

УДК 621.9.048.4

**РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО СТАНКА
ДЛЯ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Автор: Авров А.С., техник НЦЦТ КузГТУ, студент гр. КСс-211, 5 курс
Научный руководитель: Коротков А.Н., доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

Аннотация

В статье обсуждается задача повышения доступности электроэрозионной обработки для малых производственных предприятий и учебных лабораторий. Был проанализирован ассортимент существующих электроэрозионных станков, предназначенных для работы с труднообрабатываемыми материалами. При этом отметим, что цена большинства промышленных установок достаточно велика, а их габариты и система обслуживания имеют довольно значительные размеры.

В этой работе предлагается концепция компактного электроэрозионного станка, предназначенного для выполнения прецизионной обработки металлических деталей в условиях мелкосерийного производства. Рассматриваются ключевые конструктивные решения: система подачи электрода-инструмента (в качестве электрода используется латунная или медная проволока диаметром 0,1–0,3 мм.), источник импульсного питания и система управления процессом обработки.

Доказано также, что создание компактного электроэрозионного станка позволяет как снизить стоимость оборудования, так уменьшить его размеры и значительно расширить возможности применения электроэрозионной обработки в условиях небольшого производства.

Ключевые слова: электроэрозионная обработка, электроэрозионный станок, обработка металлов, прецизионная обработка, электроискровая обработка.

Введение

Современное машиностроение предъявляет высокие требования к точности и качеству обработки деталей. Особенно это касается обработки твердых сплавов, закаленных сталей и других труднообрабатываемых материалов. Традиционные методы механической обработки не всегда позволяют эффективно обрабатывать такие материалы из-за высокой твердости, износа режущего инструмента и сложности получения сложных геометрических форм.

Одним из эффективных методов обработки труднообрабатываемых материалов является электроэрозионная обработка (ЭЭО). Данный метод основан на разрушении материала заготовки под действием электрических

разрядов, возникающих между электродом-инструментом и обрабатываемой деталью в жидкой диэлектрической среде.

Электроэрозионная обработка широко применяется в инструментальном производстве, авиастроении, приборостроении и других высокотехнологичных отраслях промышленности. Она позволяет обрабатывать материалы любой твердости, получать сложные формы и обеспечивать высокую точность обработки.

Однако большинство современных электроэрозионных станков представляют собой сложные и дорогостоящие установки промышленного назначения. Высокая стоимость оборудования, значительные габариты и требования к обслуживанию ограничивают применение электроэрозионных станков в небольших производственных предприятиях, учебных лабораториях и частных мастерских.

В связи с этим актуальной задачей является разработка компактных электроэрозионных станков, обладающих меньшими габаритами и более низкой стоимостью при сохранении основных функциональных возможностей.

Целью данной работы является разработка концепции компактного проволочного электроэрозионного станка, предназначенного для высокоточной резки металлических деталей сложной формы из закаленных сталей и твердых сплавов в условиях мелкосерийного производства и учебных лабораторий.

Анализ существующих электроэрозионных станков

Современные электроэрозионные станки можно разделить на несколько основных типов: копировально-прошивные станки, проволочно-вырезные станки и электроискровые установки специального назначения.

Копировально-прошивные электроэрозионные станки используются для получения сложных полостей и форм в металлических деталях. В качестве инструмента применяется электрод, форма которого соответствует форме обрабатываемой поверхности.

Проволочно-вырезные электроэрозионные станки используют тонкую металлическую проволоку в качестве электрода-инструмента. Такие станки широко применяются для изготовления штампов, пресс-форм и различных деталей сложной формы.

Несмотря на высокую эффективность электроэрозионной обработки, большинство промышленных установок обладают рядом недостатков:

- высокая стоимость оборудования;
- значительные габариты и масса;
- сложность эксплуатации и обслуживания;
- необходимость использования специализированных систем управления.

Кроме того, многие электроэрозионные станки рассчитаны на работу в условиях крупносерийного производства и обладают избыточной производительностью для небольших мастерских и учебных лабораторий.

В связи с этим возникает необходимость разработки более компактных и доступных установок, ориентированных на выполнение ограниченного круга технологических операций.

Концепция компактного электроэрозионного станка

Предлагаемая конструкция компактного электроэрозионного станка предназначена для выполнения электроэрозионной обработки металлических деталей небольших размеров.

В рамках данной работы рассматривается конструкция компактного проволочного электроэрозионного станка (Wire EDM). В качестве рабочего органа используется тонкая металлическая проволока, выполняющая роль электрода-инструмента. Проволока непрерывно перематывается между направляющими роликами, а обработка осуществляется за счет серии импульсных электрических разрядов между проволокой и заготовкой.

Основными элементами станка являются:

- рабочая ванна с диэлектрической жидкостью;
- система крепления заготовки;
- механизм перемотки проволочного электрода;
- направляющие проволоки;
- источник импульсного питания;
- система числового программного управления.

В процессе обработки проволочный электрод непрерывно перематывается с подающей катушки на приемную катушку. Между проволокой и поверхностью заготовки поддерживается небольшой межэлектродный зазор, в котором возникают импульсные электрические разряды. Под действием этих разрядов происходит локальное плавление и испарение материала, что приводит к постепенному разделению заготовки по заданному контуру.

Проволочные электроэрозионные станки широко применяются для изготовления шестерен, пуансонов, штампов, пресс-форм и других деталей сложной формы из закаленных материалов. Высокая точность обработки и отсутствие механического воздействия на инструмент делают данный метод особенно эффективным при обработке труднообрабатываемых материалов.

