

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОПОРИСТЫХ ЯЧЕИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вершинина Т.А.<sup>1</sup>, Ханов А.М.<sup>1</sup>, Абляз Т.Р.<sup>1</sup>, Шлыков Е.С.<sup>1</sup>, Васильева А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, [lowrider11-13-11@mail.ru](mailto:lowrider11-13-11@mail.ru)

На сегодняшний день в полной мере не изучены научные основы процесса электроэрозионной обработки высокопористых ячеистых материалов, вопросы повышения производительности и точности получаемых размеров обрабатываемых деталей. В работе проведено экспериментальное исследование процесса электроэрозионной обработки высокопористого ячеистого материала. Целью работы является экспериментальное исследование влияния режимов электроэрозионной обработки и вида высокопористого ячеистого материала на точность получаемых размеров. Исследования проводились на проволочно-вырезном электроэрозионном станке EcoCut по методике классического эксперимента. Для проведения экспериментов используются шесть образцов высокопористого ячеистого материала на основе различных металлов, таких как медь, никель, нихром, хромаль. Построен график зависимости величины межэлектродного зазора и режимов резания. Для демонстрации технологического применения проведенных исследований проведена электроэрозионная обработка заготовки из высокопористого ячеистого материала с учетом данных о величине межэлектродного зазора. Полученные размеры детали соответствуют требуемым.

Ключевые слова: проволочно-вырезная электроэрозионная обработка, режимы резания, скорость, высокопористый ячеистый материал, нихром.

## EXPERIMENTAL STUDY OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING OF HIGHLY POROUS CELLULAR MATERIALS

Vershinina T.A.<sup>1</sup>, Khanov A.M.<sup>1</sup>, Ablyaz T.R.<sup>1</sup>, Shykov E.S.<sup>1</sup>, Vasilyeva A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Perm national research polytechnic university, Perm, , [lowrider11-13-11@mail.ru](mailto:lowrider11-13-11@mail.ru)

To date, not fully explored the scientific basis of the process of electrical discharge machining of highly cellular materials, the enhanced performance and accuracy of the size of the workpiece. In this paper, an experimental study of the process of electrical discharge machining of highly porous cellular material. The aim of the work is an experimental study on the effect of electrical discharge machining process and the type of highly porous cellular material on the accuracy of the size of the study conducted on Wire cut EDM machine EcoCut by the method of the classic experiment. For experiments using six samples of highly porous cellular material based on various metals such as copper, nickel, nichrome, hromal. Plotted the interelectrode gap and cutting conditions. To demonstrate the technological applications of the research carried out electro-discharge machining of the workpiece highly porous cellular material, taking into account data on the value of the interelectrode gap. The resulting detail sizes as desired.

Keywords: wire electrical discharge machining, cutting conditions, speed, highly porous cellular material, nichrome.

При производстве вибростойких элементов конструкций, деталей, используемых при фильтрации жидких и газовых сред, применяются высокопористые ячеистые материалы (ВПЯМ). Такие материалы обладают уникальным сочетанием физических и механических свойств, таких как высокая жесткость в сочетании с очень малым удельным весом и высокая газопроницаемость в сочетании с высокой теплопроводностью (рис.1) [3,6].



Рис.1. Применение ВПЯМ - каталитические блоки

Стремительные темпы развития областей применения ВПЯМ предполагают усложнение геометрических форм деталей, изготовленных из данного материала. Изготовление большинства деталей из ВПЯМ подразумевает получение готовых деталей заданной формы, без применения формообразования путем механообработки. Это значительно увеличивает стоимость получения деталей из высокопористых ячеистых материалов, а так же сужает номенклатуру возможных деталей. Применение технологий обработки ВПЯМ на лезвийных металлообрабатывающих станках является невозможной. При обработке лезвийным инструментом ВПЯМ на основе мягких металлов, например, алюминия, происходит замятие материала. При обработке ВПЯМ на основе твердых металлов, таких как хром, значительно снижается износостойчивость инструмента.

Адекватным решением данной проблемы является применение электрофизических методов размерной обработки материалов. Одним из таких методов является электроэрозионная обработка (ЭЭО). В настоящее время метод ЭЭО является одним из самых распространенных методов обработки современных материалов [4], в том числе ВПЯМ, и положен в основу большинства технологических процессов, как в серийном, так и в массовом производстве [1].

Проведенный анализ работ показал, что в настоящее время отсутствуют данные о процессе электроэрозионной обработки высокопористых ячеистых материалов [5].

Целью работы является экспериментальное исследование влияния режимов ЭЭО и вида ВПЯМ на точность получаемых размеров.

#### **Материалы и методы исследования**

Экспериментальное исследование проводилось по методу классического эксперимента.

