

УДК 621.9.048.4

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО
ПРОЦЕССА И МЕТОДОВ КОРРЕКТИРОВКИ ПОЛОЖЕНИЯ И ИЗНОСА
ЭЛЕКТРОДА-ИНСТРУМЕНТА В ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОМ ПРОЦЕССЕADVANTAGES OF USING THE EDM PROCESS AND METHODS OF
CORRECTING THE POSITION AND WEAR OF THE ELECTRODE-TOOL
IN THE EDM PROCESSД.А. Устинов, Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
г. Москва, г. Зеленоград

Аннотация. Данная исследовательская работа посвящена основам метода электроэрозионного процесса. В работе рассмотрены основные достоинства и недостатки прошивания отверстий электрической эрозией. В ходе исследования были проведены литературный обзор и теоретический анализ различных методов проверки получаемых отверстий. По результатам исследования было выявлено, что метод ощупывания электродом-инструментом внешней поверхности детали выступает наиболее оптимальным.

Ключевые слова: Металлообработка, Электроэрозия, Электроэрозионный процесс, Износ электрода-инструмента, Ощупывание электродом-инструментом.

Abstract. This paper reviews the fundamentals of the electrical erosion process method. The main advantages and disadvantages of piercing holes by electrical erosion have been considered. In the course of the work various methods of testing the holes obtained were considered and the most optimal one was selected.

Keywords: Metalworking, Electrical erosion, Electrical erosion process, Electrode-tool wear, Electrode-tool probing.

Человечество с каждым годом создаёт в больших объёмах все более новые и совершенные изобретения и изделия. Для этого необходимо иметь хорошее оборудование и улучшать методы обработки деталей. С модернизацией и усложнением продукции в автомобилестроении, авиастроении и ракетостроении была потребность создания нового метода обработки деталей [1], [2]. Был создан электроэрозионный процесс.

Электроэрозионное процесс — это специализированный метод обработки металлов, основанный на принципе электрической эрозии.

Принцип работы заключается в создании импульсного электрического напряжения между вращающимся полым электродом-

инструментом и заготовкой. Процесс осуществляется в жидком диэлектрике, который подаётся через полый электрод под давлением, которое удаляет ионы из обрабатываемой зоны. Диэлектриком может быть деионизированная вода или масло. Жидкость охлаждает зону обработки, удаляет ионы, которые образовались при электронной эрозии, и восстанавливает диэлектрическую прочность среды. При сближении электрода с поверхностью материала возникают искровые разряды, которые локально ионизируют материал и образует пузырь воздуха с ионами металла. Обработка происходит без прямого касания инструмента к заготовке, что исключает механическую деформации детали и инструмента. Однако в процессе электроэрозии электрод-инструмент изнашивается и становится меньше, что приводит к неточностям при работе. Также при износе необходимо часто заменять электрода-инструмента на новый, что приводит к усложнению реализации оборудования и увеличению времени изготовления детали.

Главная особенностью электроэрозионного процесса является отсутствие микротрещин и перегревание детали, а отверстия имеют цилиндрическую форму. При применении лазерного оборудования отверстия получаются формой усечённого конуса, чтобы сказаться на итоговом использовании изделия. При изготовлении полых детали луч может повредить внутреннюю поверхность и привести заготовку в негодность.

Электроэрозионный процесс создаёт прецизионные отверстия диаметром от 0,1 мм до нескольких миллиметров с высокой точностью. Электроэрозионный процесс эффективен для твёрдых сплавов, монокристаллов и других труднообрабатываемых металлов. Такой подход не позволяет прошивать отверстие с большой скоростью.

Из-за необходимости проводимости тока в заготовке при применении электроэрозии нельзя использовать кремневые, стеклянные и другие полупроводящие и непроводящие материалы в качестве заготовки. А также процесс требует больших энергозатрат.

Особой характеристикой электроэрозионного процесса является низкая шероховатость, которая превосходит лазерную и механическую обработку [2]. Данный параметр улучшает качество и рентабельность деталей, изготавливаемых для автомобилестроения, авиастроения и ракетостроения.

Электроэрозионный процесс применяется для создания в сплавах и металлах отверстий очень малых диаметров, которые затруднительно или нерационально получить другими способами с высокой точностью. Также обрабатываемый материал сложно или невозможно обработать традиционными механическими способами из-за их высокой твёрдости, хрупкости или сложности формы.

На сегодняшний день электроэрозионный процесс очень широко применяется. Поэтому процесс электроэрозии улучшается и модернизируется [3]. Создаются более продвинутые методы аппаратной и программной реализации [4]. Также улучшаются методики самого электроэрозионного процесса и решаются ключевые проблемы и недостатки.

Самой главной проблемой электроэрозионного процесса является износ электрода. Износ в одном отверстии может быть непостоянным и зависеть от множества переменных. При прошивании следующего отверстия может возникнуть ещё больше отличий, чем в предыдущем отверстии. Поэтому предугадать скорость износа крайне затруднительно.

Из-за данной проблемы неизвестно, выполнена ли операция до конца, или необходимо проводить этап доводки.

Для определения выхода электрод-инструмента и проверки получения сквозного или глухого отверстия может использоваться ручной щуп оператора. Такой метод можно назвать ручным ощупыванием.

