

УДК 621.1.9

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ КОРРЕКЦИИ ПРИ ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКЕ

Иванов В. А., Абляз Т. Р., Морозов Е. А.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, lowrider11-13-11@mail.ru

В работе представлена модель для расчета величины коррекции траектории электрода-инструмента для получения заданной точности обработки на проволочно-вырезном электроэрозионном станке. При математическом моделировании величины коррекции электрода-инструмента используется закон сохранения энергии. Учитывается физическая сущность процесса электроэрозионной обработки материалов. На основе анализа теоретических данных производится расчет количества теплоты, необходимое для нагрева, плавления и испарения массы вещества с поверхности обрабатываемой заготовки. Основываясь на полученной модели, производится расчет величины коррекции траектории электрода-инструмента при обработке материала сталь 40X. Результаты проведенной работы показывают, что на величину коррекции траектории электрода-инструмента существенным образом влияют свойства обрабатываемого материала, высота заготовки и режимы обработки. Установлено, что при увеличении высоты обработки существенным образом снижается значение производительности, значение коррекции увеличивается. Увеличение силы тока приводит к увеличению коррекции. Однако с увеличением силы тока растет вероятность возникновения обрыва электрода-проволоки, что приведет к снижению качества обрабатываемой поверхности.

Ключевые слова: проволочно-вырезная электроэрозионная обработка, электрод инструмент, точность, погрешность, пакетированная обработка.

CALCULATION OF CORRECTION DURING WIRE ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

Ivanov V. A., Ablyaz T. R., Morozov E. A.

Perm national research polytechnic university, Russia, Perm, 614990, Komsomolsky Av. 29, lowrider11-13-11@mail.ru

This paper presents a model to calculate the trajectory correction electrode tool to obtain the desired accuracy in the processing of wire-EDM cutout. The mathematical modeling of the amount of correction tool-electrode is used the law of conservation of energy. Taken into account the physical nature of the process of electrical discharge machining materials. Based on the theoretical analysis data calculates the amount of heat required for heating, melting and evaporation of materials from the surface of the mass of the workpiece. Based on this model, the calculated value of trajectory correction electrode tool in the processing of the material 40Cr steel. The results of the study show that the amount of trajectory correction tool-electrode significantly affect the properties of the material, the height of harvesting and processing modes. Found that with increasing height substantially reduced processing performance value, the correction value increases. Increases in current leads to an increase correction. However, increasing the current increases the likelihood of breakage of the electrode – wire, thereby reducing the quality of the machined surface.

Keywords: wire electrical discharge machining, the electrode tool, precision, accuracy, stacked processing.

Введение

В условиях мирового экономического кризиса нужды потребителей в высококачественных товарах резко возросли. Приоритетной задачей машиностроения является постоянное повышение показателей параметров качества и надежности выпускаемой продукции.

Технология электроэрозионной обработки является бесконтактным методом резки. При проектировании технологического процесса получения годной заготовки необходимо учитывать величину межэлектродного зазора (МЭЗ), размер электрода-инструмента (радиус

R) и вносить коррекцию (T) в управляющую программу (рис. 1). Адекватно подобранная коррекция позволяет обеспечивать заданную точность обработки.

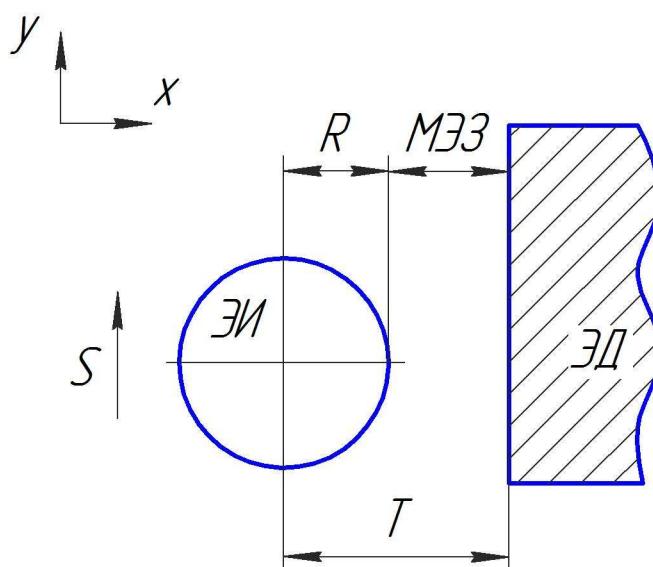


Рис. 1. Формирование величины коррекции

Величина МЭЗ в процессе резания переменна [1,2,3]. Основными причинами данного явления являются: присутствие продуктов эрозии в зазоре и взаимное перемещение электродов.

Наличие продуктов эрозии в канале пробоя способно изменить свойства электродов и РЖ. От свойств РЖ зависит напряжение поддержания дуги U , величина которого влияет на энергию импульса $W_{и}$, что приводит к образованию непостоянного межэлектродного зазора, обуславливая появление элементарных случайных погрешностей [1-6].

