стоимостью позволяет регламент патентного поиска.

Регламент поиска включает:

- 1) Определение предмета поиска – исследуемых ТР (ИТР)
- 2) Определение индексов МКИ и УДК
- 3) Определение стран проверки (широта поиска)
- 4) Определение глубины поиска
- 5) Определение источников информации

Определение предмета поиска – исследуемых ТР (ИТР)

Двурезцовая головка содержит следующие ТР:

- а) общая компоновка приспособления;
- б) способ перемещения резцов;
- в) сложность конструкции;
- г) контроль силы резания.

Для достижения цели исследования – повышение качества обработки будем исследовать ТР «Контроль силы резания», и уменьшение конструкции.

6.5 Определение индексов МКИ и УДК

Индекс международной классификации изобретений (рубрику МКИ) определяют по указателю МКИ – сначала по сводному тому до основной группы, а затем по соответствующему тому раздела МКИ до подгруппы. Можно также воспользоваться Алфавитно-предметным указателем к МКИ.

Индекс универсальной десятичной классификации (УДК) определяют по указателю УДК [16].

Также для определения МКИ ИТР можно зайти на сайт fips.ru и по именному поиску найти патенты с необходимым названием.

-Определяем рубрику.

МКИ для приспособления «Многорезцовая головка» либо «Устройство для токарной обработки»: В23В25/06; В23В29/32.

-Определение стран проверки (широта поиска).

Исследования проводим в отношении ведущих стран в области машиностроения - РФ (СССР), Великобритании, Германии, США, Франции и Японии.

-Определение глубины поиска.

Глубина (ретроспектива) патентного поиска зависит от вида исследования и от патентного законодательства стран проверки.

При исследовании уровня техники устанавливаем глубину поиска 10-15 лет.

-Определение источников информации.

В качестве источников патентно-технической информации используют следующую документацию:

бюллетень РФ (СССР) «Изобретения»

патентные описания

реферативный сборник «Изобретения стран мира»

реферативный журнал ВИНТИ по соответствующей отрасли

отраслевые журналы

книги и т.п. в исследуемой отрасли

Данные заносят в таблицу «Регламент поиска». Пример регламента поиска приведен в таблице 6.1.

-Регламент поиска

Объект: многорезцовая головка.

Вид исследования:

- 1) исследования уровня вида техники.
- 2) исследование патентной чистоты.
- 3) исследование патентоспособности.

Таблица 6.1- Регламент поиска

ИТР	Индексы МКИ и УДК	Страны поиска	Глубина поиска, лет	Источники информации
12. Общая компоновка 79р	МКИ: B23В 25/06 УДК: 621.91 621.941	РФ (СССР) Великобритания ФРГ США Франция Япония	10-15	Патентные описания Патентные бюллетени РФ и СССР реферативный сборник ВНИИПИ "Изобретения стран мира", реферативный журнал ВИНТИ 14А "Резание металлов. Станки и инструменты" журналы "Вестник машиностроения", "Машиностроитель", "Станки и инструменты", "Изобретатель и рационализатор", а также книги и работы в области обработки металлов резанием, режущего инструмента, токарной
2)---	---	РФ (СССР) Великобритания ФРГ США Франция Япония	---	

ИТР	Индексы МКИ и УДК	Страны поиска	Глубина поиска, лет	Источники информации
				обработки, www.fips.ru

6.6 Патентный поиск

Патентный поиск – это просмотр и отбор патентной документации согласно регламенту поиска.

Просматриваем источники информации в соответствии с регламентом. Отбираем такие документы, по названиям которых можно предположить, что они имеют отношение к ИТР «многорезцовая головка».

Знакомимся с текстом отобранных документов и отбираем для детального анализа а н а л о г и ИТР – ТР, решающие ту же или близкую задачу [16]. Сведения об аналогах заносят в таблицу 9.2 .

