

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия

УДК 621.9

ГОРГОЛЮК ИГОРЬ ВИТАЛЬЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ ПУТЕМ НАЛОЖЕНИЯ ВИБРАЦИЙ НА
ИНСТРУМЕНТ

8.05050301– металлорежущие станки и системы

Автореферат магистерской работы

Краматорск - 2014

Работа выполнена на кафедре компьютеризированные мехатронные системы, инструмент и технологии Донбасской государственной машиностроительной академии Министерства образования и науки Украины.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Иванов Иван Николаевич

Защита состоится 22 декабря 2014 года в 9 часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии Донбасской государственной машиностроительной академии.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В различных отраслях машиностроения применяются детали, в конструкции которых широко распространены отверстия с различными геометрическими характеристиками и параметрами качества.

Многие из них обрабатываются традиционными методами, сложность применения которых возникает при обработке глубоких отверстий.

Традиционные методы обработки глубоких отверстий не всегда позволяют достичь требуемых показателей точности и качества поверхности. Для решения этих вопросов на многих предприятиях применяют различные комбинированные методы, одним из которых является вибрационное сверление.

Анализ показывает, что до настоящего времени вопросы теории и практики вибрационной обработки изучены недостаточно. Несмотря на многочисленные теоретические и экспериментальные исследования обработки отверстий, вопросы, касающиеся качества обработки при высокой производительности, еще до конца не решены.

Поэтому исследование этих вопросов является актуальной задачей машиностроения.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Исследования, которые выполнены в магистерской работе, связаны с государственными бюджетными темами кафедры компьютеризированные мехатронные системы, инструмент и технологии Донбасской государственной машиностроительной академии Д03-13 «Разработка технологических систем для экологической обработки деталей энергетики на базе адаптивных многоцелевых тяжелых станков».

Цель и задачи исследования. Цель исследования – повышение эффективности глубокого сверления путем наложения вибрационных колебаний на инструмент.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Осуществить анализ существующих систем обработки глубоких отверстий.
2. Исследовать пути интенсификации процесса глубокого сверления.
3. Разработать новую конструкцию устройства для вибрационного сверления.

Объект исследования – процесс обработки глубоких отверстий.

Предмет исследования – устройство для глубокого вибрационного сверления.

Методы исследования. Работа выполнена на основе фундаментальных положений, технологии машиностроения, теории резания, формообразования поверхностей инструментом, начертательной геометрии.

Научная новизна полученных результатов.

1. Разработано устройство для вибрационного сверления с применением ферромагнитной жидкости, работающей по принципу магнитожидкостного уплотнения, которое используют в технологическом оборудовании для передачи движения при одновременной герметизации путем физического барьера в форме магнитной жидкости.

2. Разработана управляющая программа и блок-схема управления устройством с помощью микропроцессора.

Практическая ценность. Предложена конструкция устройства для глубокого сверления, которая может быть применена на любом машиностроительном заводе, которая позволит уменьшить параметры шероховатости в 1.5-2 раза, улучшить обрабатываемость за счет облегчения стружкоудаления и повышения эффективности действия СОЖ.

Достоверность полученных результатов. Достоверность полученных результатов работы обеспечивается точностью постановки задач, использованием корректных методов исследования.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели и задач работы; разработке методов их решения; проведении экспериментальных исследований. Вклад автора в работы, выполненные в соавторстве, состоял в непосредственном участии во всех стадиях работы, включая постановку задачи, выполнения теоретических и экспериментальных исследований.

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты докладывались на конференции: международная научно-техническая конференция «Тяжелое машиностроение. Проблемы и перспективы развития» (г. Краматорск 2014г.)

Публикации. По результатам магистерской работы опубликовано 2 работы, из них: 1 в специализированных изданиях ВАК Украины, 1 тезисы доклада.

Структура и объем работы. Магистерская работа состоит из введения, шести глав, общих выводов, списка использованных источников с 32 наименованиями и 3 приложения. Основной текст изложен на 104 страницах, содержит 15 рисунков, 10 таблиц. Общий объем работы содержит 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи исследования, научная новизна и практическое значение полученных результатов. Приведен уровень апробации работы, личный вклад соискателя и количество публикаций.

Первый раздел посвящен анализу нынешнего состояния вопроса по теме. Осуществлен анализ условий и особенностей осуществления глубокого сверления.

Вопросами совершенствования процесса обработки металлов с наложением вибраций на режущий инструмент посвящены работы Веремейчука И.С., Минкова М.А., Подураева В.Н., Троицкого Н.Д., Кумабэ Д., в которых отражены теоретические исследования и промышленная разработка метода вибрационного резания, большое число практических рекомендаций, справочной информации и инженерных решений для данного метода обработки.

Несмотря на многочисленные теоретические и экспериментальные исследования обработки отверстий, вопросы, касающиеся качества обработки при высокой производительности, еще до конца не решены.

Глубокие отверстия получают одним из следующих способов:

- вращение и движение подачи сообщается инструменту;
- вращение сообщается детали, а движение подачи инструменту;
- вращение сообщается детали и инструменту в противоположные стороны, а подача инструменту.

Вращающимся инструментом можно сверлить глубокие отверстия в громоздких деталях, вращение которых невозможно или затруднено. Вращение сверла позволяет вести обработку на высоких скоростях резания, ограничиваемых только стойкостью материала сверла.