Для подбора величины коррекции, при проектировании технологического процесса проволочно-вырезной электроэрозионной обработки широкое применение находит метод пробных резов. В заготовке вырезается небольшой участок с заданными размерами на определенных технологией режимах. После чего образец измеряется, и вычисляется погрешность обработки. Полученное значение погрешности вносится в управляющую программу станка. Данный метод позволяет с большой точностью определить необходимую величину коррекции при освоении на электроэрозионном станке новой продукции. Рассмотренный метод является не технологичным и ведет к увеличению времени обработки детали. Расчет величины коррекции без применения пробных резов является актуальной задачей.

Адекватным решением описанной задачи является моделирование процесса электроэрозионной обработки и расчет величины межэлектродного зазора. Разработанная

модель позволит повысить технологичность процесса обработки и обеспечить заданную точность.

Материалы и методы исследования

В настоящее время не существует однозначных моделей, позволяющих рассчитать величину коррекции при электроэрозионной проволочно-вырезной обработке.

Для расчета величины коррекции в первую очередь необходимо вычислить значение межэлектродного зазора. При расчете зазора используется подход, предложенный в работе [5], с учетом недостающих факторов.

Количество удаленной с поверхности детали массы материала за один рабочий импульс характеризуется коэффициентом съема материала MRR [3]:

$$MRR = \frac{m}{t_{on}}, (1)$$

где m – масса (кг); t_{on} – время действия импульса (с).

Из практики работы на электроэрозионном оборудовании установлено, что коэффициент съема материала существенным образом зависит от линейной скорости обработки $Q_{л}$ (м/с), величины межэлектродного зазора S (м), свойств обрабатываемого материала и высоты заготовки h (м) [6].

Таким образом, расчет коэффициента съема материала можно произвести по следующему уравнению:

$$MRR = 2 \cdot (R + S) \cdot h \cdot \rho \cdot Q_{л}, (2)$$

где S – межэлектродный зазор (м); h – высота заготовки (м); ρ – плотность обрабатываемого материала (кг/м³); $Q_{л}$ – линейная скорость обработки (м/с), R – радиус ЭИ (м).

При расчете МЭЗ принимается, что вся энергия, выделяющаяся при пробое межэлектродного промежутка, по закону сохранения энергии, полностью переходит в тепловую энергию, которая в свою очередь расходуется на нагрев, плавление и испарение материалов электродов, на нагрев и испарение рабочей жидкости, на образование газового пузыря. Энергия импульса $W_{и}$ (Дж), выделяющаяся в межэлектродный зазор, распределяясь между электродом-инструментом и электродом-деталью, обеспечивает удаление металла с обрабатываемой заготовки и может быть рассчитана [1-4]:

$$W_{и} = U \cdot I \cdot t_{on}, (3)$$

где U – напряжение, подаваемое на электроды, (В); I – сила тока, (А); $t_{и}$ – время действия импульса, (с).

Так как в процессе ЭЭО на стабильность протекания искрового разряда влияет множество факторов, в уравнение (3) вводится поправочный коэффициент, учитывающий долю полезного использования энергии импульса $\eta_{и}$.

Для плавления массы материала на поверхность электрода-детали необходимо сообщить некоторое количество теплоты Q (Дж). Тепло, необходимое для нагрева, плавления и испарения единицы массы вещества, определяется по закономерности:

$$Q = m(c_{ТВ}\Delta T_{пл} + \lambda + c_{ж}\Delta T_{ж} + r), (4)$$

где $c_{ТВ}$ – удельная теплоемкость твердого металла (Дж/кг·К); $c_{ж}$ – удельная теплоемкость жидкого металла (Дж/кг·К); m – масса материала (кг); ΔT – разности температур начальной и конечной для каждого из этапов нагрева, (К); λ – удельная теплота плавления металла (Дж/кг); r – удельная теплота парообразования металла (Дж/кг).

Пусть $K = (c_{ТВ}\Delta T_{пл} + \lambda + c_{ж}\Delta T_{ж} + r)$, тогда, выразив из уравнений (3) и (4) время действия импульса и массу материала, соответственно, и подставив их в выражение (1), получаем:

$$MRR = \frac{Q \cdot \eta_{и} \cdot U \cdot I}{K \cdot W_{и}} = \frac{\eta_{и} \cdot U \cdot I}{K}, (5)$$

Приравняв выражения (2) и (5), вычисляется величина межэлектродного зазора:

$$S = \frac{\eta_{и} \cdot U \cdot I}{K \cdot 2 \cdot h \cdot \rho \cdot Q_{л}} - R, (6)$$

Для расчета величины коррекции T необходимо к значению межэлектродного зазора S прибавить радиус R проволоки (рис.1):

$$T = \frac{\eta_{и} \cdot U \cdot I}{K \cdot 2 \cdot h \cdot \rho \cdot Q_{л}}, (7)$$

Данная модель позволяет рассчитать величину коррекции, которую необходимо внести в управляющую программу с целью получения годного размера.