Изображают аналоги на эскизах таким образом, чтобы были ясно видны их отличительные признаки. Пример эскизов приведен на рис. 6.2

Таблица 6.2 - Патентная документация, отобранная для анализа

ИТР	Страна вид и № документа, рубрика МКИ	Автор, Заявитель, Дата публикации Название	Сущность ТР и цель его создания
1	2	3	4
Общая компон овка	РФ (СССР) А.С. №1546210 B23B29/32	Б.М. Сойкин, И.А.Маслен ников, А.И.Стру- женцев,	1)Изобретение относится к обработке металлов резанием и может быть использовано на токарных и др. станках для продольного и фасонного точения. Головка содержит корпус, включающий фланцы 1,2 и кожух3. Резцедержатели4 и инерционные

		Ю.В.Белу- сов, Б.В.Травя- ников,	грузы6 установлены на валах5, расположенных параллельно оси корпуса. Инерционные грузы6 имеют С-образную форму и стянуты по участкам цилиндрических поверхностей плоским резиновым кольцом19. На корпусе против каждого резцедержателя закреплены кронштейны с регулируемыми упорами для ограничения поворота резцедержателей. Валы5 могут быть соединены между собой посредством зубчатых колес10 для повышения надежности работы головки. В процессе
		К.Г.Кислов. 28.02.90	вращения головки валы5 под действием инерционных грузов6 поворачиваются, вместе с ними и резцедержатели, которые производят обработку [4].

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
		Многорезц овая головка	Целью изобретения является расширение технологических возможностей и упрощение конструкции многорезцовой головки.
Общая компон овка	РФ (СССР) пат. №2069606 В23В29/32	Б.М. Сойкин, Ю.В.Белу- сов, С.А.Князьк ин. 27.11.96	2)Использование: в машиностроении для обработки металлов на токарных и др. станках для продольного и фасонного точения. Сущность изобретения: головка состоит из корпуса, включающего соосные фланцы 1,2 и ограничительный кожух3, которые жестко соединены между собой,

		<p>Многорезц овая головка</p> <p>резцедержателей 4, закрепленных на концах валов5, которые установлены в соосных отверстиях фланцев 1и2, выполненных равномерно по окружности с центром на оси вращения, параллельно оси корпуса. На тех же валах5 в пространстве между фланцами 1и2 жестко закреплены инерционные грузы6, выполненные в виде одинаковых тел произвольной формы, центр тяжести которых расположен как можно дальше от места их установки на валах5. Каждый инерционный груз снабжен закрепленным на его боковой поверхности пальцем7, который введен в сквозной паз кольцевого поводка8, установленного соосно корпусу с возможностью поворота вокруг его оси. При этом каждый инерционный груз6 связан с</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
			<p>корпусом возвратной пружиной9. Один конец пружины9 надет на штифт10, закрепленный на грузе, а другой надет на крюк11, закрепленный на втулке12, жестко установленной в корпусе вдоль оси его. При вращении головки под действием центробежных сил инерционные грузы6 вместе с валами5 и резцедержателями4 за счет пальцев7, закрепленных на боковой поверхности инерционных грузов6 и</p>

			<p>расположенных в пазах кольцевого поводка8, выполненных для всех инерционных грузов6 одинаковой формы, синхронно поворачиваются, перемещая резцы16, срезающие с заготовки одинаковый припуск [5].</p> <p>Целью изобретения является расширение технологических возможностей и упрощение конструкции многорезцовой головки</p>
Общая компания	РФ (СССР) А.С. №639650 В23В5/12	В.Н. Данченко, И.А.Масленников, А.К.Пономарев, В.Г.Сова, Г.И.Хаус-тов,	<p>3)Изобретение относится к области станкостроения. Известна многорезцовая головка, содержащая корпус с радиальными направляющими, в которых размещены ползуны с резцами, связанные с двуплечими рычагами.</p> <p>Целью изобретения является повышение точности обработки за счет синхронизации перемещения ползунов с ра</p>

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
		<p>в А.А.Сильченко И.И.Бискуп 30.12.78 Многорезцовая головка</p>	<p>Для этого в корпусе многорезцовой головки установлены планетарный редуктор и кулачок, причем планетарный редуктор посредством кулачка связан с двуплечими рычагами. Головка состоит из корпуса1 с радиальными направляющими2, в которых размещены ползуны3 с резцами4, опирающиеся на двуплечие рычаги5, связанные свободно с планетарным редуктором6 через кулачок7. Корпус и</p>