Сверление глубоких отверстий на горизонтально-сверлильных станках, когда вращается деталь, а подача осуществляется сверлом, обеспечивает существенное уменьшение увода оси обрабатываемого отверстия. Основным недостатком данного метода является трудность обеспечения высоких скоростей резания, особенно при обработке крупногабаритных деталей.

Наиболее производительным является метод сверления глубоких отверстий при одновременном вращении инструмента и детали в противоположных направлениях. Сверло вращается с большей частотой, чем обеспечивается высокая скорость резания. Обработка этим методом осуществляется на горизонтально-сверлильных станках, имеющих устройства для вращения режущего инструмента (станки вертлюжного типа).

Сверление производят стандартными и специальными спиральными сверлами из быстрорежущей стали и твердых сплавов, а также сверлами одностороннего резания с внутренним подводом СОЖ (ружейными сверлами) с рабочей частью из твердого сплава.

Важную роль при сверлении глубоких отверстий имеет специальная оснастка. Применяют специальные люнеты для центрирования обрабатываемой заготовки; большинство станков для глубокого сверления снабжено фирменными зажимными патронами, станки вертлюжного типа, как правило, имеют по два зажимных патрона для закрепления заготовки с обеих сторон вертлюга; для подвода СОЖ применяют маслоприемники; для повышения производительности глубокого сверления применяют специальные вибросверлильные устройства

Второй раздел магистерской работы посвящен рассмотрению путей интенсификации процесса обработки глубоких отверстий.

Особые затруднения вызывает процесс удаления стружки при глубоком сверлении. Процесс удаления стружки заключается в её дроблении и выносе из рабочего пространства станка. Дробление стружки является основным фактором, влияющим на качество получаемого отверстия, поэтому применяются различные способы дробления стружки при обработке отверстия и удаления стружки: применяются различные элементы конструкции сверла (лунки, уступы, накладные стружколомы). Однако они недостаточно производительны при глубоком сверлении.

Одним из наиболее перспективных путей повышения производительности сверления и облегчения стружкоотвода является вибрационное сверление. К основным преимуществам внедрения вибрационного сверления относят уменьшение интенсивности износа инструмента из-за снижения действующих сил, температуры и повышения эффективности применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), ликвидации пробок из стружки в канавках сверла.

При выполнении любой технологической операции могут быть получены дефекты, в ряде случаев приводящие к неисправимому браку. Дефекты, которые могут сопровождать операцию глубокого сверления, весьма разнообразны.

В зависимости от направления вращения заготовки или инструмента, нарушение прямолинейности отверстия может происходить в различных направлениях (рис.1).

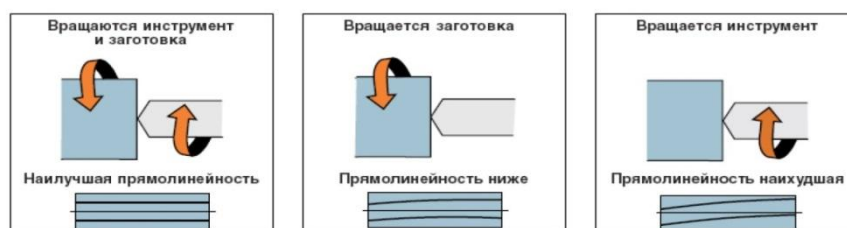


Рис. 1 - Влияние вращения заготовки и инструмента на прямолинейность отверстия

Все дефекты, образующиеся в результате сверления глубоких отверстий, можно разделить на пять групп, исходя из природы их возникновения (рисунок 2).

К первой группе необходимо отнести следующие дефекты:

- 1) уводы оси отверстий на торцах заготовки или в сечении;
- 2) кривизну оси отверстия в сечениях заготовки;
- 3) разностенность заготовки в данном сечении;
- 4) уступы отверстий на стыке при двустороннем сверлении;
- 5) излом оси, просверленного с двух сторон отверстия;
- 6) эллиптичность (некруглость) отверстий.

Перечисленные дефекты, кроме эллиптичности, являются следствием уводов сверла от заданного направления.

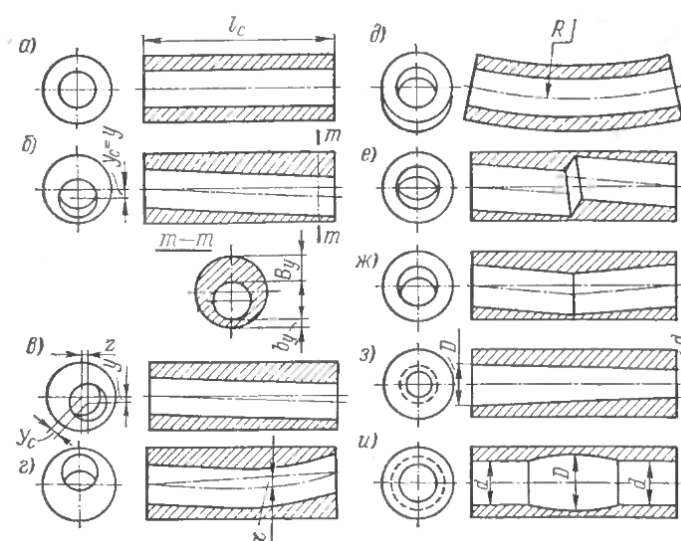


Рис. 2 - Дефекты, полученные при глубоком сверлении отверстий: а — правильно просверленное отверстие (без увода); б — увод расположен в плоскости $X-Y$; в — увод расположен между плоскостями $X-Y$ и $X-Z$; г — кривизна оси отверстия, вызванная уводом; д — кривизна оси отверстия, вызванная короблением; е — уступ от двустороннего сверления; ж — излом оси отверстия от двустороннего сверления; з — конусность; и — бочкообразность отверстия

При глубоком сверлении и растачивании приходится иметь дело с двумя видами стружки: сливной и дробленой. Дробленую стружку получают преднамеренно делением сливной стружки по ширине и длине. Однако не всегда удается сливную стружку превратить в дробленую, это трудно сделать при сверлении отверстий малого диаметра.

