**Курсовая работа**

Тема: «Физические основы электроэрозионной обработки материалов»

**Введение**

Высокоэффективные электрофизические методы разработаны для облегчения обработки резанием некоторых конструкционных материалов. К труднообрабатываемым материалам относятся: высоколегированные стали аустенитного класса, жаро- и кислотностойкие, специальные никелеферритные никелевые стали, тугоплавкие сплавы, композиционные материалы, неметаллические материалы.

Фундаментальные исследования в области защиты металлов от различных повреждений привели к разработке ряда технологий – нанесение двухслойных металлокерамических покрытий, механоультрозвуковая, химико-термическая обработка, на конец электроэрозионная. Все это привело к существенному улучшению свойств материалов.

Технический прогресс в народном хозяйстве и развитие ряда современных отраслей техники требует создания не только новых конструкционных материалов (высокопрочных, корозионно-стойких, износоустойчивых и др), но и принципиально новых методов их обработки

Цель курсовой работы – выявить в чем преимущества электроэрозионной обработки от других видов обработок, так же понять ее принцип и узнать о разновидностях (ЭЭО).

**1. История возникновения электрических методов обработки**

Еще в конце 18в. английским ученым Дж. Пристли было описано явление эрозии металлов под действием электрического тока. Было замечено, что при разрыве электрической цепи в месте разрыва возникает искра или более продолжительная электрическая дуга. Причем искра или дуга оказывает сильное разрушительное воздействие на контакты разрываемой цепи, называемое эрозией. Электрической эрозии подвержены контакты реле, выключателей, рубильников и других подобных устройств. Много исследований было посвящено устранению или хотя бы уменьшению такого разрушения контактов.

Над этой проблемой в годы Великой Отечественной Войны работали советские ученые Б.Р. Лазаренко и Н.И. Лазаренко. Поместив, электроды в жидкий диэлектрик и размыкая электрическую цепь, ученые заметили, что жидкость мутнела уже после первых разрядов между контактами. Они установили: это происходит потому, что в жидкости появляются мельчайшие металлические шарики, которые возникают вследствие электрической эрозии электродов. Ученые решили усилить эффект разрушения и попробовали применить электрические разряды для равномерного удаления металла. С этой целью они поместили электроды (инструмент и заготовку) в жидкий диэлектрик, который охлаждал расплавленные частицы металла и не позволял им оседать на противолежащий электрод. В качестве генератора импульсов использовалась батарея конденсаторов, заряжаемых от источника постоянного тока; время зарядки конденсаторов регулировали реостатом. Так появилась первая в мире электроэрозионная установка. Электрод-инструмент перемещали к заготовке. По мере их сближения возрастала напряженность поля в межэлектродном промежутке (МЭП). При достижении определенной напряженности поля на участке с минимальным расстоянием между поверхностями электродов, измеряемым по перпендикуляру к обрабатываемой поверхности и называемым минимальным межэлектродным зазором, возникал электрический разряд (протекал импульс) тока, под действием которого происходило разрушение участка заготовки. Продукты обработки попадали в диэлектрическую жидкость, где охлаждались, не достигая электрода-инструмента, и затем осаждались на дно ванны. Через некоторое время электрод-инструмент прошил пластину, Причем контур отверстия точно соответствовал профилю инструмента.

Так, явление, считавшееся вредным, было применено для размерной обработки материалов. Изобретение электроэрозионной обработки (ЭЭО) имело выдающееся значение. К традиционным способам формообразования (резанию, литью, обработки давлением) прибавился совершенно новый, в котором непосредственно использовались электрические процессы. [1]

Первоначально для осуществления ЭЭО применялись исключительно искровые разряды, создаваемые конденсатором в так называемом RC‑генераторе. Поэтому новый процесс в то время называли электроискровой обработкой. [2]

В начале 50‑х годов были разработаны специальные генераторы импульсов, благодаря которым обработку можно было проводить также на более продолжительных

- искро-дуговых и дуговых разрядах. Процесс в новых условиях стали назвать электроимпульсной обработкой.

Поскольку для формообразования во всех случаях применяют одно и то же явление

- электрическую эрозию, в настоящее время используют определения электроискровой режим (ЭЭО) и электроимпульсный режим (ЭЭО).

**2. Общая характеристика процесс электроэрозионной обработки**

Типовой технологический процесс ЭЭО на копировально-прошивочных станках заключается в следующем:

1. Заготовку фиксируют и жестко крепят на столе станка или в приспособлении. Тяжелые установки (весом выше 100 кг) устанавливают без крепления. Устанавливают и крепят в электродержателе электрода-инструмента (Э-И). Положение ЭИ относительно обрабатываемой заготовки выверяют по установочным рискам с помощью микроскопа или по базовым штифтам. Затем ванну стакана поднимают и заполняют рабочей жидкостью (РЖ) выше поверхности обрабатываемой заготовки.