			<p>планетарный редуктор посажены на шпиндель и вращаются с одинаковой скоростью.</p> <p>При проточке цилиндрической поверхности оправки усилие резания передается через резцы⁴, ползуны³, двуплечие рычаги⁵ на кулачок⁷. Для проточки конусной части оправки необходимо повернуть кулачок⁷ относительно корпуса¹. Для этого необходимо затормозить ведущий венец⁸ планетарного редуктора⁶. За счет разности зубьев в ведущем⁸ и ведомом⁹ венцах последний начинает вращаться со скоростью, меньшей скорости шпинделя. Кулачок, связанный с ведомым венцом, начинает проворачиваться относительно корпуса головки. Двуплечие рычаги,</p>
--	--	--	---

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
			<p>поворачиваясь на осях, дают возможность перемещаться ползунам с резцами. При выключении тормоза¹⁰ ведущего венца планетарного редуктора скорости ведомого и ведущего венцов, а также кулачка с корпусом головки сравниваются. Перемещение ползунов с резцами прекращается [5].</p>
Общая компания	РФ (СССР)	Р.А. Миусский,	4) Изобретение относится к области обработки металлов резанием, в частности к

овка	А.С. №667335 В23В29/34	Д.Е.Лихтенштейн, В.Г.Саломатов, А.А.Заботин, Ю.И. 15.06.79 Резцовая головка	<p>резцовым головкам для бесцентрового точения, и может быть использовано при обработке длинномерных изделий с искривленной осью, например труб.</p> <p>Цель изобретения – обеспечение равномерного съема припуска и увеличение срока службы головки. Это достигается тем, что оси поворота рычагов связаны плавающим элементом, а в корпусе головки установлены с возможностью поворота двухповодковые группы, несущие резцы, причем один поводок каждой группы, несущие резцы, причем один поводок каждой группы шарнирно соединен с одним из упомянутых рычагов.</p> <p>Корпус1 головки закреплен на шпинделе станка и во время точения вращается в направлении, показанном стрелкой А. В</p>
------	------------------------------	---	--

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
			<p>корпусе1 головки размещены рычаги2, связанные со штоками3 силовых цилиндров4, например гидроцилиндров и поворотные на осях5. Резцы закреплены на поводках7 двухповодковых групп, поводки8 которых установлены на корпусе1 с возможностью поворота, а поводки7 шарнирно связаны с рычагами2. Оси5 рычагов2 связаны плавающим элементом9. Канадлом10 рабочая полость11</p>

			<p>гидроцилиндра соединена с системой подачи жидкости в головку, а каналом12 холостая полость13 гидроцилиндра соединена с внешней средой.</p> <p>Перемещения резцов, обусловленные отклонениями диаметральных размеров заготовки, происходят за счет перемещения резцов, обусловленные смещением профиля заготовки, могут происходить за счет перемещений элемента9 с осями5. Т.о., величина и скорость перемещения поршней со штоками в предложенной головке уменьшена, что увеличивает срок службы головки и снижает влияние сил инерции. Силы резания воспринимаются поворотными поводками8 и рычагами2, что существенно снижает влияние сил трения на неравномерность удаления припуска.</p>
--	--	--	--

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
			<p>Уменьшение сил трения и сил инерции повышает равномерность удаления припуска, что, в конечном счете позволяет снизить потери металла в стружку и повысить стойкость режущего инструмента [6].</p>
Общая компания	Патент РФ №2414994 В23В29/34	О.И. Драчев, Д.А. Расторгуев,	Использование: на токарных и других станках для продольного и фасонного точения. Сущность: устройство для токарной обработки содержит два

		<p>А.О. Кучеров 2010 Резцовая головка</p>	<p>резцедержателя. Размещенных симметрично относительно оси обрабатываемой заготовки, выполненных с возможностью поперечного и продольного перемещений относительно этой заготовки и соединенных между собой винтом с разнонаправленной резьбой одинакового шага на концах винта. Каждый из резцедержателей содержит продольную и поперечную каретки, выполненные с возможностью продольного перемещения относительно друг друга и контакта с механизмами настройки работы на требуемый режим обработки, размещенных с противоположных сторон продольной каретки, при этом один из механизмов выполнен в виде упругих элементов, а другой – в виде роликов, установленных на противоположных концах</p>
--	--	---	---

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4
			<p>рычага, закрепленного на торсионе, и одновременно контактирующих с поверхностью обеих продольных кареток, причем рычаг снабжен приспособлением для изменения силы поджима роликов, которое может быть выполнено в виде или двухстороннего клина или в виде рычажно-винтового зажима. Преимущества: повышение точности обработки[28].</p>

