

УДК 621.923.74-408

**Н.Д. Оглезнев, Т.Р. Абляз**

**N.D. Ogleznev, T.R. Ablyaz**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Perm National Research Polytechnic University

## **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ПРОШИВКИ НА ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРОВ И ШЕРОХОВАТОСТЬ ОТВЕРСТИЙ**

### **EFFECT OF CONDITIONS ELECTRICAL DISCHARGE TUFTING TO DIMENSIONAL ACCURACY AND ROUGHNESS OF HOLES**

Рассмотрен процесс прошивной электроэрозионной обработки отверстий в стали 40X и подбор оптимальных режимов. Исследовано влияние режимов электроэрозионной обработки на размер, шероховатость и форму получаемого отверстия.

**Ключевые слова:** электроэрозионная обработка, электрод-инструмент, копировально-прошивная ЭЭО, погрешность формы, шероховатость.

Influence of parameters of EEE (pulse energy) in piercing holes on the size, shape and roughness of the surface of the hole in the electrical discharge machining steel 40X is presented and found the optimal modes.

**Keywords:** electrical discharge machining, electrode tool, copying and tufting EDM, deviation of shape, roughness.

Электроэрозионная обработка (ЭЭО) незаменима при обработке современных машиностроительных материалов с повышенными физико-механическими свойствами, особенно при получении глубоких отверстий. Данный вид получения отверстий является бесконтактным и, в отличие от лезвийных методов обработки, способствует изготовлению более качественных деталей, с низкими значениями шероховатости и высокой точностью размеров.

Главными критериями, определяющими выбор режима ЭЭО, являются максимальная производительность процесса при условии обеспечения заданной точности и шероховатости обработанной поверхности. Известно, что производительность ЭЭО возрастает с увеличением энергии единичного импульса, зависящей от среднего тока и длительности импульса. При увеличении энергии импульса снижается точность обработки и возрастает износ электрода-инструмента [1]. Данная взаимосвязь обусловлена тем, что при кратковременных импульсах длительностью  $10^{-4}$ – $10^{-8}$  с эрозии подвергается

небольшой участок детали. При более длительных электрических импульсах ( $10^{-8}$  с и более) обрабатываемый материал нагревается далеко за пределами участка поверхности детали, на которую воздействует теплота канала сквозной проводимости. В связи с этим становится невозможным получение точных размеров.

На современных станках ЭЭО применяются таблицы стандартизованных режимов обработки, называемые Е-кодами. Данный код включает в себя комплексный набор параметров, подобранных под конкретный тип электродов для обеспечения заданной шероховатости обработанной поверхности. Таким образом, выбор Е-кода при программировании процесса ЭЭО обусловлен требованиями к шероховатости получаемой поверхности.

Применение таблиц позволяет спрогнозировать шероховатость поверхности, однако оценить влияние заложенных в них режимов на точность получения заданного размера невозможно. Кроме того, зависимости большинства технологических характеристик ЭЭО от длительности импульсов тока имеют экстремумы, причем положение экстремума определяется не только характеристиками процесса, но и свойствами материалов электрода и детали.

В настоящее время не существует универсальных методик оценки влияния режимов ЭЭО на точность обработки, в связи с чем исследуемая нами проблема актуальна. Целью работы является исследование влияния параметров ЭЭО, заложенных в Е-код на размеры и форму отверстия, а также на шероховатость поверхности отверстия в процессе электроэрозионной обработки.

В качестве экспериментального образца выбрана сталь 40Х по ГОСТ 4543–71.

Исследования проводились на прошивном электроэрозионном станке Electronica Smart CNC. Рабочая жидкость – масло EDM Oil – IPOL SEO 450. Шероховатость поверхности замерялась на профилометре Mahr Perthometer S2.

Режимы обработки приведены в таблице. Режимы с Е-кодом 54 и 64 в данной работе относятся к прецизионным, остальные – к чистовым.

Электрод-инструмент выполнен из меди марки М1 по ГОСТ 859–2001. Диаметр рабочей части 8 мм. В процессе работы в заготовке прошивались отверстия на глубину 20 мм.

В качестве контролируемых параметров выбраны диаметры электрода-инструмента и обработанного отверстия.