2. Устанавливают требуемый электрический режим обработки на генераторе импульсов, настраивают глубинометр и регулятор подачи. В случае необходимости включают вибратор и подкачку РЖ.

3. В целях повышения производительности и обеспечения заданной шероховатости поверхности обработку производят в три перехода: предварительный режим – черновым (Э-И) и окончательный – чистовым и доводочным. [1]

**2.1 Сущность электроэрозионной обработки**

Разрушение поверхностных слоев материала под влиянием внешнего воздействия электрических разрядов называется электрической эрозией. Электроэрозионная обработка заключается в изменении формы, размеров, шероховатости и свойств поверхности заготовки под воздействием электрических разрядов в результате электрической эрозии.

На явлении эрозии основан принцип электроэрозионной обработки (ЭЭО). При электроэрозионной обработке используют явление эрозии (разрушения) электродов из токопроводящих материалов при пропускании между ними импульсов электрического тока. Заготовку и инструмент, изготовленные из токопроводящих материалов, подключают к источнику тока – генератору импульсов (ГИ) и помещают в диэлектрическую жидкость.

При сближении электрода – инструмента (ЭИ) и электрода – заготовки (ЭЗ) на расстояние в несколько микрометров (10…50 мкм) между микровыступами на Э-И и Э-З возникает Электрический разряд и образуется канал проводимости, в котором от катода к аноду движется поток электронов.

К этому потоку движутся более тяжелые частицы – ионы. Электроны быстрее достигают поверхности анода. Поэтому энергия электрического разряда смещается ближе к поверхности заготовки (ЭЗ). Температура электрического разряда достигает 10000…12000 ºC. При такой температуре происходят мгновенное оплавление и частичное испарение элементарного объема материала заготовки. При этом время протекания разряда чрезвычайно мало. Поэтому процесс выделения энергии сопровождается явлением микровзрыва. За счет этого оплавившиеся частицы металла выбрасываются в окружающую среду, охлаждаются диэлектрической жидкостью и застывают в виде малых шариков (0,01…0,005 мм), образуя шлам – продукт эрозии. В результате на поверхности анода образуется сферическое углубление – лунка. Поверхность катода также подвергается частичному эрозионному разрушению. [8]

Следующий разряд произойдет в том месте, где расстояние между инструментом и заготовкой окажется минимальным. Так образуется вторая лунка на поверхности заготовки. При воздействии серии электрических импульсов с анода удаляется слой материала. Непрерывность процесса обеспечивается за счет подачи ЭИ. Постоянство межэлектродного зазора обеспечивается автоматически с помощью следящих систем.

Обработанная поверхность представляет собой совокупность лунок, глубина которых определяет шероховатость поверхности. [6]

Помимо шероховатости обработанная поверхность характеризуется следующими показателями:

– вследствие мгновенного нагрева поверхности заготовки до температуры плавления металла и резкого охлаждения в среде диэлектрической жидкости возникают температурные напряжения, приводящие к возникновению микротрещин;

– за счет нагрева до высоких температур и возможного поглощения углерода из окружающей среды в поверхностном слое происходят структурные изменения и, с учетом быстрого охлаждения, твердость поверхностного слоя значительно повышается по сравнению с твердостью основного материала стальной заготовки;

– под действием высокой температуры в зоне оплавления основной материал вступает в химическую реакцию с отдельными элементами материалов электрода – инструмента и диэлектрической жидкости, что ведет к изменению химического состава поверхностного слоя.

При малой длительности импульсов (5…200 мкс) поверхности катода успевает достичь лишь малая доля ионов. Поэтому поверхность катода значительно меньше подвергается эрозионному разрушению по сравнению с поверхностью анода. Именно поэтому анодом делают заготовку (ЭЗ), а катодом – инструмент (ЭЗ). Такую полярность называют прямой. При большей длительности импульсов многие ионы успевают достичь поверхности катода, и, обладая большей энергией по сравнению с потоком электронов, вызывают интенсивную эрозию катода. В этом случае обработку осуществляют при обратной полярности: ЭИ является анодом, а ЭЗ – катодом. [7]

**2.2** **Рабочая среда**

Рабочие жидкости (РЖ) должны удовлетворять следующим требованиям:

– обеспечение высоких технологических показателей ЭЭО;

– термическая стабильность физико-химических свойств при воздействии электрических разрядов с параметрами, соответствующими применяемым при электроэрозионной обработке;

– низкая коррозионная активность к материалам ЭИ и обрабатываемой заготовки;

– высокая температура вспышки и низкая испаряемость;

– хорошая фильтруемость;

– отсутствие запаха и низкая токсичность.

При электроэрозионной обработке применение получили низкомолекулярные углеводородистые жидкости различной вязкости; вода и в незначительной степени кремнийорганические жидкости, а также водные растворы двухатомных спиртов.