Результаты исследования и их обсуждение

Используя рассмотренные модели, определим величину коррекции, которую необходимо ввести в управляющую программу при обработке заготовки по заданной траектории.

Расчет производится для материала – легированная сталь 40X по ГОСТ 4543-71. Физические свойства материала представлены в табл. 1.

Табл. 1. Физические свойства материала

Материал	$\lambda,$	$c_{ж},$	$c_{ТВ},$	$\rho,$	$r,$	$T_{плав},$	$T_{ж},$
		Дж/кг·К					

	Дж/кг		Дж/кг·К	кг/м ³	Дж/кг	°С	°С
Сталь 40Х	84000	795	444	7820	6300000	1460	2860

В качестве электрода инструмента выбрана латунная проволока VercoCut диаметром 0,25 мм.

В качестве технологического оборудования используется проволочно-вырезной электроэрозионный станок EсоCut.

Режимы обработки представлены в таблице 2.

Табл. 2. Параметры обработки

Материал	h, м	Q _л , м/с	U, В	I, А
40Х	0,010	0.000040	50	1,2

Пользуясь выражением (7), произведен расчет величины коррекции. Для заданных условий обработки величина коррекции равняется $T = 0,000196$ м.

Для проверки адекватности модели произведен эксперимент по измерению длинного размера образца после проволочно-вырезной электроэрозионной обработки.

Из листа толщиной 10 мм вырезался квадратный образец со стороной 15 мм. Эскиз образца, с указанием направления движения электрода-проволоки, представлен на рис. 2.

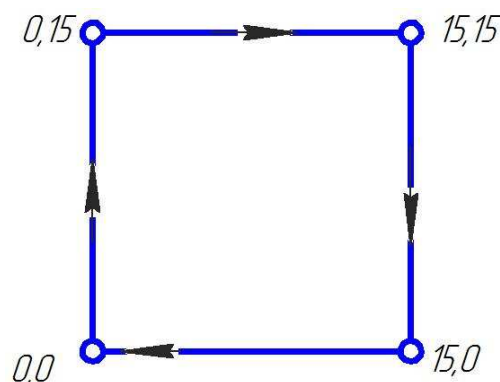


Рис. 2. Траектория движения электрода-проволоки

Режимы обработки назначались согласно табл. 2. Эксперимент повторялся 3 раза. Во время проведения экспериментов коррекция на смещение траектории движения проволоки не задавалась.

В результате эксперимента длинной размер образца равняется 14,648 мм. Следовательно, величина коррекции, которую необходимо внести в управляющую программу для получения точного размера, составляет $T = 0,176$ мм.

Отличие величины коррекции, полученной экспериментальным путем, от значения, полученного в ходе моделирования, не превышает 12 %. Следовательно, модель расчета величины коррекция можно считать адекватной.

Выводы

Согласно полученным данным, следует, что при программировании проволочно-вырезного электроэрозионного станка для обработки заготовки высотой 10 мм, выполненные из материала Сталь 40Х на заданный размер, необходимо внести в управляющую программу коррекцию T величиной 0,000196 м. Проведенный эксперимент показал, что отличие теоретических данных от экспериментальных не превышает 12 %.

Анализируя модель, видно, что величина коррекции существенным образом зависит от физических свойств обрабатываемого материала. Стоит отметить, что при увеличении высоты обработки существенным образом снижается значение производительности, таким образом, значение коррекции увеличивается. Увеличения силы тока приведет к увеличению коррекции. Однако с увеличением силы тока растет вероятность возникновения обрыва электрода-проволоки, что приведет к снижению качества обрабатываемой поверхности.

Список литературы

1. Абляз Т. Р. Изучение изменения свойств электродов в зависимости от режимов проволочно-вырезной электроэрозионной обработки // Вестник ПГТУ. Машиностроение, материаловедение. – 2011. – Т. 13, № 1. – С.87-93.
2. Журин А. В. Методы расчета технологических параметров и электродов-инструментов при электроэрозионной обработке: дисс. ... канд. техн. наук: 05.03.01. – Тула: ТГУ, 2005. – 132 с.
3. Лазаренко Б. Р. Электрические способы обработки металлов и их применение в машиностроении / Б. Р. Лазаренко. – М.: Машиностроение. 1978. – 40 с.
4. Савельев И. В. Курс общей физики. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. 2-е изд., перераб. – М.: Наука; Гл. ред. физ-мат. лит., 1982. – 496 с.
5. Съянов С. Ю. Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя деталей при электроэрозионной обработке: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.08. – Брянск: БГТУ, 2002. – 166 с.
6. Фотеев Н. К. Технология электроэрозионной обработки / Н. К. Фотеев. – М.: Машиностроение, 1980. – 184 с.

Рецензенты:

Беленький Владимир Яковлевич, д-р техн. наук, проф., декан МТФ ПНИПУ, г. Пермь.

Ханов Алмаз Муллаянович, д-р техн. наук, проф., зав. каф. КМиТОМ ПНИПУ, г. Пермь.