

УДК 681.5.011

А. В. Щенятский, доктор технических наук, профессор
Е. С. Чухланцев, кандидат технических наук, доцент
А. А. Пушкарева, аспирант
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ОТВЕРСТИЙ В НЕРАВНОЖЕСТКИХ КОРПУСАХ ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОР С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОЭРАЗИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрена история развития электроэрозионного способа получения отверстий. Проведен анализ современных способов использования электроэрозионной обработки. Определены перспективные направления работ по созданию отверстий с непрямой осью в неравножестких корпусах подшипниковых опор.

Ключевые слова: электроискровая обработка, отверстия с непрямой осью, электроэрозия, подшипниковые опоры.

Электроискровая обработка была предложена советскими учеными Н. И. и Б. Р. Лазаренко в 1943 г. 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 и используется в основном при прецизионной обработке небольших деталей, мелких отверстий, вырезке контуров твердосплавных штампов проволочным электродом [1].

Электроискровые методы особенно эффективны при обработке твердых материалов и сложных изделий. При обработке таких материалов механическими способами большое значение приобретает износ инструмента. Инструментом в электроискровой обработке является тонкая проволока, которая является более дешевой по сравнению с инструментом для механической обработки. Например, при изготовлении некоторых типов штампов механическими способами более 50 % технологической стоимости обработки составляет стоимость используемого инструмента. При обработке этих же штампов электроэрозионными методами стоимость инструмента не превышает 3,5 % [2].

Первый в мире советский электроэрозионный (электроискровой) станок был предназначен для удаления застрявшего в детали сломанного инструмента (1943 г.). С тех пор в СССР и за рубежом выпущено большое число разнообразных по назначению, производительности и конструкции электроэрозионных станков [3]. 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 для крепления и перемещения инструмента (заготовки), гидросистема, устройство для автоматического регулирования межэлектродного промежутка (между заготовкой и инструментом). Генераторы искровых импульсов изготавливаются, 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 (вода, керосин и т. п.), гидронасоса для прокачивания жидкости через межэлектродный промежуток и фильтров для очистки жидкости, поступающей в насос, от продуктов эрозии.

Современные электроэрозионные (электроискровые) станки – высокоавтоматизированные установки, работающие в полуавтоматическом режиме (рис. 1).

Дальнейший анализ конструкций и типов современных электроэрозионных станков показал, что особое внимание в процессе обработки деталей уделяется точности создания отверстий, достигающей 0,001 мм.



Рис. 1. Современные электроэрозионные (электроискровые) станки

Также особое внимание уделяется вовлечению современных информационных технологий (CAD/CAM-системы) в технологический процесс, что позволяет не только увеличить точность обработки – новые ус-

тановки со всем комплексом современного оснащения гарантировали повторение заложенной в программе геометрии с большой степенью точности, но и снизить затраты на изготовление деталей таким способом в 3–5 раз за счет частичной или полной автоматизации процесса производства.

Современный процесс электроэрозионного прожига осуществляется за счет удаления металла с заготовки в среде диэлектрика при помощи микроразрядов, расплавляющих часть металла (рис. 2). По мере сближения электрода – инструмента с заготовкой – напряженность E электрического поля возрастает обратно пропорционально расстоянию между электродами. Наибольшая напряженность возникает на участке, где зазор минимален. Расположение этого участка зависит от местных выступов, неровностей на инструменте и заготовке, от наличия и размеров электропроводных частиц, находящихся в межэлектродном промежутке [4].

Первой стадией процесса электроэрозионного прожига является пробой искрового промежутка – МЭП в результате образования зоны с высокой напряженностью поля. Под действием разряда происходит ионизация промежутка, через который между электродами начинает протекать электрический ток, т. е. образуется канал проводимости – сравнительно узкая цилиндрическая область, заполненная нагретым веществом (плазмой), содержащим ионы и электроны. Через канал проводимости протекает ток, при этом скорость нарастания его силы может достигать сотен килоампер в секунду. На границе канала происходит плавление металла, образуются лунки [5].

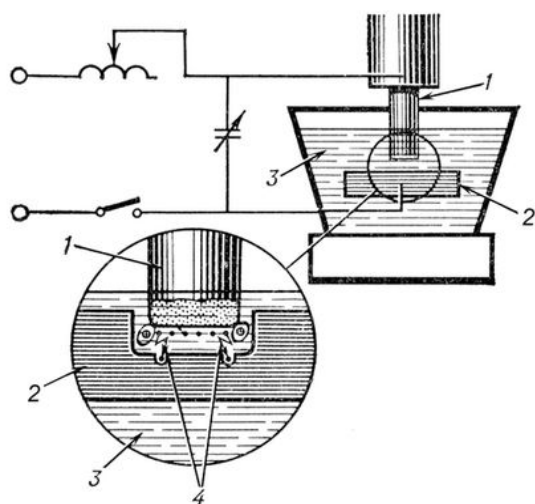


Рис. 2. Схема электроэрозионного прожига: 1 – инструмент; 2 – заготовка; 3 – жидкий диэлектрик; 4 – электрические разряды

Второй стадией является образование около канала проводимости газового пузыря из паров жидкости и металла. Вследствие высокого давления – 20 МПа – канал проводимости стремится расширяться, сжимая окружающую его газовую фазу. Вследствие инерции сначала газовый пузырь и окружающая его жидкость неподвижны. Затем начинается их расширение. Границы канала проводимости движутся с

высокой скоростью в радиальном направлении. Скорость расширения может достигать 200 м/с. На наружной границе образуется так называемый фронт уплотнения, в котором давление скачкообразно меняется от исходного в жидкости до высокого на границе фронта [6].

