

**ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС***В.В. Ахлюстина*

В статье рассмотрены вопросы получения профиля зубьев зубчатых колес электроэрозионным способом различными электрод-инструментами и их влияние на точность обработки зубьев.

Ключевые слова: электроэрозионная обработка, электрод-инструмент, точность обработки.

Электроэрозионная обработка (ЭЭО) формирования профиля рабочих поверхностей зубьев и химико-термическая обработка (нитроцементация и ионное азотирование) для повышения контактной прочности рабочих поверхностей зубьев. Электроэрозионная проволочная вырезка широко применяется для изготовления зубчатых колес с наружными зубчатыми венцами с использованием проволоки в качестве инструмента на предприятиях. Применение электроэрозионной обработки для изготовления блоков зубчатых колес позволяет обеспечить высокую производительность с требуемым качеством и точностью поверхности, при этом обеспечиваются нормы по контактной (для тяжело нагруженных и высокоскоростных зубчатых передач) и изгибной (для мало нагруженных зубчатых передач) прочности. При этом повышается надежность конструкции блоков колес, сокращается влияние качества сборки на пятно контакта.

Установленные зависимости изменения контактных напряжений рабочих поверхностей зубьев при различных методов обработки и видах химико-термической обработки могут использоваться для оценки надежности зубчатых передач при проектировании.

*Многоконтурный электрод-инструмент* [1], состоящий из дисков, к каждому из которых подключены балластные сопротивления.

*Электрод-инструмент* [2], выполненный в виде металлического корпуса с изолированными поверхностями, жестко закрепленный на валу.

*Электрод-инструмент* [2], выполненный в виде полого диска с отверстиями для подачи электролита в зону обработки.

Общим недостатком перечисленных инструментов является то, что ими можно проводить обработку зубчатых колес только методом копирования. При таком методе обработки не достигается требуемое закругление острых кромок и удаление заусенцев по всему профилю обрабатываемого зубчатого венца, что особенно важно у шестерен повышенной и прецизионной точности.

*Электрод-инструмент* для электроэрозионной обработки зубчатых колес методом обката, выполненный в виде зубчатого колеса, отличающийся тем, что он снабжен токопроводящими пластинами, укрепленными с одной или нескольких сторон инструмента, при этом инструмент выполнен из диэлектрического материала, а пластины – с возможностью размещения их рабочей поверхности перпендикулярно биссектрисе угла, образованного торцевой и концентрической поверхностями зуба обрабатываемого колеса.

Наиболее близким инструментом по техническому решению и достигаемому результату является электрод в виде зубчатого колеса, служащий для обработки зубчатых колес методом обката. Основным недостатком этого инструмента является то, что при обработке им острых кромок и заусенцев уже полученного другим способом зубчатого венца изменяется геометрия профиля зубьев, что недопустимо.

В способе электроэрозионной обработки зубчатых колес методом обката не содержится сложной кинематической схемы, а обработка методом обката обеспечивается прямым зубчатым зацеплением электрода-инструмента с деталью. Электрод-инструмент изготовлен из диэлектрического материала и дополнительно содержит токопроводящие пластины, закрепленные с одной или с обеих сторон. Рабочая поверхность пластин перпендикулярна биссектрисе угла, образованного торцевой и концентрической поверхностями зуба обрабатываемого колеса. На рис. 1 изображен общий вид электрода-инструмента. Он состоит из корпуса 1, изготовленного в виде зубчатого колеса, и токопроводящих пластин 2, закрепленных на колесе.

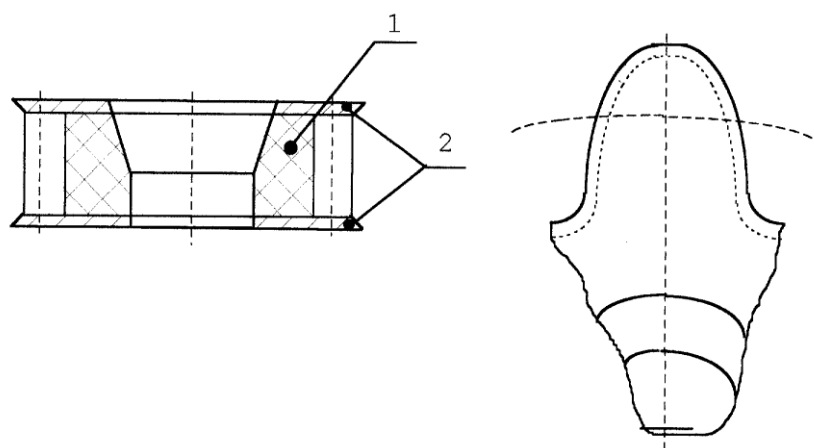


Рис. 1. Электрод – инструмент

Корпус электрода-инструмента 1 выполняется из диэлектрика, например оргстекла по ГОСТ 15809-70 (текстолит, гетенакс, эбонит и пр.). В корпусе выполняется конусное отверстие для посадки инструмента на державку и передачу через нее крутящего момента на корпус и отрица-

тельного потенциала на торцевые пластины ЭИ 2, закрепленные на корпусе. Пластины 2 выполняются в виде шайб с профилем, соответствующим профилю обрабатываемого зубчатого колеса, с заточкой внешнего торца на угол  $45^\circ$  для обеспечения фаски обрабатываемой поверхности. Толщина пластин рассчитывается из учета их износа при обработке партии деталей. Материал пластин – латунь Л63 по ГОСТ 15527-70.