Производительность обработки  $Q$  рассчитывалась как отношение объема удаленного материала в процессе ЭЭО ко времени обработки.

Энергию импульса  $W_{\text{и}}$  рассчитывали следующим образом [1–4]:

$$W_{\text{и}} = IUt_{\text{он}},$$

где  $I$  – сила тока, А;  $U$  – напряжение, В;  $t_{\text{он}}$  – длительность импульса, с.

## Режимы электроэрозионной обработки

№ п/п	Е-код	$T_{on}$ , мкс	$T_{off}$ , мкс	$I$ , А	$V$ , В
1	54	50	32	3	50
2	64	50	32	6	50
3	74	150	32	10	50
4	84	300	32	15	50
5	94	300	32	20	50
6	104	400	32	25	50
7	114	500	32	30	50
8	124	500	32	35	50
9	134	500	32	40	50
10	144	1000	32	45	50
11	174	1500	32	70	50

Величины параметров  $I$ ,  $U$ ,  $t_{on}$  подбирались таким образом, чтобы обеспечить варьирование  $W_{и}$  от максимального до минимального значений.

Результаты экспериментов представлены в виде графиков (рис. 1–3). Анализируя данные рис. 1, видим, что при увеличении энергии импульса до 0,1 Дж диаметры электрода и отверстия практически не изменяются. При последующем возрастании энергии импульса происходит резкое изменение диаметра отверстия. Данное явление объясняется тем, что с увеличением мощности импульса происходит изменение межэлектродного зазора между боковыми поверхностями электрода-инструмента и отверстия. В канал пробоя попадают продукты эрозии, что приводит к возникновению боковых разрядов, провоцирующих неконтролируемый дополнительный съем материала [2].

Увеличение диаметра электрода объясняется осаждением на его поверхности частиц уже обработанного металла, которые не успевают эвакуироваться из зоны обработки. Соответственно, увеличение диаметра электрода-инструмента ведет к увеличению диаметра обработанного отверстия.

Анализируя зависимость производительности обработки от энергии, видим, что при увеличении энергии производительность обработки  $Q$  возрастает (см. рис. 2). Однако при увеличении энергии импульса до значения 5 Дж происходит резкое падение  $Q$ . Данное явление объясняется тем, что в канале

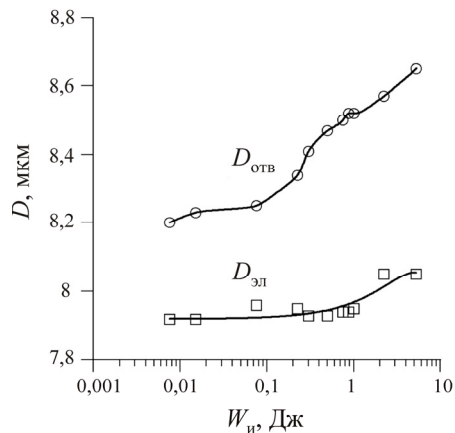


Рис. 1. Зависимость диаметра отверстия и диаметра электрода от энергии импульса

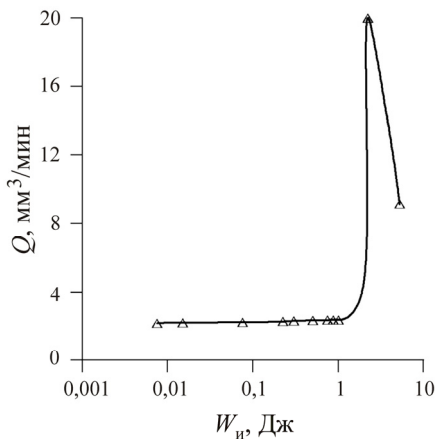


Рис. 2. Зависимость производительности ЭЗО от энергии импульса

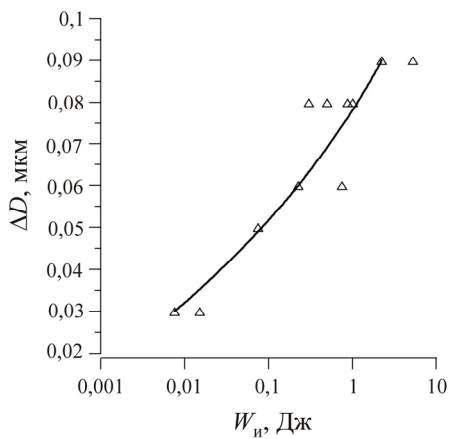


Рис. 3. Зависимость отклонения диаметра отверстия от энергии импульса

пробоя накапливается слишком большое количество электроэрозионного шлама, в результате чего полезная энергия тратится не на обработку заготовки, а на повторное взаимодействие с уже расплавленными частицами.

