

УДК 621.1.9

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ КОПИРОВАЛЬНО-ПРОШИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ С РАЗНЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

**Аликин Е.С.<sup>1</sup>, Абляз Т.Р.<sup>1</sup>**

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, 614990, alikin.tamp@yandex.ru*

Работа направлена на исследование формирования шероховатости обрабатываемой поверхности материалов с разными физико-механическими свойствами в зависимости от режимов электроэрозионной обработки. Целью работы является экспериментальное определение влияния режимов электроэрозионной обработки на шероховатость электрода-детали и электрода-инструмента. Исследование проводилось на копировально-прошивочном электроэрозионном станке фирмы Smart CNC. Для проведения экспериментов используются образцы А1, Вт3, 40ХН2МА и 09Г2С. Показаны зависимости получаемой шероховатости на электроде-детали и электроде-инструменте при различных режимах обработки. Показаны особенности формирования шероховатости поверхности на электроде-инструменте и электроде-детали при обработке на минимальном и максимальном режимах.

Ключевые слова: электроэрозионная обработка, шероховатость, режимы резания, износ электрода-инструмента, копировально-прошивочный станок.

## **STUDY EFFECT OF EDM-PIERCING COPY OF PROCESSING ON THE FORMATION ROUGHNESS TREATED SURFACE MATERIALS WITH DIFFERENT PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES**

**Alikin E.S.<sup>1</sup>, Ablyaz T.R.<sup>1</sup>**

*Perm national research polytechnic university, Perm, Russia, 614990, alikin.tamp@yandex.ru*

The work is directed to the study of the formation of the roughness of processed surface of the materials with different physical and mechanical properties, depending on the EDM modes. The aim is to determine the effect of experimental conditions on the roughness of EDM electrode parts and tool electrode. A study conducted on copying broaching EDM Company Smart CNC. For the experiments using samples of Al, BT3, 40HN2MA and 09G2S. Showing obtained depending on the roughness of the electrode, parts and tool electrode at various modes of treatment. The features of the formation of surface roughness on the tool electrode and the electrode parts in the processing of the minimum and maximum modes.

Keywords: electrical-discharge machining, roughness, cutting conditions, tool electrode wear, copying broaching machine.

Широкое применение в современной машиностроительной, приборостроительной и инструментальной промышленности имеют металлы и сплавы, обладающие высокими физико-механическими свойствами, но их обработка вызывает большие трудности. Ряд материалов не поддается обработке резанием на традиционном металлорежущем оборудовании. Ввиду невысокой жесткости конструкции той или иной детали их обработка на станках с высокими силами резания невозможна. Обработка жаростойких материалов (титан, алюминий), применяемых в авиакосмической отрасли, ведет к увеличению износа инструмента [3].

Адекватным решением данной проблемы является применение электрофизических методов размерной обработки материалов. Одним из таких методов является

электроэрозионная обработка (ЭЭО). Согласно ГОСТ 25331-82, ЭЭО заключается в изменении формы, размеров, шероховатости и свойств поверхности заготовки под действием электрических разрядов в результате электрической эрозии [1; 2; 4].

В настоящее время метод ЭЭО является одним из самых распространенных методов обработки современных материалов [5]. Но в полной мере не изучен вопрос формирования шероховатости поверхности на материалах, обладающих высокими физико-механическими свойствами, при различных режимах резания.

Целью работы является экспериментальное определение влияния режимов электроэрозионной обработки на шероховатость электрода-детали и электрода-инструмента.

### Материалы и методы исследования

В качестве экспериментального оборудования выбран копировально-прошивочный станок Smart CNC (рис. 1).



Рис. 1. Копировально-прошивочный станок Smart CNC.

Режимы резания представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Режимы резания

Режимы резания	Коды программирования режимов обработки станка (E-коды).	$I_p$ , сила тока, А	U, напряжение, В	Полярность станка
Минимальный (min)	21	1	50	Прямая
Максимальный (max)	78	20	50	Прямая

В качестве инструмента выбран медный электрод марки М1 ГОСТ 1173-2006. В качестве рабочей жидкости выбрано масло И-20А (табл. 2).

**Таблица 2**

Характеристики масла И-20А

Технические характеристики		И-20А
Класс вязкости по ISO		32
Вязкость кинематическая при 40 °С	мм <sup>2</sup> /с (сСт)	29-35
Кислотное число, не более	мг КОН/г масла	0,03
Температура вспышки в открытом тигле	°С	200-205
Температура застывания	°С	-15
Зольность, не более	%	0,005
Содержание серы, не более	%	1

В качестве обрабатываемых материалов выбраны:

1. Алюминий марки А1 ГОСТ Р 55365-2012.
2. Титан марки Вt3 ГОСТ 19807-91.
3. Сталь конструкционная легированная марки 40ХН2МА ГОСТ 1133-71.
4. Сталь конструкционная низколегированная марки ГОСТ 27772-88.