Третьей стадией электроэрозионного прожига будет прекращение тока, отрыв ударной волны от газового пузыря и продолжение его расширения по инерции. Ударная волна гасится окружающей жидкостью. Вначале этой стадии в МЭП находится жидкий металл в углублениях электродов; газовый пузырь, внутри которого имеются пары металлов заготовки, инструмент; жидкий диэлектрик [7].

Когда газовый пузырь достигнет наибольшего размера, давление внутри него резко падает. Содержащийся в лунках расплавленный металл вскипает и выбрасывается в МЭП [8].

Для обеспечения выполнения приведенных выше технологических операций используют два типа электродов: медные и графитовые. Однако практическое применение подобных электродов показало, что при их использовании эрозия при малом токе снимает мало материала заготовки, тогда как большой ток позволяет добиться больших скоростей снятия материала, что в свою очередь приводит к значительному износу инструмента, особенно при обработке стали медными электродами. Графитовые электроды ведут себя иначе – износ до определенного момента растет, затем более или менее стабилизируется.

Короткие импульсы также приводят к ускоренному износу электрода. И наоборот, износ идет значительно медленнее при длинных импульсах.

Дальнейшие практические исследования показали, что при черновой обработке стали медным и графитовым инструментом оптимальная величина длительности импульса лежит на отрезке, на одном конце которого длительность импульса с максимальным съемом, а на другом – длительность импульса с минимальной интенсивностью износа инструмента.

Также было установлено, что современные технологии создания электроэрозионных отверстий не позволяют получать отверстия с непрямой осью, что значительно сказывается на качестве и стоимости производства подобных деталей.

Таким образом, возникает необходимость создания нового способа получения отверстий с непрямой осью для электроэрозионного сверления и фрезерования.

Для реализации поставленной задачи возникает необходимость создания специальных механизмов, шпиндель которых позволяет перемещать инструмент по требуемой криволинейной траектории.

Анализ и апробация моделей электроэрозионных станков различных конструкций показывают, что использование нескольких отклоняющихся элементов от заданного направления движения позволяет достичь нового – непрерывного способа создания отверстий с непрямой осью. Доведение модели и, в дальнейшем, конструкции промышленного образца шпинделя с отклонителями до требуемых техниче-

ских и прочностных характеристик, применение их в реальной практике позволит, на наш взгляд, значительно повысить скорость создания отверстий с непрямой осью, снизить стоимость процесса их создания.

Кафедра «Мехатронные системы» Ижевского государственного технического университета совместно с ОАО «ИЭМЗ «Купол» отрабатывают принципиально новую схему электроэрозионного сверления и фрезерования шпинделя с отклонителем, точность которого зависит от уровня исполнения.

Управление траекторией движения режущего инструмента в процессе создания отверстий с непрямой осью требует создания научно обоснованных разработок в области кинематики движения с учетом точности, режимов и способов обработки. Для этого предлагается рассмотреть детерминированную кинематическую модель движения и управления. При этом возмущения, вносимые неучтенными ранее факторами, будут компенсироваться за счет возникновения управляющих воздействий.

Для каждого конкретного пространственного положения инструмента, определяемого алгоритмом сканирования, можно выделить две фазы: «Автосопровождение» и «Внешнее управление» [9].

В фазе «Автосопровождение» система автоматического сопровождения по направлению (АСН) осуществляет оценку возможности приема излучения объекта связи для выбранного его пространственного положения.

В случае положительного результата оценки пространственное сканирование прекращается. Система АСН продолжает осуществлять автосопровождение излучения объекта связи по своему внутреннему алгоритму. На вход сервопривода АС поступают сигналы пространственной ориентации АС по данным текущего пеленга объекта связи от системы АСН $\Psi_{АСН}(t)$.

В случае отрицательного результата оценки осуществляется пространственное перемещение АС в следующее пространственное положение, определяемое алгоритмом сканирования.

В фазе «Внешнее управление» на выходе процессора управления антенной системой формируются сигналы управления сервоприводом АС. Компоненты сигнала управления сервоприводом обеспечивают: ψ_0 – первоначальную пространственную ориентацию ДН АС в направлении на объект связи; $\Delta\psi_{ЛА}(t)$ – парирование пространственных эволюций инструмента; $\psi_{АЛГ}(t)$ – расширение зоны устойчивого захвата излучения объекта связи системы АСН в соответствии с дискретным алгоритмом пространственного сканирования с детерминированной пространственно-временной структурой.

Предложенный способ получения отверстий можно учитывать при разработке новых конструкций неравножестких подшипниковых опор, которые являются одной из основных частей любого оборудования.