Из рис. 3 следует, что при больших значениях энергии импульса возрастает отклонение размера от заданного, причиной чего является увеличение параметров шероховатости  $Ra$  и  $Rz$  (рис. 4). Минимальная погрешность обработки обеспечивается при использовании E-кодов 54 и 64.

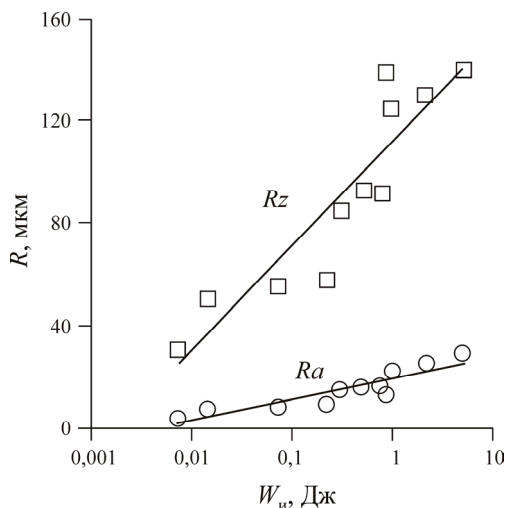


Рис. 4. Зависимость параметров шероховатости  $Ra$  и  $Rz$  от энергии импульса

Таким образом, в ходе исследования выявлено, что на точность обработки существенным образом влияют значения энергии импульса. При минимальных значениях  $W_{и}$  обеспечивается максимальная точность и минимальные значения параметров шероховатости  $Ra$  и  $Rz$ . Однако при минимальных значениях  $W_{и}$  производительность обработки снижается, что недопустимо в современном производстве, так как увеличивается время обработки. Из анализа рис. 2 следует, что производительность обработки снижается из-за накопления в канале пробоя металлического шлама. Следовательно, снижение продуктов эрозии в межэлектродном зазоре способствует повышению производительности, а также обеспечит стабильность размеров электрода-инструмента и обрабатываемого отверстия.

При ЭЭО глубоких отверстий целесообразно осуществлять дополнительную подачу рабочей жидкости в межэлектродный зазор. С целью уменьшения налипания частиц расплавленного металла на электрод-инструмент необходимо увеличить период действия импульсов. Увеличение частоты выхода электрода-инструмента из зоны обработки позволит обеспечить более тщательную промывку рабочей зоны.

### Список литературы

1. Журин А.В. Методы расчета технологических параметров и электродов-инструментов при электроэрозионной обработке: дис. ... канд. техн. наук. – Тула, 2005. – 132 с.
2. Елисеев Ю.С., Саушкин Б.П. Электроэрозионная обработка изделий авиационно-космической техники / под ред. Б.П. Саушкина. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2010. – 437 с.
3. Серебrenицкий П.П. Современные электроэрозионные технологии и оборудование: учеб. пособие / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2007. – 228 с.
4. Абляз Т.Р. Изучение изменения свойств электродов в зависимости от режимов проволочно-вырезной электроэрозионной обработки // Вестник Перм. гос. техн. ун-та. Машиностроение, материаловедение. – 2011. – Т. 13, № 1. – С. 87–93.

Получено 2.09.2013

**Оглезнев Никита Дмитриевич** – аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: fastrex@mail.ru).

**Абляз Тимур Ризович** – аспирант, лауреат премии «Инженер года», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: lowrider11-13-11@mail.ru).

**Ogleznev Nikita Dmitrievich** – Graduate Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: fastrex@mail.ru).

**Abyaz Timur Rizovich** – Graduate Student, Engineer of the Year award winner, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: lowrider11-13-11@mail.ru).