Измерение шероховатости производилось на профилометре Mahr Perthometer S2 по ГОСТ 2789-73.

Эксперимент проводится в два этапа на минимальных и максимальных режимах (табл. 1).

Перед началом исследования замеряется шероховатость электрода-инструмента до обработки, для определения исходной величины шероховатости. Эксперимент проводится с использованием системы подачи масла в зону резания.

Поочередно каждый образец устанавливается на стол станка и закрепляется. Обработка производится электродом-инструментом вдоль оси Z на величину 0,75 мм. После обработки образец снимается, и с использованием профилометра Mahr Perthometer S2 замеряется шероховатость обработанной поверхности. С электрода-инструмента после обработки срезаются диски толщиной 3 мм. На каждом диске замеряется шероховатость поверхности после обработки.

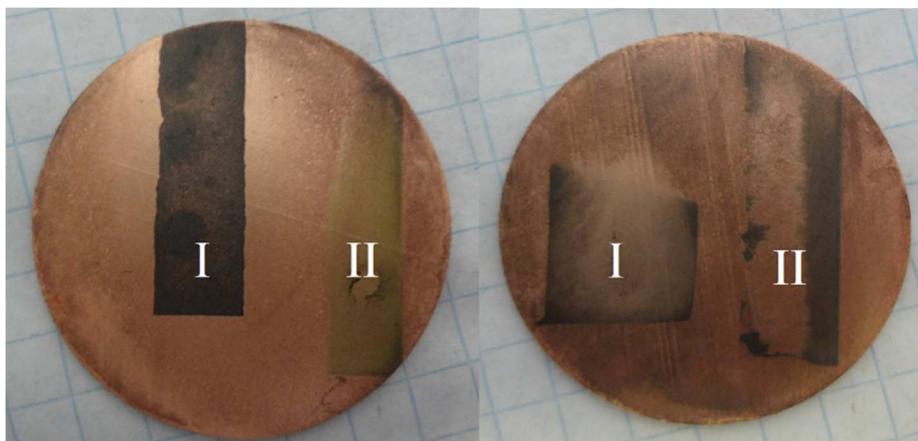
**Результаты и их обсуждение**

На рис. 2 представлено изображение шероховатости поверхностей электродов до и

после проведения исследования.



а)



б)

в)

Рис. 2: а) электрод-инструмент до обработки; б) поверхность электрода-инструмента после обработки, I – ВтЗ, II – Аl; в) поверхность электрода-инструмента после обработки, I – 40ХН2МА, II – 09Г2С

Результаты экспериментов сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты экспериментов

Вид электрода	Марка	Шероховатость, Ra, мкм, минимальный режим	Шероховатость, Ra, мкм, максимальный режим
Инструмент (эталон)	Медь	0,75	-
Инструмент	Al	0,63	2,80
Инструмент	ВтЗ	1,31	11,08
Инструмент	40ХН2МА	0,58	3,77
Инструмент	09Г2С	0,49	2,46
Деталь	Al	2,17	13,33
Деталь	ВтЗ	3,19	16,48
Деталь	40ХН2МА	0,84	11,04
Деталь	09Г2С	1,52	6,73

Из таблицы 3 видна неравномерность формирования шероховатости.

По результатам экспериментов построены графики зависимости шероховатости электрода-детали от электрода-инструмента (рис. 3, 4).