Предлагаемая конструкция станка ориентирована на выполнение проволочной электроэрозионной резки небольших деталей сложной формы. В качестве основного инструмента используется латунная проволока диаметром 0,1–0,3 мм, непрерывно перематываемая между подающей и приемной катушками. Конструктивно станок включает рабочую ванну с диэлектрической жидкостью, систему натяжения проволоки, направляющие ролики, механизм перемещения стола и источник импульсного питания.

Предполагается использование координатной системы перемещения заготовки по осям X и Y с помощью линейных направляющих и шариковых передач, приводимых в движение шаговыми двигателями. Верхняя и нижняя направляющие проволоки устанавливаются на регулируемой стойке, обеспечивающей настройку положения проволоки относительно обрабатываемой детали.

Обработка осуществляется за счет возникновения серии электрических разрядов между электродом-инструментом и поверхностью заготовки. Под действием разрядов происходит локальное плавление и испарение материала, что приводит к постепенному удалению материала с поверхности детали.

Эффективность электроэрозионной обработки во многом определяется энергией электрического разряда, возникающего в межэлектродном промежутке. Энергия одного импульса может быть определена следующим выражением:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

где:

W — энергия разряда;

U — напряжение между электродами;

I — сила тока разряда;

t — длительность импульса.

Увеличение энергии разряда приводит к повышению интенсивности удаления материала, однако может сопровождаться ухудшением качества обработанной поверхности.

Важным элементом конструкции является система подачи электрода, обеспечивающая поддержание оптимального межэлектродного зазора в процессе обработки. Стабильность процесса электроэрозионной обработки во многом определяется величиной межэлектродного промежутка. Напряженность электрического поля в рабочем зазоре может быть выражена следующим соотношением:

$$E = \frac{U}{d}$$

где:

E — напряженность электрического поля;

U — напряжение между электродами;

d — межэлектродный зазор.

Поддержание стабильного межэлектродного зазора является одной из основных задач системы подачи электрода электроэрозионного станка. Для реализации данной функции может применяться шаговый двигатель или сервопривод, управляемый электронной системой управления.

Рабочая зона станка размещается в диэлектрической жидкости, которая выполняет несколько функций: охлаждение зоны обработки, удаление продуктов эрозии и предотвращение возникновения короткого замыкания между электродом и заготовкой.

Компактная конструкция станка позволяет значительно уменьшить его габариты и упростить эксплуатацию.

Основные технические решения

Одним из ключевых элементов электроэрозионного станка является источник импульсного питания, формирующий электрические разряды между электродом и заготовкой. Производительность процесса электроэрозионной обработки определяется количеством удаляемого материала за единицу времени и зависит от параметров электрических импульсов. В общем виде зависимость между энергией разряда и объемом удаляемого материала может быть представлена следующим выражением:

$$Q = k \cdot W$$

где:

Q — объем удаляемого материала;

k — коэффициент эффективности процесса;

W — энергия электрического разряда.

В проволочных электроэрозионных станках типичное напряжение импульсов составляет 70–120 В, а диаметр применяемой проволоки обычно находится в диапазоне 0,1–0,3 мм.

Значение коэффициента эффективности зависит от свойств обрабатываемого материала, характеристик диэлектрической жидкости и параметров электрических импульсов. Для компактной установки может использоваться импульсный генератор с регулируемыми параметрами напряжения и длительности импульсов.

Система подачи электрода должна обеспечивать плавное и точное перемещение электрода-инструмента в направлении обрабатываемой поверхности. Для этого может использоваться винтовая передача с шаговым двигателем, управляемым микроконтроллером.

Система управления станком может быть реализована на базе микроконтроллерной платформы, обеспечивающей контроль параметров обработки, регулирование подачи электрода и защиту оборудования от аварийных режимов работы.

Дополнительно в конструкцию станка может быть включена система фильтрации диэлектрической жидкости, обеспечивающая удаление продуктов эрозии и поддержание стабильных условий обработки.

Применение современных электронных компонентов и компактных механических узлов позволяет создать электроэрозионный станок небольших размеров, пригодный для использования в учебных лабораториях и малых производственных предприятиях.

Для управления перемещениями рабочего органа предполагается применение системы числового программного управления по трем координатам (X , Y , Z). Основное формообразующее движение осуществляется по координатам X и Y , обеспечивающим перемещение заготовки относительно проволочного электрода. Перемещение по оси Z используется

для регулирования положения верхней направляющей проволоки и установки зазора между направляющими узлами. Управление приводами может осуществляться с использованием шаговых двигателей, контролируемых микроконтроллерной системой управления

Заключение

В работе рассмотрены особенности электроэрозионной обработки и проведен анализ существующих электроэрозионных станков. Показано, что большинство промышленных установок обладают высокой стоимостью и значительными габаритами, что ограничивает их применение в небольших производственных условиях.

Предложена концепция компактного электроэрозионного станка, предназначенного для выполнения прецизионной обработки металлических деталей небольших размеров. Рассмотрены основные конструктивные элементы установки, включая систему подачи электрода, источник импульсного питания и систему управления.

Разработка компактного электроэрозионного станка позволит расширить возможности применения электроэрозионной обработки в малых производственных предприятиях и образовательных учреждениях. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку опытного образца установки и проведение экспериментальных исследований процесса обработки.

Список литературы

1. Но К.Н., Newman S.T. State of the art electrical discharge machining (EDM).
2. Rajurkar K.P. Review Of Electrical Discharge Machining (EDM).
3. Электрофизические методы обработки материалов: учебное пособие / И.С. Жидков, А.И. Кухаренко, С.О. Чолах. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 195 с.
4. Левинсон Евгений Максимович. Справочное пособие по электротехнологии: электроэрозионная обработка металлов / Е. М. Левинсон, В. С. Лев. - Ленинград : Лениздат, 1972. - 327 с.