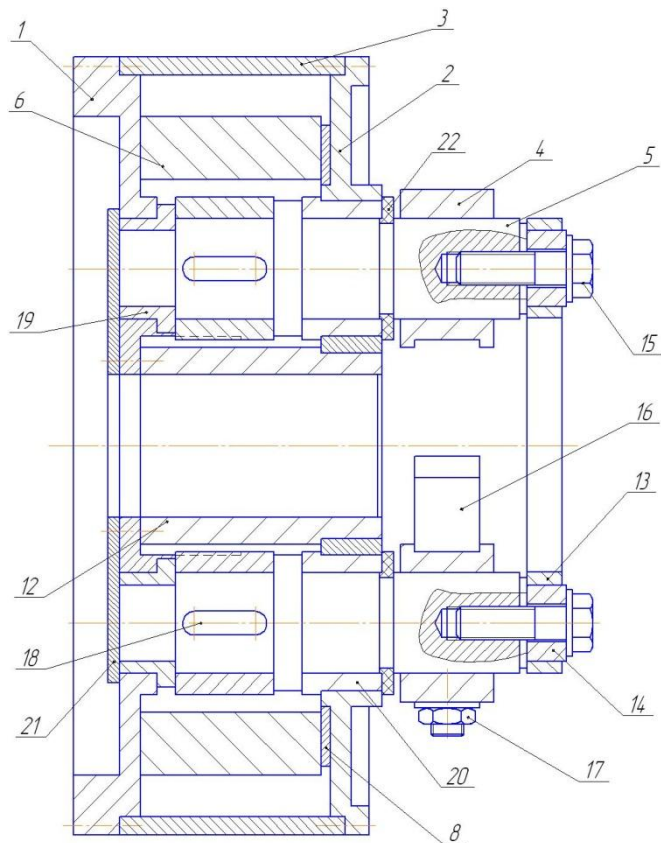
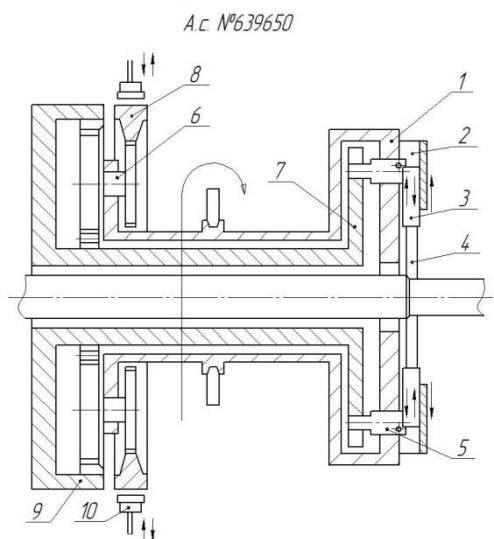
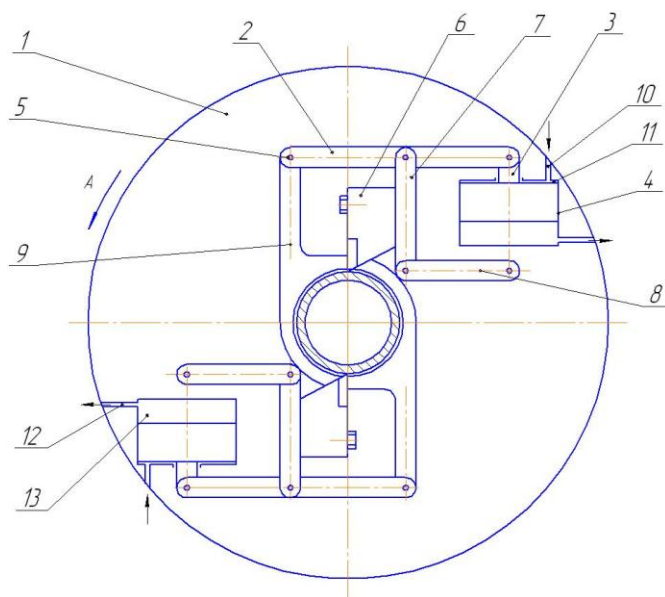