Для каждого вида ЭЭО применяют рабочие жидкости, обеспечивающие оптимальный режим обработки. На черновых режимах рекомендуется применять рабочие жидкости с вязкостью (смесь керосин-масло индустриальное), а на чистовых (керосин, сырье углеводородное).

Влияние на производительность свойств рабочей среды. В зависимости от свойств рабочей среды изменяются доля полезного использования энергии импульса, его предельная мощность. Для каждого вида обработки применяют оптимальные диэлектрические среды. Так, при электроэрозионном процессе с малой энергией импульсов высокую производительность обеспечивает дистиллированная и техническая вода, керосин; при грубых режимах на электроимпульсном режиме применяют тяжелые фракции нефти (масла, дизельные топлива и др.) с высокой температурой вспышки (до 450 К).

В процессе обработки жидкая рабочая среда загрязняется, из-за чего снижается производительность. Загрязненность оценивают в процентном отношении массы продуктов обработки к массе жидкости. При загрязненности 4..5 % для черновых и 2..3 % для чистовых процессов производительность остается практически одинаковой по сравнению с чистой средой. Дальнейшее возрастание содержания продуктов обработки, особенно на чистовых режимах приводит к снижению числа рабочих импульсов и производительности.

В процессе остывания частицы металла вызывают испарение части жидкости, изменение ее вязкости и зольности. Для поддержания высокой производительности необходимо периодически заменять рабочую среду.

Для повышения производительности на обрабатываемой площади может быть параллельно размещено несколько электродов-инструментов. Если они подключены к одному генератору импульсов, то такая обработка называется многоэлектродной. При подключении каждого электрода к своему источнику энергии обработку называют многоконтурной. [5]

**2.3 Электроды-инструменты**

Электроды-инструменты (ЭИ) должны обеспечивать стабильную работу во всем диапазоне рабочих режимов ЭЭО и максимальную производительность при малом износе. Электроды-инструменты должен быть достаточно жестким и противостоять различным условиям механической деформации (усилиям прокачки РЖ) и температурным деформациям.

На поверхности ЭИ не должно быть вмятин, трещин, царапин и расслоения.

Поверхность ЭИ должна иметь шероховатость.

При обработке углеродистых, инструментальных сталей и жаропрочных сплавов на никелевой основе используют графитовые и медные ЭИ. Для черновой ЭЭО заготовок из этих материалов применяются ЭИ из алюминиевых сплавов и чугуна, а при обработке отверстий – ЭИ из латуни. При обработке твердых сплавов и тугоплавких материалов на основе вольфрама, молибдена и ряда других материалов широко применяют ЭИ из композиционных материалов, так как при использовании графитовых ЭИ не обеспечивается высокая производительность из-за низкой стабильности электроэрозионного процесса, а ЭИ из меди имеют большой износ, достигающий десятка процентов, и высокую стоимость.

Износ ЭИ зависит от материала, из которого он изготовлен, от параметров рабочего импульса, свойств РЖ, площади обрабатываемой поверхности, а также от наличия вибрации.

На выбор материала и конструкции ЭИ существенное влияние оказывают материал заготовки, площадь обрабатываемой поверхности, сложность ее формы, требования к точности и серийности изделия.

Если увеличивать площадь обрабатываемой поверхности, то скорость съема материала металла будет возрастать, но в дальнейшем произойдет ее снижение. Это объясняется тем, что с течением времени ухудшаются условия удаления продуктов обработки из МЭП. Все большее число импульсов генератора не будет вызывать эрозии из-за накопления газов и металлических частиц в пространстве между электродами. Количество продуктов обработки зависит также от энергии импульсов, их числа и времени действия, т. е. от мощности, реализуемой в МЭП. При малой мощности количество расплавленного металла невелико, с ростом подводимой мощности оно возрастает, но при этом увеличивается и количество продуктов обработки, которые тормозят процесс съема металла. Для получения высокой производительности необходимо правильно выбрать сочетание площади обрабатываемой поверхности и мощности. Такой выбор выполняют с помощью пространственных диаграмм в координатах силы тока – площадь обработки – производительность. [4]

Влияние производительности глубины внедрения ЭИ. По мере углубления отверстия усложняется удаление продуктов обработки и поступление свежей жидкости в МЭП. Наличие большого количества электропроводных капель застывшего металла вызывает импульсы, энергия которых тратится на расплавление таких частиц. Для предотвращения таких (паразитных) импульсов используют принудительную прокачку жидкости через МЭП под давлением 100..200 кПа. Прокачку можно применять и при периодическом прекращении процесса в выведением ЭИ из заготовки; используют также вибрацию электродов, их вращение и др.