Для деления стружки по длине применяют механическое и кинематическое дробление. Механическое дробление основано на деформации изгиба стружки посредством стружколомающего порошка (уступа), выполненного заточкой на

передней поверхности лезвия вдоль режущей кромки. Срезаемая стружка с помощью порошка изгибается и отламывается – дробится по длине.

Способ дробления стружки с помощью порошка достаточно прост, широко распространен и обеспечивает дробление в широком диапазоне скоростей и подач. Однако он не обеспечивает дробление сливной стружки при сверлении с подачей $S_o < 0.08$ мм/об. В этих случаях применяют кинематическое дробление стружки, заключающееся в наложении на основную подачу осевых колебательных движений инструмента или заготовки с такой амплитудой, при которой создается прерывистое резание. Сверление с кинематическим дроблением стружки называют вибрационным сверлением.

Сущность процесса вибрационного резания заключается в том, что на обычно принятую для данной операции кинематическую схему накладывается дополнительное направленное вибрационное движение инструмента относительно заготовки. Физическими особенностями такого процесса резания являются периодическое изменение режимов резания и, как следствие этого, переменная циклическая нагрузка на обрабатываемый материал и инструмент.

Параметры вибрационного движения (частота, амплитуда), обеспечивающие дробление, определяются режимами резания, но не зависят от обрабатываемого материала, поскольку дробление стружки во всех случаях может быть получено за счет мгновенного прерывания процесса резания. Указанная особенность объясняется тем, что при вибрационном резании дробление стружки происходит с переменными параметрами. Согласно известной классификации способов дробления стружки (рис. 3) вибрационное резание обеспечивает получение дробленной, мелкой стружки.

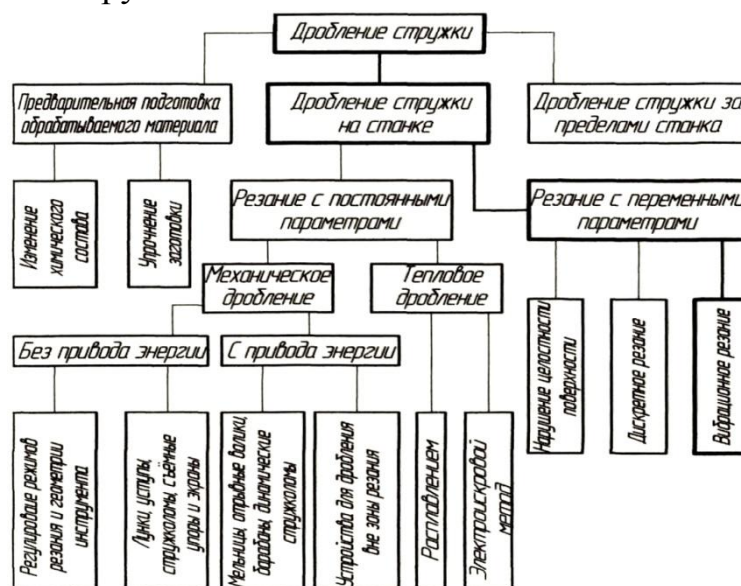


Рис.3 - Классификация способов дробления стружки

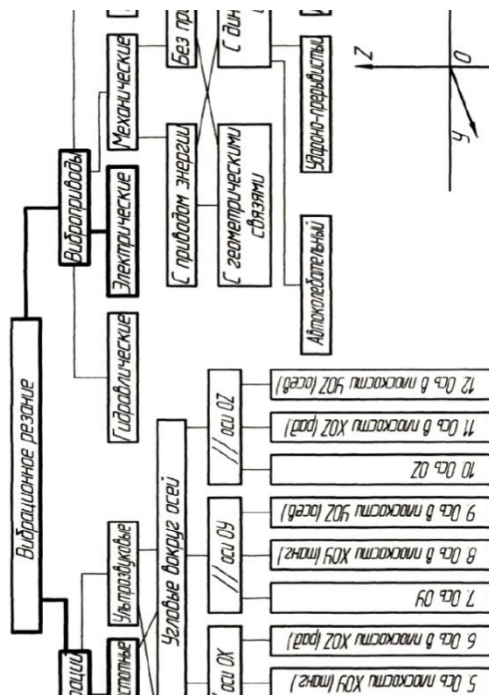


Рис.4 - Классификация способов вибрационного резания

Существует несколько разновидностей вибрационного резания. Приведенная на рис. 4 классификация вибрационного резания показывает множество способов этого процесса. В большинстве литературных источников отмечается: для повышения качества обработанной поверхности, обеспечения дроблённой стружки, повышения стойкости инструмента при сверлении отверстий с использованием вибраций необходимо применять осевые колебания линейного типа вдоль оси инструмента.