Рисунок 6.2 – Схема к патенту № 5079601



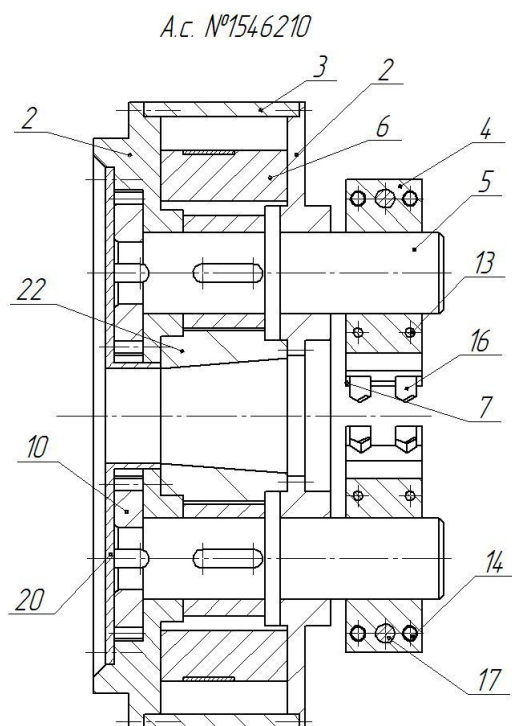


Рис. 6.5 №1546210

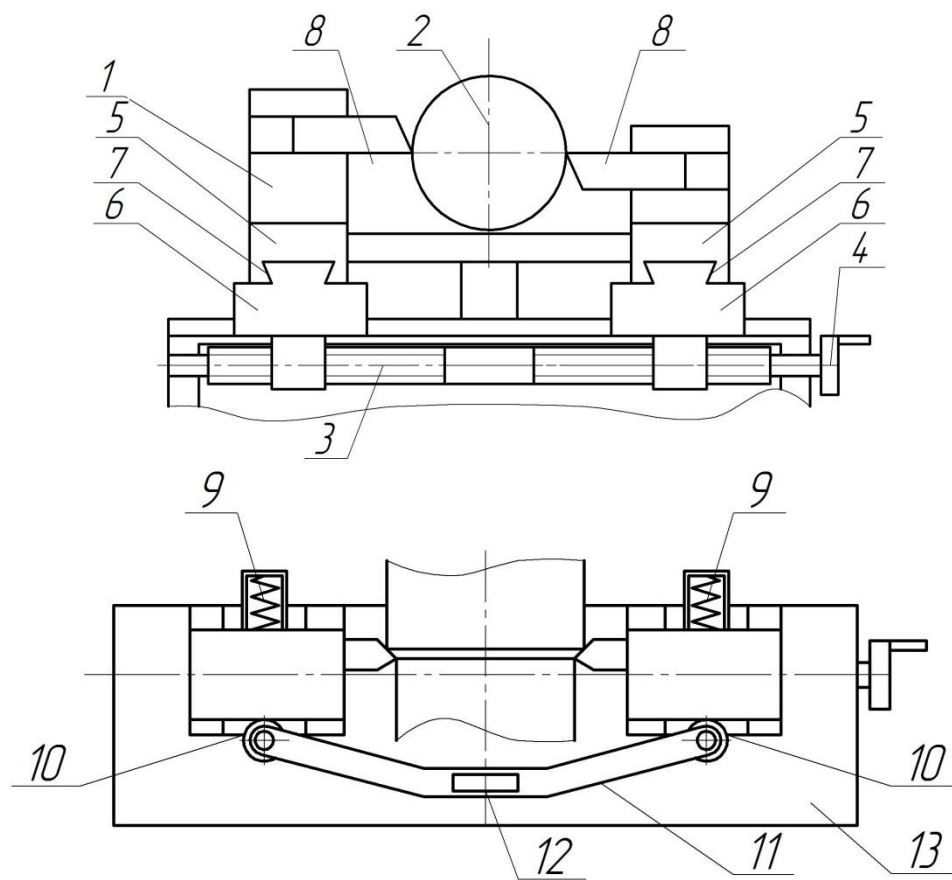


Рис. 6.6 №2419449

6.7 Анализ результатов поиска

Задача этапа – путем сопоставления преимуществ и недостатков ИТР и аналогов установить, какой из аналогов является наиболее прогрессивным.

Выявление существенных признаков ИТР и аналогов.

Определение показателей положительного эффекта.

Устанавливаем, какие показатели положительного эффекта желательно получить в идеальном усовершенствованном объекте.