В процессе обработки форма и размеры электрода-инструмента нарушаются из-за износа. Износ на различных участках инструмента различен. Так, на участках инструмента, имеющих вогнутость, число разрядов меньше, следовательно, износ на них будет выражен слабее. Если учесть условия выноса продуктов обработки из промежутка, то различия в износе различных участков еще более возрастут. Чтобы снизить влияние износа электродов-инструментов на точность изготовления, а) изготовляют инструмент из материала, стойкого к эрозии, например из вольфрама, меднографита, коксографитовых композиций; б) используют так называемые безызносные схемы, при которых часть материала заготовки или из рабочей среды осаждают на инструменте, компенсируя тем самым его износ; в) заменяют изношенные участки инструмента путем продольного перемещения, или заменяют весь инструмент; г) производят правку и калибровку рабочей части инструмента. [5]

Первый в мире советский электроэрозионный (электроискровой) станок был предназначен для удаления застрявшего в детали сломанного инструмента (1943). С тех пор в СССР и за рубежом выпущено большое число разнообразных по назначению, производительности и конструкции электроэрозионных станков. По назначению (как и металлорежущие станки) различают станки универсальные, специализированные и специальные, по требуемой точности обработки – общего назначения, повышенной точности, прецизионные. Общими для всех электроэрозионных станков узлами являются устройство для крепления и перемещения инструмента (заготовки), гидросистема, устройство для автоматического регулирования межэлектродного промежутка (между заготовкой и инструментом). Генераторы соответствующих импульсов (искровых или дуговых) изготовляются, как правило, отдельно и могут работать с различными станками. Основные отличия устройств для перемещения инструмента (заготовки) в электроэрозионных станках от таковых в металлорежущих станках – отсутствие значительных силовых нагрузок и наличие электрической изоляции между электродами. Гидросистема состоит из ванны с рабочей жидкостью (технического масла, керосин и т. п.), гидронасоса для прокачивания жидкости через межэлектродный промежуток и фильтров для очистки жидкости, поступающей в насос, от продуктов эрозии. [1]

Компоновка. Станки для электроэрозионной обработки в отличие от механообрабатывающих имеют генератор импульсов, систему очистки и подачи рабочей среды в зону обработки, средства регулирования и управления процессом. Механическая часть, включает рабочий стол для установки и закрепления приспособлений и заготовки, ванну для рабочей жидкости, устройство для закрепления ЭИ, механизмы его перемещения, следящие элементы систем регулирования и управления процессом. Механическая часть, включает рабочий стол для установки управления и закрепления приспособлений и заготовки, ванну для рабочей жидкости, устройство для закрепления ЭИ, механизмы его перемещения, следящие элементы системы регулирования и управления процессом. Генератор импульсов может быть как встроенным, так и выполненным в виде автономного блока. Электро-шкаф включает электрические узлы-пускатели, рубильники, предохранители и др. Рабочая жидкость хранится в ванне, которая комплектуется насосом и устройством для очистки среды от продуктов обработки. [2]

При расчете и выборе генератора исходят из условия получения формы и мощности импульса, необходимых для обеспечения требуемых технологических показателей процесса.

В настоящее время в электроэрозионных станках используют релаксационные, машинные, магнитонасыщенные, ламповые и полупроводниковые генераторы.

Релаксационными генераторами называют те, у которых параметры импульса определяются состоянием межэлектродного промежутка (МЭП).

RC‑генераторы. При замыкании включателя конденсатор через резистор заряжается от источника питания и напряжение на конденсаторе, а следовательно и на МЭП повышается. Когда напряжение достигнет пробивного для данного размера МЭЗ, происходит пробой промежутка и энергия, запасенная в конденсаторе за время заряда, выделяется в МЭП. Напряжение на конденсаторе падает, и разряд через МЭП прекращается. С этого момента начинается период деионизации МЭП (восстановление его диэлектрической прочности) и зарядка конденсатора. Время зарядки конденсатора, как известно, определяется постоянной времени. Для нормального протекания процесса необходимо, чтобы время зарядки было больше периода деионизации промежутка, иначе возможен переход импульсного разряда в дуговой. Требуемое соотношение этих периодов достигают подбором сопротивления резистора и емкости конденсатора. Чем они больше, тем медленнее происходит зарядка конденсатора. По мере съема металла с заготовки расстояние между электродами растет и достигает такого значения, при котором напряжение на конденсаторе становится недостаточным для разряда. Если быстро сближать электроды (быстрее, чем происходит съем материала под действием эрозии), разряды будут происходить при низком напряжении, т. е. иметь малую энергию. И хотя частота следования разрядов возрастает, скорость съема металла снижается. При совсем малых расстояниях между электродами паузы между разрядами будут недостаточны для деионизации промежутка.

В релаксационных генераторах не удается добиться высокой производительности процесса, т. к. с ростом энергии импульса возрастает время накопления заряда и падает частота импульсов.

В ламповом генераторе электронная лампа служит переключающимся прибором, управляющим импульсами напряжения. Здесь параметры генератора не зависят от состояния промежутка, и искровой разряд не может перерасти в дуговой. Следовательно, можно использовать импульсы с высокой частотой следования, не заботясь о деионизации промежутка. После подачи от задающего генератора напряжения на управляющую сетку лампы в ней появляется анодный ток и на вторичной обмотке трансформатора возбуждается импульсная ЭДС. Под действием импульса напряжения происходит пробой МЭП. Период между импульсами регулируется задающим генератором. Для нормальной работы лампового генератора требуется прокачка рабочей жидкости.