Фактор подачи СОЖ в зону резания является важнейшим в процессе глубокого сверления и во многом определяет специфику как самого процесса, так и применяемого оборудования, оснастки, технологических приемов.

В зависимости от способа отвода стружки различают следующие технологии отвода стружки из зоны резания при глубоком сверлении:

- эжекторная система (двухштанговая);
- система STS (одноштанговая);
- система сверления ружейными сверлами.

Эжекторная система обеспечивает практически те же результаты по производительности, точности и качественным характеристикам отверстий, что и глубокое сверление с внутренним и наружным подводом СОЖ. Но позволяет выполнять сверление на универсальных станках (токарных, сверлильных, горизонтально-расточных и др.), лишь дополнив их насосной станцией, стационарной при перемещающейся по мере надобности от одного станка к другому.

Одноштанговая система STS (Single Tube System) самая совершенная из всех технологий сверления глубоких отверстий, хотя и сама

сложная.предусматривает наружный подвод СОЖ по зазору между стенкой обрабатываемого отверстия и наружной поверхностью стебля. Разница между диаметром сверлильной трубы и диаметром сверлильной головки составляет 2-3 мм. В этот зазор под высоким давлением подается СОЖ.

Технология сверления ружейными сверлами наиболее эффективна при производстве малых отверстий (от 1 мм). Максимальная глубина обработки этими сверлами – 100 d. Предполагает внутренний подвод и наружный отвод СОЖ. Предъявляет высокие требования к давлению СОЖ и могут применяться на традиционных станках ЧПУ, оснащенных системой подачи СОЖ под высоким давлением.

Вибрационное резание на любых станках обеспечивается с помощью возбудителей колебаний - вибраторов. В настоящее время известно достаточно большое число вибраторов разного типа (гидромеханические, гидродинамические, магнитострикционные, пьезоэлектрические и т.д.), которые устанавливаются практически на всех отечественных станках, где реализуют процесс вибрационной обработки.

Наиболее универсальными, причем имеющими высокую удельную мощность, являются гидравлические виброприводы, которые могут создавать весьма широкий диапазон амплитуд и частот.

Широкое распространение в вибрационном резании получили механические вибраторы. Это объясняется известными достоинствами механических систем: простотой конструкции и эксплуатации, надежностью, дешевизной, высоким КПД.

Существуют также и различные механические насадки, головки ударного или вибрационного действия.

Третий раздел посвящен разработке устройства для экспериментальных исследований процесса сверления глубокого отверстия с применением вибраций.

Для интенсификации процесса сверления глубоких отверстий на базе патента было разработано устройство для вибрационного сверления, схема управления которого представлена на рис.5.

В данном устройстве, в отличие от ранее рассматриваемого предусмотрено несколько конструкторских решений, которые значительно повышают эффективность рассматриваемого устройства и его технологические возможности.

Для адаптивного управления параметрами вибрационного сверления, в устройство был внедрен ряд датчиков и устройств, таким образом был устранен основной недостаток данного устройства – недостаточная автоматизация управления процессом вибросверления.

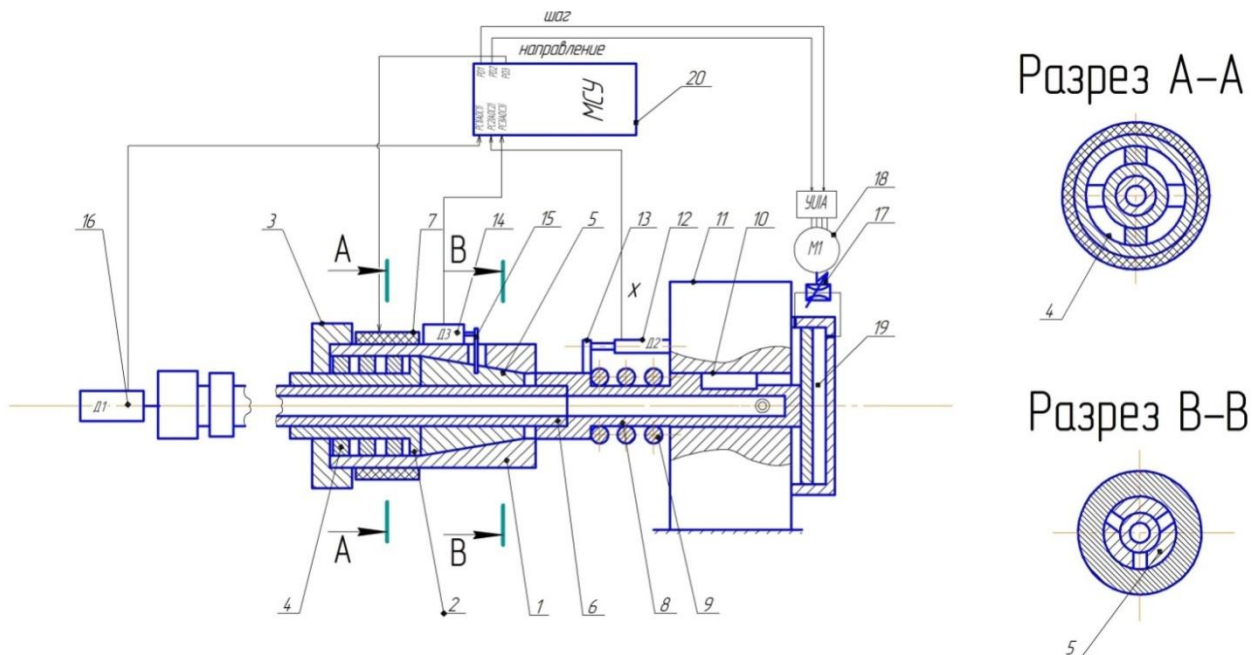


Рис.5 – Схема управления вибрационного устройства

1. Для считывания и обработки сигналов со всех датчиков а также для осуществления управления устройством был добавлен 8-битный микроконтроллер 20 от компании AVR, для управления которым была разработана блок-схема и управляющая программа.