Показатели положительного эффекта заносим в графы 1-3 таблицы 6.3.

Таблица 6.3 - Сопоставительный анализ преимуществ и недостатков

Группа показателей	N показателей	Показатели	ИТР	Аналоги			
				1	2	3	4
а)	1	а) уменьшение количества элементов;	0	4	4	3	3
б)	1	б) уменьшение габаритов головки;	0	2	2	0	0
в)	1	в) компенсация силы резания;	0	1	2	1	2
г)	1	г) поворот резцедержателя;	0	1	1	0	2
д)		д) обеспечение равномерного	0	3	3	5	5

		припуска.					
		Σ		11	12	9	12

Видим, что наибольшую сумму баллов имеют два аналога Резцовые головки, авторское свидетельство РФ №20369606, №667335.

Но так как аналоги имеют примерно одни баллы рассмотрим конструкции всех приспособлений и выберем элементы для уменьшения габаритов конструкции. Принимаем в качестве ИТР изменение формы резцедержателя. Выбираем цилиндрический резцедержатель с возможностью поворота для компенсации сил резания. Следовательно, данное ИТР является наиболее прогрессивным.

6.8 Экспертиза патентной чистоты

Задача анализа – путем сопоставления существенных признаков аналогов установить, подпадает ли выбранное ПТР под действие защищающих их патентов, т.е. не использована ли в ПТР совокупность признаков, защищенная действующим патентом.

Таблица 6.4 - Существенные признаки ИТР «многорезцовая головка» и его аналогов

№	Существенные признаки	ИТР	Аналоги				
			1	2	3	4	Объект
1	Два резца	+	-	-	+	+	+

2	Цилиндрический резцедержатель	+	-	-	-	-	-
3	Перемещение резцов с помощью шагового двигателя	+	-	-	-	-	+
4	Перемещение резцов с помощью направляющих	+	-	-	-	-	+
5	Использование планетарного механизма	-	-	-	+	-	-
6	Использование шарниров	-	-	-	-	+	-
7	Перемещения резцов с помощью конусных поверхностей	+	-	-	-	-	-

Вывод: Т.к. существенные признаки, как использование цилиндрического резцедержателя и конусных направляющих отсутствуют, то данное приспособление патентоспособное.

Описание усовершенствованной многорезцовой головки на корпусе 5 закрепляется двигатель 1, от которого через шкив ременной передачей 2 передается крутящий момент большой шкив, зафиксированный на вращающейся в подшипниках 11 втулке 6, внутренняя часть которой выполнена в виде сферы в ней на шариках 4, подвижно установлен цилиндрический резцедержатель 7, в котором напротив друг друга зафиксированы резцы 8. Корпус крепится на суппорте.

Устройство работает следующим образом.

Резцы 8 настраиваются на размер обработки и фиксируются. Заготовка 9 пропускается через отверстие во втулке 6 и фиксируется с одной стороны. Двигатель 1 приводит во вращение через ременную передачу 2 цилиндрический резцедержатель 7. При неравенстве сил резания на резцах 8 происходит поворот цилиндрического резцедержателя 7 вокруг оси до уравновешивания сил резания.