Однако данный способ неэффективен и слишком долгий, так как оператору необходимо неоднократно проверять отверстие. В современных деталях для авиапромышленности количество отверстий может достигать десятков и сотен. При таком методе проверки изготовление детали становится слишком трудозатратным и дорогим. Повышается фактор человеческой ошибки, что недопустимо в автомобилестроении, авиастроении и ракетостроении.

Другой вариант – это реализовать метод ощупывания отдельным автоматическим щупом. Вместо щупа оператора будет использоваться специальный манипулятор с щупом. Во время электроэрозионного процесса будет прерываться прошивание заготовки и совершаться технологический переход на этап ощупывания и корректировки.

Такое решение является избыточным и приводит к большим временным затратам. Также оно усложняет конструкцию и увеличивает стоимость. При этом будет затрачено много времени на проверку и проведение измерений.

Ещё одним методом является ощупывание электродом-инструментом внутри отверстия. В данном способе используется электрод-инструмента для измерения глубины отверстия. По окончании операции электрод полностью выдвигают из отверстия. Координату щупа принимают за начало отсчёта и начинают вводить обратно в отверстие. Если электрод-инструмент прошёл расстояние большее, чем толщина детали, то отверстие сквозное.

Недостатком данного метода является затруднительность измерения глухих отверстий. Так как электроэрозионный процесс часто обрабатывает хрупкие материалы, то прямое прикосновение может вызвать образование микротрещин, тем самым увеличить вероятность появления бракованных

деталей. В таких случаях применяют метод ощупывания. На электрод-инструмент подают слабое напряжение. При достижении нижней поверхности отверстия должна возникнуть искра на конце электрода-инструмента. Однако искра может возникнуть между электродом-инструментом и периферическим краем или боковой стенкой отверстия, что вызовет ошибку, приведёт к неправильному износу и координатам электрод-инструмента и браку детали.

Также можно производить корректировку положения электрода-инструмента во время электроэрозионного процесса при помощи метода ощупывания электродом-инструментом внешней поверхности [3]. С заданным промежутком времени электрод-инструмент будет выниматься из отверстия. Сместившись на маленькое расстояние от периферического края, менее диаметра отверстия, электродом-инструментом будет проводиться ощупывание поверхности. При достижении поверхности детали возникнет искра на конце электрода-инструмента. Узнав текущее положение электрода-инструмента, можно скорректировать расчёт положения и глубину отверстия. А так как электроэрозионный процесс проходит медленно, то количество замеров можно сделать оптимальным.

Такой способ является самым точным, быстрым и энергоэффективным. Смещение реализуется просто, так как современные электроэрозионные станки уже имеют перемещать инструмент в нескольких плоскостях.

Для определения наиболее эффективного необходимо сравнить критерии каждого метода с друг другом. Сравнение представлено в таблице 1.

Таблица 1
Сравнение методов коррекции

	Ручное ощупывание	Ощупывание отдельным автоматическим щупом	Ощупывание электродом- инструментом внутри отверстия	Ощупывание электродом- инструментом внешней поверхности
Возможность исключения ошибок	Низкая	Высокая	Низкая	Высокая
Возможность автоматизации процесса	Низкая	Высокая	Высокая	Высокая
Простота и доступность реализации	Низкая	Низкая	Высокая	Высокая

Таблица показывает, что метод ручного ощупывания является самым не эффективным и затратным среди всех перечисленных. Наиболее

предпочтительным является метод корректировки износа электрода-инструмента, который продемонстрировал себя, как самым надёжный и рациональный среди всех перечисленных.

Таким образом электроэрозионный процесс позволяет обрабатывать различные металлы с минимальной термической деформацией заготовки. Существует возможность создания отверстий под углом и в труднодоступных местах.

К недостаткам можно отнести низкую скорость обработки по сравнению с механическим сверлением, высокую стоимость оборудования и расходных материалов и расчёт износа электрод-инструмента.

Также из приведённого материала можно сделать вывод, что метод корректировки износа электрода-инструмента при помощи ощупывания внешней поверхности детали является точным, оптимальным и автоматизируемым методом для решения проблемы износа электрода-инструмента.

Список литературы

1. Латыпов, Ш. Б. Разработка технологии электроэрозионного сверления отверстий малых диаметров в лопатках газотурбинных двигателей из жаропрочных сплавов / Ш. Б. Латыпов, Р. Р. Аминев // Мавлютовские чтения: материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции, Уфа, 25–27 октября 2022 года. Том 2. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 256-261.

2. Ломакин И. В. Высокоэффективные технологии получения отверстий малого диаметра в деталях жидкостных ракетных двигателей / И. В. Ломакин, С. С. Юхневич, А. Ю. Рязанцев, А. А. Широкожухова // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2023. – № 3(135).

3. Патент № 2794191 С2 Российская Федерация, МПК В23Н 9/14, В23Н 9/10, В23Н 1/00. Способ сверления отверстия в детали из электропроводящего материала : № 2021125089 : заявл. 04.02.2020 : опубл. 12.04.2023 / П. Г. К. Юар, Д. А. Ван ; заявитель САФРАН ЭРКРАФТ ЭНДЖИНЗ.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023680269 Российская Федерация. Постпроцессор для вывода управляющих программ на электроэрозионные 5-ти осевые копировально-прошивочные станки для САМ ESPRITE 2012 : № 2023663249 : заявл. 27.06.2023 : опубл. 27.09.2023 / А. В. Светцов ; заявитель Публичное акционерное общество "ОДК-Сатурн".