Электрод-инструмент работает следующим образом [1]. В начале операции его вводят в зацепление с обрабатываемым зубчатым колесом так, чтобы обеспечить необходимый межэлектродный зазор между рабочей поверхностью пластины инструмента и обрабатываемой поверхностью детали. Далее зацепление помещают в рабочую среду и подают на электроды разность потенциалов, необходимую для проведения процесса электроэрозии. Для обеспечения обработки детали по всему контуру методом обката электроду-инструменту сообщают вращательное движение, которое в свою очередь через зубчатое зацепление передается детали. Кинематическая схема обработки приведена на рис. 2.

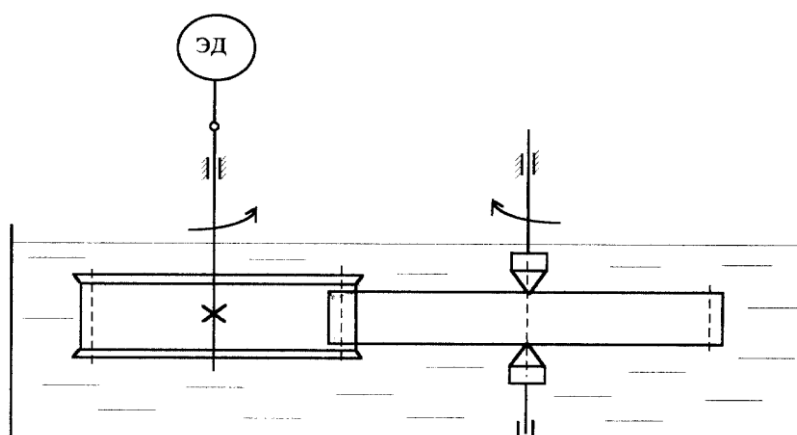


Рис. 2. Схема обработки зубьев колес

Удаление металла с заготовки происходит в среде диэлектрика за счет микроразрядов, расплавляющих часть металла. 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, в межэлектродном промежутке (МЭП).

Первой стадией эрозионного процесса является пробой 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.

Второй стадией является образование около канала проводимости газового пузыря из паров жидкости и металла. Вследствие высокого давления ( $2 \cdot 10^7$  Па) 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 150...200 м/с. На наружной границе образуется так называемый фронт уплотнения.

Третьей стадией будет прекращение тока, отрыв ударной волны от газового пузыря и продолжение его расширения по инерции. Ударная волна гасится окружающей жидкостью. Вначале этой стадии в межэлектродном промежутке находится жидкий металл в углублениях электродов; газовый пузырь, внутри которого имеются пары металлов заготовки инструмент; жидкий диэлектрик. Когда газовый пузырь достигнет наибольшего размера, давление внутри него резко падает. Содержащийся в лунках расплавленный металл вскипает и выбрасывается в межэлектродный промежуток. Обработка деталей сложного профиля с прямолинейной вертикальной или наклонной образующей (до 6 градусов) из токопроводящих материалов независимо от их твердости **выполняется на эрозионно-проволочном станке.**

Под точностью обработки деталей понимается степень соответствия ее формы и размеров чертежу. Отклонения от формы и размеров называется погрешностью. Также как и при механической обработке, на размеры погрешности оказывают влияние состояние технологической системы, погрешности установки, базирования инструментов, внутренние напряжения в материале заготовки, ее нагрев при обработке [2].

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 выполняют следующие мероприятия:

- а) изготавливают инструмент из материала, стойкого к эрозии, например, из вольфрама, меднографита, коксографитовых композиций;
- б) используют так называемые безыносные 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.

В результате ЭЭО поверхность приобретает характерные неровности, а приповерхностные слои металла претерпевают физико-химические изменения. Это оказывает влияние на эксплуатационные показатели обрабатываемых деталей.

Поверхностный слой формируется за счет расплавленного металла, оставшегося на поверхности лунки, и прилегающего к ней слоя металла, подвергнутого структурным изменениям от быстрого нагрева и охлаждения металла. Поверхностный слой состоит из так называемого белого слоя, в котором наблюдаются химико-термические превращения. Переходного слоя, в котором имели место только термические изменения и под которым находится неизменный металл заготовки. Измененная зона, образуемая первым слоем, содержит продукты диэлектрической среды, в частности углерод и элементы, входящие в состав электрода-инструмента. У остальных заготовок в этой зоне образуются карбиды железа, которые способствуют упрочнению поверхности.

Состояние поверхностного слоя определяет износостойкость, прочность и другие свойства детали в механизме. После ЭЭО поверхностный слой приобретает свойства, по-разному влияющие на эксплуатационные характеристики деталей. Положительными являются повышение твердости поверхности при сохранении вязкости середины, большое количество лунок на поверхности, плавное их сопряжение. К недостаткам следует отнести возможность появления трещин, растягивающих напряжений, трудность получения поверхности с малой шероховатостью.

#### Библиографический список

1. URL: [www.freepatent.ru/patents2212317](http://www.freepatent.ru/patents2212317).
2. URL: [www.studpedia.net.11384491](http://www.studpedia.net.11384491).

[К содержанию](#)