2. На шпинделе станка был добавлен тахогенератор 16 - измерительный генератор переменного тока, предназначенный для преобразования мгновенного значения частоты (угловой скорости) вращения вала в пропорциональный электрический сигнал. Величина ЭДС, а в некоторых типах тахогенераторов и частота, сигнала прямо пропорциональны частоте вращения шпинделя. Сгенерированный сигнал подаётся на вход микропроцессора, отслеживающего частоту вращения шпинделя станка.

3. На корпусе устройства вместо обычного датчика был применен индуктивный преобразователь 12 фирмы LVDT (дифференциальный трансформатор для измерения линейных перемещений) для преобразования линейных перемещений датчика в электрический сигнал. Величина напряжения (сигнала) датчика пропорциональна перемещению упора датчика 13 относительно корпуса устройства 11, таким образом датчик считывает значение скорости подачи шпинделя и отправляет сигнал на микроконтроллер.

4. Основным недостатком данного типа устройств является резкое внедрение инструмента в заготовку. Поэтому, для плавной подачи оправки с инструментом, на корпусе устройства был смонтирован гидроцилиндр 19, подключенный к дросселю 17, который управляется электромотором 18. Микроконтроллер подает сигнал на электромотор, который управляет гидроцилиндром, и происходит плавная подача и внедрение инструмента в

заготовку и последующая виброобработка детали. Таким образом были исключены значительные ударные нагрузки на сверло в момент контакта сверла и заготовки.

Устройство работает следующим образом:

Подпружиненный цанговый зажим 5 под действием пружины 4, предварительное поджатие которой осуществляется гайкой 3, перемещается крайнее (правое) положение и зажимает оправку 6. При этом датчик 14, взаимодействуя с упором 15, включает электромагнитную обмотку 7. Под воздействием магнитного поля, возбужденного электромагнитной обмоткой 7, ферромагнитная жидкость затвердевает, вследствие чего пружина 4 становится звеном, препятствующим перемещению цангового зажима 5 влево, и тем самым, освобождению оправки 6.

Падающая каретка 11, непрерывно перемещаясь влево при неподвижном корпусе 1, сжимает пружину 9 до величины определяемой зазором между датчиком 12 и упором 13. В момент их контактирования происходит выключение электромагнитной обмотки 7, и пружина 9 за счет сил трения между цанговым зажимом 5 и оправкой 6 начинает перемещать цанговый зажим 5 влево и, тем самым, освобождает оправку 6. При этом происходит перемещение оправки 6 и распрямление пружины 9. Затем цикл повторяется, что обеспечивает прерывистую подачу оправки. Таким образом, зная скорость вращения шпинделя, считываемую с тахогенератора, величину подачи, считываемую с датчика 12 и табличные значения угла γ , микропроцессор производит вычисление и подает сигнал на электромотор, подключенный к гидроцилиндру который осуществляет плавную подачу шпинделя, а тот в свою очередь плавную подачу оправки с инструментом.

Ферромагнитная жидкость в устройстве работает по принципу магнитожидкостного уплотнения. Это механическое уплотнение, в котором роль уплотняющего элемента выполняет магнитная жидкость. Магнитожидкостные уплотнения используют в технологическом оборудовании для передачи движения при одновременной герметизации путем физического барьера в форме магнитной жидкости. Магнитная жидкость в полости удерживается на месте с помощью электрического поля.

Микропроцессор самостоятельно синхронизирует подачу и скорость вращения шпинделя по формуле:

$$\frac{W}{S} < tg(\gamma + 4)$$

где W – скорость вращения шпинделя, S – величина подачи инструмента, γ – угол между касательной, приложенной к передней поверхности сверла, и плоскостью резания, образованной главной режущей кромкой.

Отношение скорости вращения шпинделя станка к величине подачи сверла должно быть меньше, чем тангенс γ - угла касательной, приложенной к

передней поверхности сверла, и плоскости резания, образованной главной режущей кромкой. Значения тангенса угла предварительно задаются в память микропроцессора исходя из параметров применяемого сверла.

Для осуществления автоматизации процесса сверления и управления устройством с помощью микропроцессора была управляющая программа устройства (приложение Б) и составлена блок-схема (рис.6).

В соответствии с разработанным принципом работы устройства, сущность управления устройством микропроцессором заключается в том, что вначале, в качестве исходных данных в память заносится геометрический параметр инструмента – значение тангенса переднего угла сверла (блок 1).

Далее, в блоке 2 производится проверка сигналов с датчиков 12, 14 и 16 на процессор и если сигналы поступают, запускаем нашу систему и выполняем следующую операцию на блоке 3.