Ламповые генераторы позволяют повысить частоту следования импульсов до 20 кГц, получить импульсы малой длительности. К недостаткам ламповых генераторов относятся низкий КПД, необходимость применения источников питания с напряжением до нескольких тысяч вольт, необходимость принудительной прокачки жидкости через промежуток, ограничение энергии импульса.

Использование управляемых полупроводниковых приборов позволяет создать генераторы с широким диапазоном режимов обработки, у которых частота следования импульсов не зависит от свойств МЭП. Известно 2 вида генераторов этого типа: на основе инверторов, в которых управляемые тиристоры регулируют период зарядки и разряда конденсатора в релаксационных генераторах, и широкодиапазонный генераторы импульсов.

В генераторе импульсов зарядная и разрядная цепи разделены. В качестве токоограничивающего элемента использована катушка индуктивности. [3]

**3. Разновидности электроэрозионной обработки**

В зависимости от параметров импульсов и используемого оборудования ЭЭО подразделяют на электроискровую, электроимпульсную, высокочастотную и электроконтактную.

**3.1 Электроискровая обработка**

Была предложена советскими учёными H. И. и Б.Р. Лазаренко в 1943. Она основана на использовании искрового разряда. При этом в канале разряда температура достигает 10000 °С, развиваются значительные гидродинамические силы, но сами импульсы относительно короткие и, следовательно, содержат мало энергии, поэтому воздействие каждого импульса на поверхность материала невелико. Метод позволяет получить хорошую поверхность, но не обладает достаточной производительностью. Кроме того, при этом методе износ инструмента относительно велик (достигает 100 % от объёма снятого материала). Метод используется в основном при прецизионной обработке небольших деталей, мелких отверстий, вырезке контуров. Твердосплавных штампов проволочным электродом.

При электроискровой обработке используют прямую полярность, т. е. ЭИ подсоединяют к катоду, а ЭЗ – к аноду. Генератор импульсов настраивают на соответствующие режимы обработки. Продолжительность импульса составляет 20…200 мкс. Величина энергии импульса регулируется подбором емкости конденсаторов.

При увеличении емкости конденсатора накапливаемый запас энергии возрастает и, следовательно, повышается производительность процесса. В зависимости от количества энергии, расходуемой в импульсе, режим обработки делят на жесткий или средний (для предварительной обработки) и мягкий или особо мягкий (отделочной обработки). Мягкий режим обработки позволяет получать размеры с точностью до 0,002 мм при шероховатости поверхности Ra 0,63…0,16 мкм.

Обработку ведут в ваннах заполненных диэлектрической жидкостью. Жидкость исключает нагрев электродов (инструмента и заготовки), охлаждает продукты разрушения, уменьшает боковые разряды между инструментом и заготовкой, что повышает точность обработки.

Для обеспечения непрерывности процесса обработки необходимо, чтобы зазор между инструментом – электродом и заготовкой был постоянным. Для этого электроискровые станки снабжают следящий системой и механизмом автоматической подачи инструментов. Инструменты – электроды изготовляют из меди, латуни, меднографитовых и других материалов. [7]

В эрозионных станках используют различные ГИ электрических разрядов: RC (резистор – емкость); RLC (L – индуктивность); LC; ламповые генераторы. В промышленности применяют широкодиапозонные транзисторные ГИ. Эти генераторы потребляют мощность 4…18 кВт при силе тока 16…125 А. Эффективность обработки составляет 75…1900 мм ³/мин при шероховатости обработанной поверхности 4…0,2 мкм. [8]

Электроискровым методом обрабатывают практически все токопроводящие материалы, но эффект эрозии при одних и тех же параметрах электрических импульсов различен. Зависимость интенсивности эрозии от свойств материалов называют электроэрозионной обрабатываемостью. Если принять электроэрозионную обрабатываемость стали за единицу, то для других металлов ее можно представить следующих относительных единицах: твердые сплавы – 0,5; титан – 0,6; никель – 0,8; медь – 1,1; латунь – 1,6; алюминий – 4; магний – 6.

Электроискровым методом целесообразно обрабатывать твердые сплавы, труднообрабатываемые материалы и сплавы, тантал, молибден и другие материалы.

Электроискровым методом получают сквозные отверстия любой формы поперечного сечения, глухие отверстия и полости, фасонные отверстия и полости по способу терепонации, отверстия с криволинейными осями; вырезают заготовки из листа, выполняют плоское, круглое и внутреннее шлифование, разрезают заготовки, клеймят детали.

Электроискровую обработку применяют для изготовления деталей штампов и пресс-форм, фильер, режущего инструмента, деталей топливной аппаратуры двигатели внутреннего сгорания, сеток и сит.