*Инструмент, Ra*

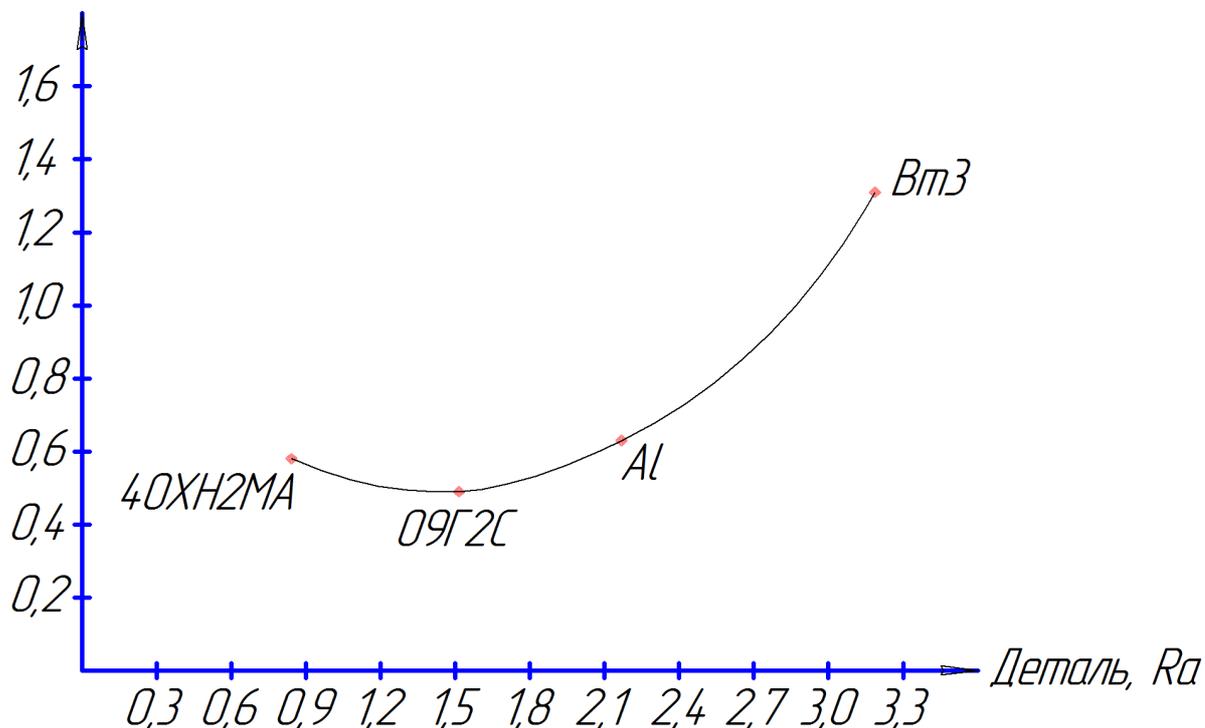


Рис. 3. Результаты обработки на минимальных режимах резания

Анализ показал, что на min режиме обработки образец ВtЗ имеет шероховатость, равную 3,19, что является грубой по отношению к другим образцам. Объяснением данного явления может служить то, что титан имеет низкую теплопроводность по сравнению с другими обрабатываемыми образцами. Тепло, выделяемое в процессе обработки, не распространяется по детали, а концентрируется в обрабатываемой области и формирует неравномерный сьем материала.

Наименьшую шероховатость поверхности имеет образец 40XH2MA. Объяснением данного явления может служить то, что 40XH2MA имеет хорошую теплопроводность. Тепло в процессе обработки расходуется по детали, что уменьшает вероятность перегрева и появления прожогов.

Показано, что с уменьшением теплопроводности образца шероховатость поверхности увеличивается как на электроде-детали, так и на электроде-инструменте.

Образец 09Г2С после обработки имеет низкую шероховатость поверхности на электроде-инструменте в связи с высокой электропроводностью материала.

По результатам эксперимента на максимальных режимах построен график зависимости шероховатости электрода-детали от электрода-инструмента (рис. 4).