От качества изготовления, от точности установки опор зависит и срок эксплуатации машин и оборудования. Обычно для вращающейся части механизма, например вал, используются различные комбинации установки подшипников, которые фиксируют его положение в радиальном и осевом направлениях. Традиционно подшипниковые опоры могут состоять:

- 1) из фиксирующих и нефиксирующих подшипниковых узлов;
- 2) регулируемых подшипниковых узлов;
- 3) «плавающих» подшипниковых узлов.

Подшипниковая опора состоит из корпуса, внутреннего и внешнего кольца подшипника, тел качения и устройства подачи смазки. Большое внимание уделяется неравножестким корпусам подшипниковых опор. Способы получения таких корпусов можно разделить на 2 типа:

- 1) изменение внешней геометрии корпуса;
- 2) получение отверстий в корпусе.

Изменение внешней геометрии заключается в том, чтобы уменьшить размеры самого корпуса (рис. 3), величины $\Delta 1$, $\Delta 2$ и $\Delta 3$ изменяются в соответствии с требованиями к жесткости корпуса.

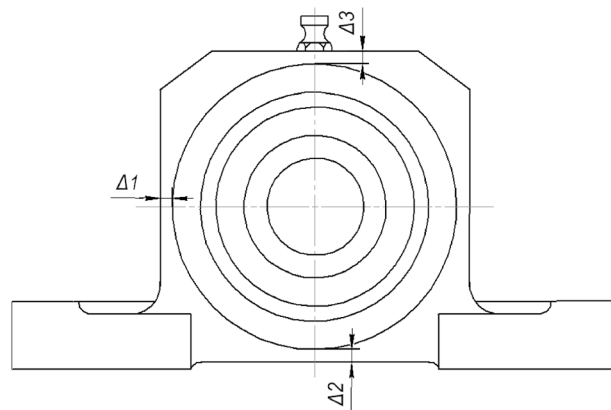


Рис. 3. Изменение внешней геометрии корпуса

Второй тип неравножестких корпусов можно получить, благодаря электроэрозионному оборудованию. С помощью инструмента в корпусе опоры подшипника выполняют криволинейное и радиальные отверстия, число которых и расстояние между ними определяются исходя из необходимости обеспечения требуемого уровня смазки высокоскоростного подшипника воздушно-масляной смесью. Применение маслоподводящих отверстий, выполненных в корпусе, а не в кольце подшипника, позволяет улучшить условия работы пары качения и обеспечить направление смазки на контакты шариков подшипника как с внешним, так и внутренним кольцами. Предложенное решение позволяет, на наш взгляд, увеличить срок службы подшипниковой опоры.

Применяя электроэрозионное оборудование, возможно изготовление любых отверстий в корпусе подшипника. Повышается точность их создания, что является немаловажным фактором, который обеспечит долговечность работы всего механизма (рис. 4).

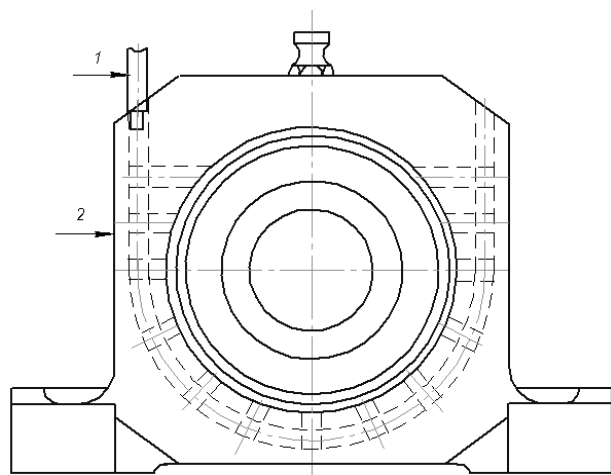


Рис. 4. Получение отверстий в корпусе: 1 – инструмент электроэрозионного оборудования; 2 – корпус подшипника

Библиографические ссылки

1. Немилев Е. Ф. Электроэрозионная обработка материалов. – Л. : Машиностроение, 1989.
2. Там же.
3. Фатеев Н. К. Технология электроэрозионной обработки. – Л. : Машиностроение, 1990.
4. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / под ред. В. А. Волосатова. – Ленинград : Машиностроение, 1988.
5. Лившиц А. Л. Электроэрозионная обработка металлов. – М. : Высш. шк., 1979.
6. Там же.
7. Там же.
8. Там же.
9. Вилкова Н. Н., Сухачев А. Б. Россия должна вернуться в ряд ведущих «беспилотных» держав // Национальная оборона. – 2007. – № 10 (19). – С. 48–54.

A. V. Shchenyatskiy, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU
 E. S. Chukhlantsev, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU
 A. A. Pushkareva, Post-graduate, Kalashnikov ISTU

Development of a new method for producing curved holes in not rigid shell bearings using EDM equipment

The history of electrosparking method for producing holes is considered. The analysis of modern ways of using EDM is carried out. Perspective directions of work on creating the holes with an indirect axis in not rigid shell bearings are determined.

Keywords: spark processing, hole with indirect axis, EDM, shell bearings.

Получено: 12.03.15