Электроискровую обработку применяют также для упрочнения поверхностного слоя металлов деталей машин, пресс-форм, режущего инструмента. Упрочнение состоит в том, что на поверхность изделий наносят тонкий слой какого-либо металла, сплава или композиционного материала. Подобные покрытия повышают твердость, износостойкость, жаростойкость, эрозионную стойкость и другие характеристики изделий.

На ограниченных участках особо нагруженной поверхности детали можно проводить сложнейшие микрометаллургические процессы.

Из электроэрозионных станков с системами ЧПУ наибольшее распространение в промышленности имеют координатнопрошивочные, копировально – вырезные и универсальные копировально – прошивочные. [5]

Координатно – прошивочные станки работают по позиционной системе ЧПУ, что позволяет автоматически по заданной программе устанавливать (позиционировать) заготовку относительно инструмента в необходимое положение. Обработку ведут профилированным инструментом. Во время обработки заготовка перемещений не имеет.

Копировально – вырезные станки работают по контурной системе ЧПУ. Обработку ведут непрофилированным инструментом – бесконечным электродом – проволокой. Применяют медную, латунную, вольфрамовою, молибденовую проволоку диаметром 0,02…0,3 мм. Программное устройство станков обспечивают не только регулирование движений формообразования, но и регулирование технологического режима – напряжения на искровом промежутке. Особенность процесса вырезки состоит в наличии переменной эквидистанты, зависящей от ширины прорезаемого паза. Следовательно, устройство ЧПУ станков должны обеспечивать коррекцию эквидистанты. В станках такого типа системы ЧПУ обеспечивают управление по четырем и более координатным осям. [3]

В универсальных копировально-прошивочных электроэрозионных станках используют две системы ЧПУ: систему адаптивного управления с предварительным набором координат и режимов по программе и систему адаптивно – программного управления по трем координатным осям. В станках этого типа системы ЧПУ обеспечивают планетарное движение заготовки в следующем режиме, автоматическое позиционирование заготовки и автоматическую смену инструмента. Электроискровая обработка широко применяется для прорезки пазов, вырезки по контуру, для изготовления штампов, пресс-форм, фильер, режущих инструментов и других. Хорошо обрабатываются твердые сплавы, тантал, вольфрам, молибден и другие. К недостаткам процесса относят: сравнительно низкую производительность обработки, большой износ электродов и образование на деталях дефектного слоя толщиной 0,05…0,5 мм.

**3.2 Электроимпульсная обработка**

Основана на использовании импульсов дугового разряда. Предложена советским специалистом М.М. Писаревским в 1948. Этот метод стал внедряться в промышленность в начале 1950‑х гг. В отличие от искрового, дуговой разряд имеет температуру плазмы ниже (4000–5000 °С), что позволяет увеличивать длительность импульсов, уменьшать промежутки между ними и т. о. вводить в зону обработки значительные мощности (несколько десятков квт), т. е. увеличивать производительность обработки. Характерное для дугового разряда преимущественно разрушение катода приводит к тому, что износ инструмента (в этом случае он подключается к аноду) ниже, чем при электроискровой обработке, составляя 0,05–0,3 % от объёма снятого материала (иногда инструмент вообще не изнашивается). Более экономичный электроимпульсный метод используется в основном для черновой обработки и для трёхкоординатной обработки фасонных поверхностей. Оба метода (электроискровой и электроимпульсный) дополняют друг друга. [1]

При электроимпульсной обработке используют электрические импульсы большей длительности. Большие мощности импульсов, получаемых от электронных генераторов, обеспечивают высокую производительность процесса обработки. Применение генераторов и гтафитовых электродов, а также обработка на обратной полярности позволили уменьшить разрушение электродов.

Электроимпульсную обработку наиболее целесообразно применять при предварительной обработке штампов, турбинных лопаток, твердосплавных деталей, фасонных отверстий в деталях из корозионно-стойких сталей и жаропрочных сплавов. В станках для электроимпульсной обработке широко используют различные системы программного управления. Высокоточная конструкция станков с чувствительными сервосистемами позволяет изготовлять детали сложной геометрической формы с высокой точностью.

Приборы автоматического переключения на разные подачу и глубину резания, управляемые системой ЧПУ, обеспечивают оптимальное использование электроэрозионных станков, так как в зависимости от хода процесса обработки режим работы согласуется с технологическими требованиями к деталям. Применяемые адаптивные системы программного управления позволяют своевременно определять отклонения в ходе обработки и устранить их. Изменения параметров процесса обработки вносятся в устройства, формирующее сигнал коррекции что позволяет с помощью простых электродов изготовлять детали сложных геометрических форм, в частности полостей штампов. [8]

Качество поверхности зависит от режимов обработки. Грубый режим приводит к получению высоты неровностей Ra=50…6,3 мкм и изменению поверхностного слоя глубиной 0,2…0,4 мм. При чистовом режиме достигается шероховатость поверхности Ra 6,3…1,25 мкм. Обработка ведется в жидком диэлектрике, инструмент автоматически подается в направлении обработки, что обеспечивает постоянство зазора. Для обработки используются специальные станки разных моделей с машинными генераторами, высокочастотными установками, электронными генераторами и т. д. Высокоточные станки с различными системами программного управления позволяют изготовлять детали со сложными формами.