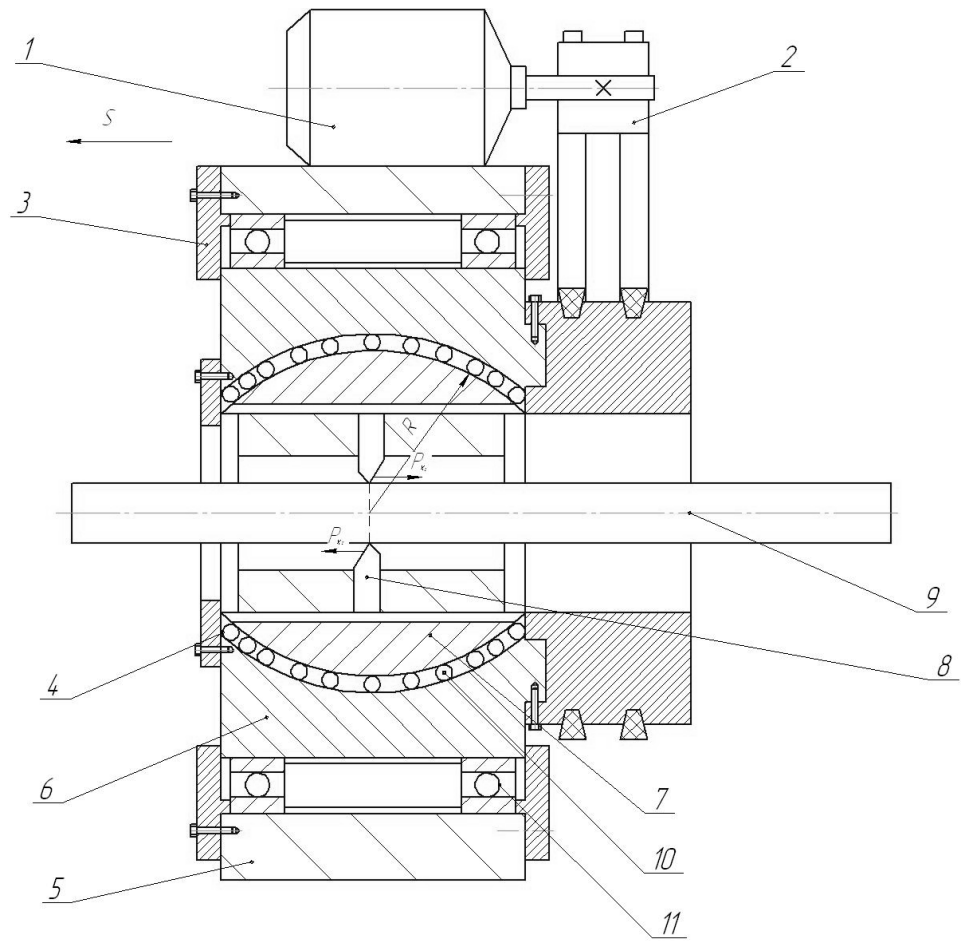


Рисунок 6.6 – схема обработки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами были проведены исследования по влиянию вида обработки режимов резания и параметров системы и выявлено:

- Точность и скорость при обработке многолезцовым инструментом повышается.
- Разработана методика и исследована зависимость по влиянию двух лезцовой обработки с жестким и поворотным суппортом на геометрию вала, его погрешность и построена математическая модель.
- Решены основные проблемы при обработке многолезцовым инструментом по снижению деформаций и колебаний, приводящих к остаточным напряжениям.
- Провели исследование динамики обработки двух лезцовым суппортом при различных параметрах системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Н.В. Сурина, к.т.н., доц., М.С. Кожевников, студ., Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
2. Локтев, Д.А. Современные средства измерения валов / Д.А. Локтев // Журнал «Стружка» 32, 2014, с. 16-20.
3. ГОСТ 8.051-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм
4. Костенко Г.Ю. Тетенко О.В. Диагностирование автоколебаний одноименного процесса течения / Журнал молодой исследователь Дона Год 2018
5. Заковоротный В.Л. Фам Д.Т. Быкодор В.С. Влияние изгибных деформаций инструмента на самоорганизацию и бифуркации динамической системы резания материалов/ Журнал известия высших учебных заведений. Год 2014
6. Пашкевич М.Ф. Жолобов А.А. Пашкевич В.М. Исследование круглости валов после течения/ Статья в сборнике трудов конференции. Год 2004 С.67-68.
7. Быков Г.Т. Дорохин Н.Б. Маликов А.А. Ямников А.С. Течение нежестких заготовок многолезцовыми головками с подвижным люнетом-виброгасителем/ Журнал известия тульского государственного университета
8. Артюх Р. Л. Дейлова А.В. Моргунов А.П. Влияние погрешности установки заготовки в центрах на точность выполняемых размеров/ Журнал Омский научный вестник. 2012
9. Власов М.В. Влияние люнетов на точность и качество заготовок при обработке точением/ Журнал-научная статья. Издательство МГТУ им Баумана.-. 2013 С.4
10. Денисенко В.И. Способ обработки точением с инструментом с двумя пересекающимися стружкообразующими гранями. Патент № 2050225 Год 1995

11 Гвинжилия В.Е. Перестройка динамической системы резания в процессе эволюции. Проблемы математического моделирования. Журнал молодой исследователь Дона Год 2018

12. Кошин А.А. Теория точности и оптимизации многоинструментной токарной обработки / Дис. ... д-ра тех. Наук. Челябинск, 1997, 290 с Машинопись.