В блоке 3 производим измерение показаний датчика 14, и сравниваем с максимальным значением сигнала: если значение сигнала максимально, переходим к блоку 4. Если условие не выполняется, значение сигнала меньше максимального – то переходим к блоку 6.

Блок 4 задействуется, когда условие величины сигнала в блоке 3 выполняется. При контактировании с датчика 14 с упором 15 происходит включение обмотки 7, а следовательно, под действием магнитного поля ферромагнитная жидкость затвердевает, вследствие чего пружина 4 становится жидким звеном, препятствующим перемещению цангового зажима 5, и тем самым перемещению оправки 6 с инструментом влево. Переходим к блоку 5.

Блок 5 выполняет функцию первоначальной проверки положения датчика 12. В блоке 5 происходит сравнение сигнала датчика 12 с максимальным значением. Если значение сигнала меньше максимального, пружина 9 разжата. Следовательно, в процессе сверления происходит перемещение оправки с инструментом влево, и постепенное сжатие пружины 9, тогда переходим к пункту 3. Если значение сигнала максимально, то происходит выключение обмотки, следовательно переходим к блоку 6.

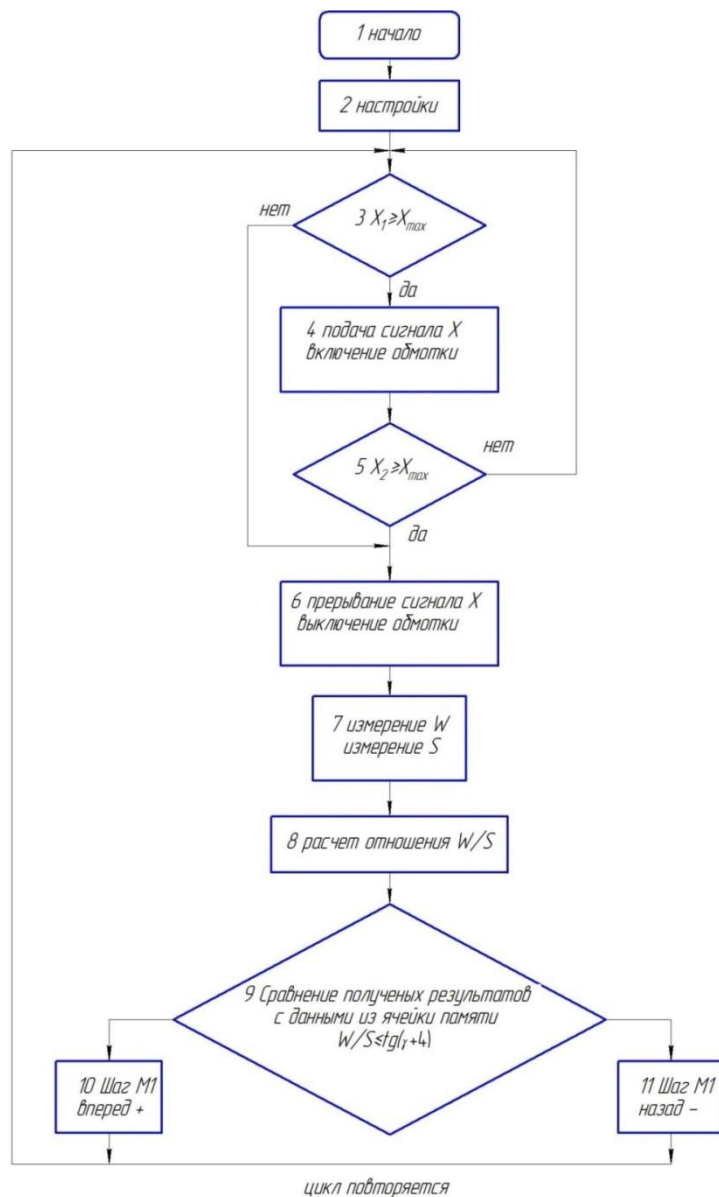


Рис.6 – Блок-схема алгоритма управления микроконтроллера

В блоке 6 во время процесса сверления пружина 9 сжимается, следовательно происходит перемещение оправки с инструментом 6, при этом происходит контакт датчика 14 с упором 15, и сигнал подается на микропроцессор, который в этот момент выключает обмотку 7, и мы переходим к блоку 7.

В следующем блоке 7 происходит считывание информации с тахогенератора 16, а также считывание показания скорости линейного перемещения шпинделя 8, с датчика линейных перемещений 12. Далее переходим к блоку 8.

В блоке 8 выполняем расчет отношения показаний скорости линейного перемещения шпинделя 8, и датчика линейных перемещений 12. Далее переходим к блоку 9.

В соответствии с блок-схемой, в блоке сравнения 9 производится сравнение отношения этих величин с введенным в память микропроцессора

значением тангенса переднего угла сверла. Если условие выполняется – переходим к блоку 10. Если нет – к блоку 11.

Блок 10 управляет электромотором 18, подключенным к дросселю 17. Если отношение скорости вращения шпинделя к величине подачи меньше тангенса переднего угла сверла, то электромотор подает сигнал на дроссель в положительном направлении, тем самым ускоряя подачу шпинделя устройства и как следствие оправки с инструментом.

В другом случае, в блоке 11, осуществляется подача сигнала электромотором на дроссель в отрицательном направлении, когда отношение скорости вращения шпинделя к величине подачи больше тангенса переднего угла сверла, тем самым замедляя подачу шпинделя устройства и как следствие оправки с инструментом.