Метод считается целесообразным для предварительной обработки фасонных поверхностей штампов, лопаток, инструментов. Применяется он и для обработки твердых, нержавеющих и жаропрочных сплавов.

**3.3 Высокочастотная обработка**

Электроискровую обработку применяют для повышения точности и уменьшение шероховатости поверхностей, обработанных электроэрозионным методом. Метод основан на использовании электрических импульсов малой мощности при частоте 100…150 кГц.

При высокочастотной электроискровой обработке конденсатор разрежается при замыкании первичной цепи импульсного трансформатора прерывателем, вакуумной лампой или тиратроном. Инструмент-электрод и заготовка включены во вторичную цепь трансформатора, что исключает возникновение дугового разряда.

Производительность метода в 30…50 раз выше, чем при электроискровом методе, при значительном увеличении точности и уменьшении шероховатости поверхности. Износ инструмента незначителен. [8]

Высокочастотный электроискровой метод применяют при обработки заготовок из твердых сплавов, так как он исключает структурные изменения и образование микротрещин в поверхностном слое материала обрабатываемой заготовки. [2]

**3.4 Электроконтактная обработка**

Основана на локальном нагреве заготовки в месте контакта с электродом-инструментом и удалении размягченного или даже расплавленного металла из зоны обработки механическим способом: относительным движением заготовки и инструмента. Источником теплоты в зоне обработки служат импульсные дуговые разряды. Электроконтактную обработку оплавлением рекомендуют для обработки крупных деталей из углеродистых и легированных сталей, чугуна, цветных сплавов, тугоплавких и специальных сплавов.

Метод применяют при зачистке отливок от заливов, от резке литниковых систем и прибылей, зачистке проката из спецсплавов, черновом круглом наружном, внутреннем и плоском шлифовании корпусных деталей машин из труднообрабатываемых сплавов, шлифовании с одновременной поверхностной закалкой деталей из углеродистых сталей. Метод обработки не обеспечивает высокой точности и качества поверхности, но дает высокую производительность съема металла вследствие использования больших электрических мощностей. [7]

Электроконтактная обработка основана на введении в зону механической обработки электрической энергии – возбуждении мощной дуги переменного или постоянного тока между, например, диском, служащим для удаления материала из зоны обработки, и изделием. Преимущества метода – высокая производительность (до 106мм3/мин) на грубых режимах, простота инструмента, работа при относительно небольших напряжениях, низкие удельные давления инструмента – 30–50 кн/м2 (0,3 – 0,5 кгс/см2) и, как следствие, возможность использования для обработки твёрдых материалов инструмента, изготовленного из относительно мягких материалов. К недостаткам относят: большую шероховатость обработанной поверхности, тепловые воздействия на металл при жёстких режимах.

Электроконтактная обработка не обеспечивает высокой точности и качества поверхности (шероховатость поверхности около50 мкм), но приводит к высокой производительности вследствие значительного съема металла. Применяется она для резки заготовок, обдирки отливок, заточки инструмента, плоского шлифования, прошивки отверстий, очистки от окалины, обработки криволинейных поверхностей т. д. Рекомендуется для обработки углеродистых и легированных сталей, чугуна, цветных сплавов, тугоплавких, труднообрабатываемых и специальных сплавов.

Разновидностью электроконтактной обработки является электроабразивная обработка – обработка абразивным инструментом (в т. ч. алмазно-абразивным), изготовленным на основе проводящих материалов. Введение в зону обработки электрической энергии значительно сокращает износ инструмента. [4]

**3.5 Область применения (ЭЭО)**

Типовые операции электроэрозионной обработки. По технологическим признакам устанавливаются следующие виды ЭЭО:

**1**. **Прошивание отверстий:** При ЭЭО прошивают отверстия на глубину до 20 диаметров с использованием стержневого ЭИ и до 40 диаметров – трубчатого ЭИ. Глубина прошиваемого отверстия может быть значительно увеличена, если вращать ЭИ, или обрабатываемую поверхность, или и то и другое с одновременной прокачкой РЖ через ЭИ или с отсосом ее из зоны обработки. Скорость электроэрозионного прошивания (ЭЭПр) достигает 2–4 мм/мин.