13. Юсубов Н. Д. Экспериментальное определение статической матричной характеристики податливости технологической системы. Машиностроитель. 2007. №10. С39-41,

14. Thiele, J. D., Melkote, S. N., Peascoe, Ra., Watkins, T. R. (2000) "Effect of cutting edge geometry and workpiece hardness on surface residual stress in finish hard turning of AISI52100 steel", Transactions of the ASME, Vol. 122, pp.642-649.

15. Joel, RECH. (2005) "Cutting edge preparation and surface issues", HSS forum International conference "smart solutions for metal cutting" Aachen, 2-3 Feburary, pp.1-12.

16. Thiele, JD., Melkote, S.N., 1999. The effect of tool edge geometry on workpiece sub-surface deformation and through thickness residual stress for hard turning of AISI52100 steel. Trans. NAMRI/SME.27:135-140.

17. Jeffrey, D., Shreyes, N.M., 1999. Effect of cutting edge geometry and workpiece hardness on surface residual stresses in finish hard turning of AISI52100 steel. Manufacturing Science and Engineering ASME. MED10:805-979.

18. Noordin, M. Y., Kurniawan, D., and Sharif, S. (2007) "Hard turning of stainless steel using wiper coated carbide tool", International Journal of Precision Technology, Vol. 1, No.1, pp.75-84.

19. Saini, S., Ahuja, I.S., Sharma, V.S.: Influence of Cutting Parameters on Tool Wear and Surface Roughness in Hard Turning of AISI H11 Tool Steel using Ceramic Tools. Int. Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 13, No.8, pp1295-1302, Springer, DOI 101007/s12541-012- 0172-6, 2012

20. Klimenko, S.A., Mukovoz, Y.U., Polonsky, L.G. Advanced ceramic tools for machining applications, Key Engineering Materials , vol. 114, Zurich, 1996
21. Jeffrey, D., Shreyes, N.M. Effect of cutting edge geometry and workpiece hardness on surface residual stresses in finish hard turning of AISI 52100 steel, MED. Vol10, Manufacturing Science and Engineering, ASME 10, pp. 805-979, 1999
22. Winands, N. Hartdrehen aus der Umformwärme geharteter Walzlageringe, Dissertation, RWTH, Aachen, 1996.
23. Chou, Y.K., Evans, C.J., Barash, M.M. Experimental investigation on cubic boron nitride turning of hardened AISI 52100 steel, Journal of Materials processing Technology, vol 134, pp. 1-9, 2003.
24. König, W., Berkold, A., Koch, K.F. Turning versus grinding: a comparison of surface integrity aspects and attainable accuracies, Annals of the CIRP, 42(1), , pp. 39-43,1993.
25. Grzesik, W.: Wear of ceramic tools in hard machining, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol. 26, Issue 2, pp. 127-130, 2008
26. Косилова А.Г., Мещеряков Р.П. Справочник технолога-машиностроения. Том 2. М., “Машиностроение”, 1986
27. Седов Ю.Е., Адашкин А.М. Справочник молодого термиста. М.: Высш. шк., 1986. - 239 с.
28. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 1. – 9-е изд., перераб. и доп./ под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 928 с.
29. T. Özel and E. Zeren, (2007) “Finite Element Analysis of The Influence of Edge Roundness on The Stress and Temperature Fields Induced by High Speed Machining”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 35, No.3-4, pp. 255-267.
30. Авторское свидетельство СССР №1154052 – МКИ: В23В 25/06 // Авторы: В. А. Тараненко, О. И. Драчев и Ф. Г. Щелоков. / опубликовано

07.05.85. Бюл. №17

31. Жарков И.Г. Вибрация при обработки лезвийным инструментом.- Л.: Машиностроение,1986-179 с.

32. Дюнов, А. В. Качество и режимы обработки материалов / А. В. Дюнов, Э. П. Батраков – О. : Северо-Осетинский госуниверситет, 1984. – 101-105с.

33. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения / И.М.Колесов –М.: Высшая школа, 1999-551 с.

34. Кривенко А.П. Система контроля геометрии детали по колебаниям элементов технологической системы / А.П. Кривенко –О.: Всероссийская студенческая научно-практическая междисциплинарная конференция «Молодежь. Наука. Общество» Тольяттинский государственный университет, 2018