Четвертый раздел посвящен экспериментальным исследованиям процесса глубокого сверления.

Экспериментальные исследования проводились с целью определения влияния технологических параметров (скорости вращения шпинделя, величины подачи) на шероховатость обработанной поверхности отверстия.

В качестве заготовки была выбрана деталь типа втулка, изготовленная из материала специальный перлитный серый чугун наружным Ø30мм, длиной 120 мм диаметром отверстия Ø15 мм на токарном станке с числовым программным управлением модели 16K20ФЗ.

Эксперименты проводились по двум схемам:

1) Обработка внутреннего отверстия Ø15 мм на длину 120 мм. Обороты изменялись в интервале 280, 500, 710, 1000, 1400 об/мин. Подача $S_1 = 0.03$ мм/об $S_2=0.16$ мм/ об при частоте вибраций 50 Гц.

При каждом сочетании частоты вращения заготовки и подачи инструмента обрабатывалось по 10 деталей. По полученным результатам определяем среднее значение шероховатости.

2) Аналогично обрабатывались детали при указанных выше режимах, но без наложения вибраций на инструмент.

Для проведения исследования была применена схема, при которой:

- главное вращательное движение осуществляет заготовка,
- рабочее движение подачи сообщается инструменту,
- вибрации с частотой 50 Гц накладываются на инструмент с помощью разработанного устройства.

Исследование проводилось на детали типа втулка (рис. 7).

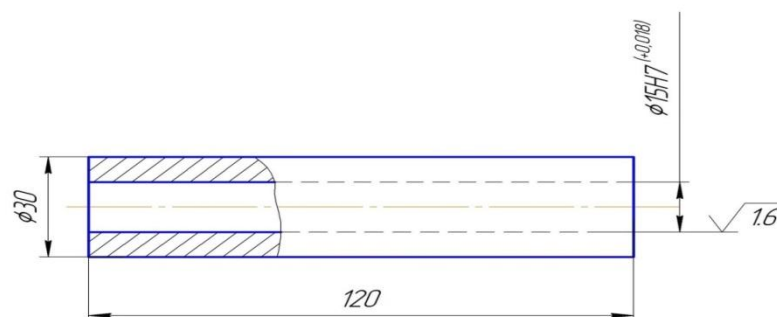


Рис. 7 - Втулка для проведения экспериментов

Исследование процесса вибрационного сверления проводилось с применением ружейного сверла. Подвод смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ) производится через отверстия в инструменте. Вывод СОЖ и стружки производится через отверстие, образованное пазом в корпусе сверла и стенками просверливаемого отверстия.



Рис. 8 – Отвод стружки в процессе сверления

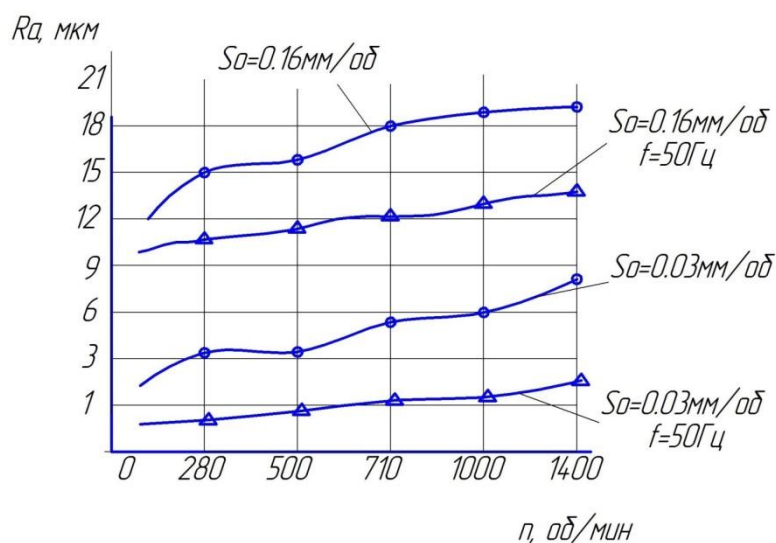
СОЖ подается через канал в сверле и отводится вместе со стружкой через V-образную стружечную канавку вдоль сверла (рис. 8). Преимущества инструментов с наружным подводом СОЖ и опыт их применения на станках глубокого сверления дают основания для оснащения этими инструментами универсальных станков, в особенности, токарных.

В применяемой схеме глубокого сверления, станок 16K20Ф3 переоборудуется и оснащается разработанным устройством для вибрационного сверления. В качестве выходного параметра процесса вибрационного сверления с осевыми колебаниями принята шероховатость поверхности отверстия R_a после формообразования отверстия.

Метод измерения шероховатости R_a заключался в применении переносного полуавтоматического прибора для измерения шероховатости поверхности Суртроник 25.

Он обеспечивает длину трассирования до 200 мм, также возможны измерения в глубоких отверстиях до 250 мм, в проточках, и малых отверстиях.