*Инструмент, Ra*

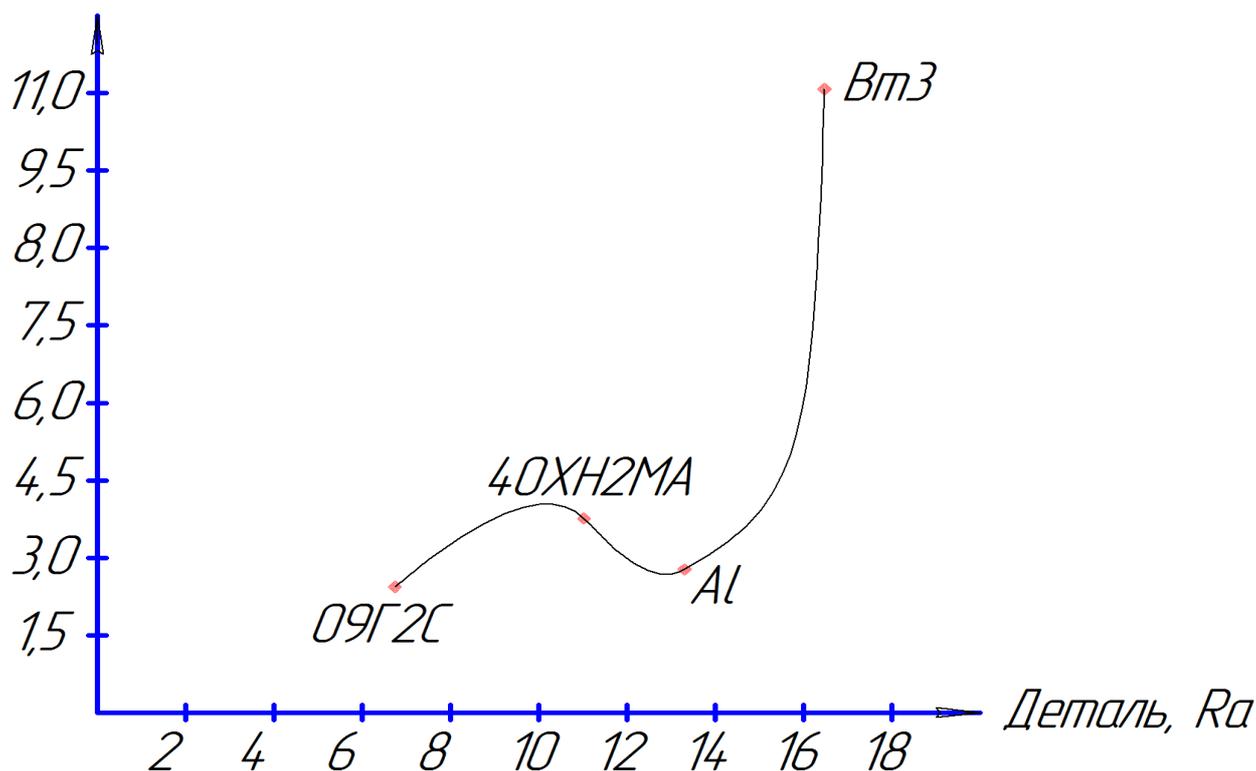


Рис. 4. Результаты обработки на максимальных режимах резания

На данном режиме обработки образец ВтЗ имеет самую грубую шероховатость поверхности как на электроде-инструменте, так и на электроде-детали.

Образец 09Г2С на максимальном режиме резания имеет низкую шероховатость поверхности как на электроде-инструменте, так и на электроде-детали, что объясняется высокой электропроводимостью, обусловленной химическим составом.

### **Выводы**

1. Показано, что на min режимах образец титан имеет самую грубую шероховатость как на электроде-инструменте, так и на электроде-детали. Образец 40ХН2МА имеет самую низкую шероховатость на электроде-детали. Образец 09Г2С имеет самую низкую шероховатость на электроде-инструменте. На max режимах образец титан также имеет самую грубую шероховатость на электроде-инструменте и электроде-детали. Образец 09Г2С имеет самую низкую шероховатость на электроде-инструменте и электроде-детали.
2. При обработке материалов, имеющих высокую теплопроводность, целесообразно выбирать минимальный режим обработки. Тепло равномерно распределяется по всему объему детали, не приводя к перегреву и появлению прожогов.
3. С увеличением теплопроводности образца увеличивается шероховатость поверхности. Высокая электропроводность образцов способствует лучшей обработке и получению низкой шероховатости поверхности.

4. Для уменьшения износа электрода-инструмента следует вести обработку на минимальных режимах резания, вне зависимости от материала электрода-детали.

### Список литературы

1. Абляз Т.Р., Ханов А.М., Хурматуллин О.Г. Современные подходы к технологии электроэрозионной обработки материалов. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 112 с.
2. Журин А.В. Методы расчета технологических параметров и электродов-инструментов при электроэрозионной обработке : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01. – Тула : ТГУ, 2005. - 132 с.; Naoteke Mohri, Yasushi Fukuzawa, Assisting Electrode Method for Machining Insulating Ceramics // Received 2 March 2009; accepted 30 May 2009. - P. 150-154.
3. Коваленко В.С. Нетрадиционные методы обработки материалов в Японии / Электронная обработка материалов. - 2000. - № 3. - С. 4-12.
4. Лазаренко Б.Р. Электрические способы обработки металлов и их применение в машиностроении. – М. : Машиностроение, 1978. - 40 с.
5. Сарилов М.Ю., Линев А.С. Электроэрозионная обработка алюминиевых и титановых сплавов (учебное пособие) // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. - № 5. – С. 67-68.

### Рецензенты:

Беленький В.Я., д.т.н., проф., декан МТФ ПНИПУ, г. Пермь.

Сиротенко Л.Д., д.т.н., профессор кафедры МТиКМ ПНИПУ, г. Пермь.