**2. Маркирование:** Маркирование выполняется нанесением на изделие цифр, букв, фирменных знаков и др. Электроэрозионное маркирование обеспечивает высокое качество, не вызывает деформации металла и не создает зоны концентрации внутреннего напряжения, которое возникает при маркировании ударными клеймами. Глубина нанесения знаков может колебаться в пределах от 0,1 до 1 мм. Операция может выполняться одним ЭИ и по многоэлектродной схеме. Изготавливаются ЭИ из графита, меди, латуни, алюминия. Производительность составляет около 3–8 мм/с. Глубина знаков зависит от скорости движения электрода. При скорости движения электрода более 6 мм/с четкость знаков ухудшается. В среднем на знак высотой 5 мм затрачивается около 4 c.

**3. Вырезание:** В основном производстве электроэрозионное вырезание (ЭЭВ) применяют при изготовлении деталей электро-вакуумной и электронной техники, ювелирных изделий и т. д. в инструментальном производстве, при изготовлении матриц, пуансонов, пуансонодержателей и других деталей, а также вырубных штампов, копиров, шаблонов, цанг, лекал, фасонных резцов и др.

**4. Шлифование:** Этот процесс шлифования применяют для чистовой обработки труднообрабатываемых материалов, магнитных и твердых сплавов.

Отклонение размеров профиля после электроэрозионного шлифования находится в пределах от 0,005 до 0,05 мм, шероховатость Ra = 2,5 (0,25), производительность ‑ 260 мм²/мин. [3]

**Заключение**

В современном обществе уровень жизни людей определяется эффективностью производства. Первоочередной задачей отечественной экономики является повышение производительности труда и качество выпускаемой продукции. Это может быть достигнуто на основе высокоэффективных технологий автоматизированного производства.

Развитие всех отраслей промышленности, особенно авиационной и ракетно-космической техники, привело к использованию материалов со специальными эксплуатационными свойствами: сверхтвердых, весьма вязких, жаропрочных, композиционных. Обработка заготовок из этих материалов обычными методами (способами) механической обработки весьма затруднительна или невозможна вообще. Поэтому параллельно с разработкой этих материалов создавались принципиально новые методы (способы) обработки. Характерно что при механической обработке в технологическом оборудовании электрическая энергия превращается в механическую и за счет силового воздействия инструмента (штампа, резца, фрезы, шлифовального круга и т. д.) на заготовку происходит ее формирование (формообразование).

Электрофизические (ЭФ) методы обработки основаны на непосредственном воздействии различных видов энергии на обрабатываемую заготовку. При обработке заготовок этим методом отсутствует силовое воздействие инструмента на заготовку или оно настолько мало, что практически не влияет на суммарную погрешность обработки. Эти методы позволяют изменять форму обрабатываемой поверхности заготовки и влиять на состояние поверхностного слоя. Так, в некоторых случаях наклеп обработанной поверхности не образуется, дефектный слой незначителен, удаляются прижоги поверхности, полученные при шлифовании, повышаются коррозионные, прочностные и другие эксплуатационные характеристики поверхностей деталей.

Кинематика формообразования поверхностей деталей электрофизическими методами обработки, как правило, проста, что обеспечивает точное регулирование процессов и их автоматизацию. Электрофизические методы обработки являются универсальными и обеспечивают непрерывность процессов при одновременном формообразовании всей обрабатываемой поверхности. При этом появляется возможность обрабатывать очень сложные наружные и внутренние поверхности заготовок.

Технологическое оборудование для электрофизических методов обработки, так же как и металлорежущие станки, оснащается системами ЧПУ. Внедрение их в различных отраслях промышленности обеспечивает получение значительного экономического эффекта.

Выполнив курсовую работу, я убедилась, что изобретение электроэрозионной обработки вот уже несколько десятилетий позволяет машино- и приборостроителям решать сложные технологические задачи при изготовлении деталей сложной конфигурации из обрабатываемых материалов. ЭЭО позволяет конструкторам и технологам выбрать оптимальный вариант конструкции, материала детали и технологического процесса.

К электротехнологии относятся электрические способы обработки металлов, получившие большое развитие за последнее десятилетие.

Таким образом, новые методы обработки металлов нашли широкое применение в отраслях промышленности и машиностроения. С помощью этих методов существенно повышается качество и точность обработки материалов.

**Список литературы**

1. Артамонов Б.А., Волков Ю.С. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. М.: Высшая школа, 1983

2. Лившиц А.Л. Электроэрозионная обработка металлов. М.: Высшая школа, 1979

3. Артамонов Б.А. и др. Размерная электрическая обработка металлов. М.: Высшая школа, 1978

4. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки. Под ред. Волосатова В.А. Ленинград: Машиностроение, 1988

5. Немилов Е.Ф. Электроэрозионная обработка материалов, Л., Машиностроение, 1989

6. Фатеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки, Л., Машиностроение, 1990

7. Артамонов Б.А., Волков Ю.С. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов М.: Высшая школа, 1983

8. Дриц М.Е., Москалев М.А., Технология конструкционных материалов и материаловедение. М.: Высшая школа, 1990

9. Дальский А.М. Технология конструкционных материалов. М.: Машиностроение, 2002