Каждый из экспериментов проводился в соответствии с принятыми схемами обработки: обработка внутреннего отверстия Ø15 мм на длину 120 мм. Обороты изменялись в интервале 280, 500, 710, 1000, 1400 об/мин. Подача $S_1 = 0.03$ мм/об $S_2 = 0.16$ мм/об при частоте вибраций 50 Гц а так же без применения вибраций. При каждом сочетании частоты вращения заготовки и подачи инструмента обрабатывалось по 10 деталей. По полученным средним значениям шероховатости в результате экспериментальных исследований, были построены графики зависимости шероховатости поверхности отверстия от частоты вращения заготовки и величины подачи, при постоянной частоте колебания сверла (рис. 9).



Δ - среднее значение шероховатости при применении вибрации

о - среднее значение шероховатости без применения вибраций

Рис. 9 - Зависимость шероховатости поверхности отверстия от частоты вращения заготовки и величины подачи, при постоянной частоте колебания сверла

Положительными результатами наших исследований по разработке нового способа вибрационной обработки стало повышение стойкости сверла, которая при вибрационном сверлении превалирует над отрицательными явлениями, обусловленными прежде всего переменными нагрузками, действующими на режущие кромки и рабочие поверхности инструмента.

Средняя зависимость шероховатости поверхности отверстия от частоты вращения заготовки и величины подачи, при постоянной частоте колебания сверла указывает, что значения микрогеометрии во многом определяются значениями величины подачи инструмента. Увеличение подачи от $S_o = 0,03$ до 0,16 мм/об определяет увеличение значений R_a практически пропорционально подаче для любых частот вращения инструмента.

Результаты экспериментов подтвердили зависимость шероховатости поверхности от величины подачи и скорости вращения шпинделя. В свою очередь вибрационная обработка позволила двукратно уменьшить показатель шероховатости отверстия по сравнению с безвибрационной обработкой.

Пятый раздел является экономической частью магистерского дипломного проекта. Модернизация станка новым заданием на проектирование, позволяет изменить продолжительность его эксплуатации, т.е. увеличить годовой эффективный фонд времени работы на 1%.

Рассмотрев базовый и новый вариант процесса производства на станке, была подтверждена эффективность нового производства по сравнению со старым.

Шестой раздел посвящен вопросу охраны труда. Проведен анализ опасных и вредных производственных факторов, мероприятия по промышленной санитарии, технике безопасности. Выполнен расчет на прочность конструкции защитного экрана из оргстекла «2-55», рассчитана система защитного заземления.

ВЫВОДЫ

1. Сверление глубоких отверстий отличается от обработки обычных отверстий прежде всего необходимостью обеспечить принудительное надежное удаление стружки из отверстия и повышенными требованиями по уводу и другим показателям точности и качества глубокого отверстия.

2. Операции глубокого сверления могут выполняться с разными вариантами наладок. Вращение может передаваться на инструмент или на деталь. Возможно также одновременное вращение и сверла, и заготовки.

3. Для осуществления глубокого сверления необходимо применять специальный инструмент и оснастку.

4. Для интенсификации процесса обработки глубокого сверления применяют различные способы обработки, одним из эффективных способов является вибрационное сверление.

5. Повышение качества обработанной поверхности, снижение шероховатости происходит за счёт появления в новом кинематическом процессе резания дополнительных, выглаживающих действий сверла, совершающего осевые колебания.

6. Методы применения вибрационного резания обеспечивают надежное и устойчивое дробление и вынос стружки, создают благоприятные условия для автоматизации этих операций, не требуя для их выполнения специальных устройств по контролю за ходом обработки.

7. В дипломной работе было рассмотрено текущее состояние промышленности в области применения вибрационного сверления.

Рассмотрены различные способы осуществления вибрационного сверления. Так же были выявлены основные применяемые способы подвода смазочно-охлаждающей жидкости.

8. Были рассмотрены характерные проблемы при сверлении глубоких отверстий, разобраны способы устранения этих проблем. Рассмотрены основные условия для осуществления глубоких отверстий. Показано оборудование и инструмент, с помощью которого проводят сверление глубоких отверстий а также дополнительная оснастка, без которой сверление трудно осуществимо.

9. Приведена классификация вибрационного резания, которая показывает множество способов этого процесса а также различные способы дробления стружки.

10. Также разработано и спроектировано устройство для вибрационного сверления. Был предложен принцип действия устройства, описаны основные управляющие элементы, в частности индуктивные преобразователи, тахогенератор и микроконтроллер.

11. Использование метода вибрационного резания позволяет применять твердые сплавы при обработке вязких жаропрочных сплавов сверлением. Это объясняется образованием мелкодробленой формы стружки. Такая стружка удобна для удаления по канавкам сверла и позволяет повысить жесткость стебля сверла за счет уменьшения площади его канавок. Повышенная жесткость инструмента устраняет вредные колебания и создает нормальные условия для работы твердого сплава.

12. Экспериментальные исследования подтвердили целесообразность применения вибрационного сверления с целью повышения производительности и качества обработки глубоких отверстий.

13. Применение вибрационного резания создает периодический отдых режущей кромки, улучшает условия работы СОЖ. Все это уменьшает температуру в зоне резания и снижает интенсивность воздействия диффузионных явлений, связанных с налипанием обрабатываемого материала на рабочие поверхности инструмента.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ МАГИСТЕРСКОГОДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

1.Иванов И.Н., Горголюк И.В. Повышение эффективности вибрационной обработки глубоких отверстий/ Студенческий Вестник. –Краматорск : ДГМА, 2014.

2. Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали дванадцятої Міжнародної науково-технічної конференції 23 — 24 вересня 2014 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2014. — 73 с.