Из анализа литературных данных[1,2] установлено, что основными параметрами, влияющими на обеспечение точности размеров при ЭЭО высокопористых ячеистых материалов, являются физико-механические свойства и пористая структура обрабатываемого материала, геометрические параметры заготовки и режимы резания. В качестве параметров

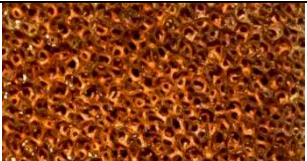
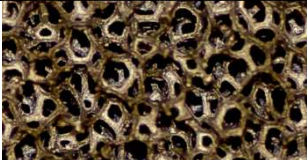
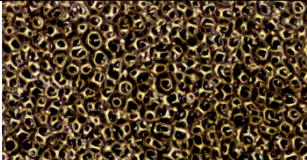
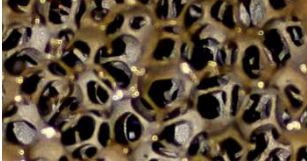

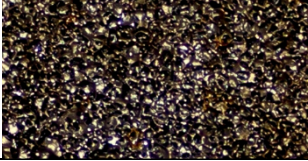
для варьирования в эксперименте выбраны значение времени включения  $T_{on}$  и выключения  $T_{off}$  импульсов и обрабатываемый материал.

Произведено экспериментальное исследование влияния режимов резания (табл.2) и вида материала на точность получаемых размеров образцов из ВПЯМ, путем вырезания одинаковых квадратов, размером 20x20 мм. Границы варьирования режимами были получены методом пробных резов. Выбранные режимы резания обеспечивают стабильную обработку перечисленных материалов. Под стабильностью ЭЭО ВПЯМ подразумевается непрерывная обработка заготовки, без остановов станка по причине «потери искры».

Для проведения экспериментов использовались ВПЯМ на основе различных металлов, таких как медь, никель, нихром, хромаль (табл.1.)

Таблица 1

Характеристики используемых образцов

№	Материал образца	Пористость, пор/см <sup>2</sup>	Высота заготовки, мм	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м	
1	Медь		30	13	0,01724-0,0180
2	Никель		15	9	0,0684
3	Никель		30	10	0,0684
4	Нихром		15	18	1,05...1,3
5	Хромаль		20	15	1,3...1,5
6	Хромаль		30	7	1,3...1,5

В качестве экспериментального оборудования выбран проволочно-вырезной электроэрозионный станок EcoCut.

В качестве электрода инструмента выбрана латунная проволока VercoCut диаметром 0,25 мм. В качестве рабочей жидкости используется, дистиллированная вода.

Для повышения точности проведения экспериментов, каждый опыт повторялся три раза.

В качестве измерительного оборудования использовались микрометр МС 300-137 для измерения деталей размером от 0 до 25 мм, с погрешностью измерений  $\pm 0,01$  мм.

Во время проведения эксперимента с датчиков станка были сняты физические характеристики резания такие как: U-напряжение, В; I-сила тока, А; V-скорость резания, мм/мин (табл.2).

Таблица 2

Экспериментально полученные физические характеристики резания.

№	Материал заготовки	$T_{on}=10, T_{off}=0,1, T_{off1}=1$ (min)			$T_{on}=21, T_{off}=60, T_{off1}=6$ (med)			$T_{on}=30, T_{off}=51,$ $T_{off1}=6$ (max)		
		$I_1, (A)$	$V_1, (B)$	$v_1, (мм/мин)$	$I_2, (A)$	$V_2, (B)$	$v_2, (мм/мин)$	$I_3, (A)$	$V_3, (B)$	$v_3, (мм/мин)$
1	Медь	1	80	21,5	1	75	22,5	1	90	17,5
2	Никель (кр)	1	80	10	1	60	15	1	90	23,5
3	Никель (мел)	1	80	23	1	75	23,5	1	100	24
4	Нихром	1	50	6,5	1,3	55	11,5	1,7	75	16,5
5	Хромаль (кр)	1,3	50	7	1,5	50	13,5	3,3	50	15
6	Хромаль (мел)	1	50	7	2	60	15	1,7	60	23

После обработки резанием были произведены замеры линейных размеров полученных образцов (табл.3).

Полученные размеры обрабатываемых образцов

№	Материал заготовки	Линейный размер b, мм		
		$T_{on}=10, T_{off}=0,1,$ $T_{off1}=1$ (min)	$T_{on}=21, T_{off}=60,$ $T_{off1}=6$ (med)	$T_{on}=30, T_{off}=51,$ $T_{off1}=6$ (max)
1	Медь	19,66	19,70	19,62
2	Никель (кр)	19,73	19,76	19,69
3	Никель (мел)	19,67	19,71	19,65
4	Нихром	19,69	19,73	19,63
5	Хромаль (кр)	19,78	19,81	19,73
6	Хромаль (мел)	19,75	19,80	19,71

При обработке заготовок из меди и никеля наблюдались скачки напряжения (табл.2).

### Результаты исследования и их обсуждение

Межэлектродный зазор  $S$ (мм) представляет разность между номинальным значением линейного размера образца и размером, полученным после обработки (табл.3). По данным табл.3 построен график зависимости величины межэлектродного зазора  $S$  от режимов резания (рис.2).

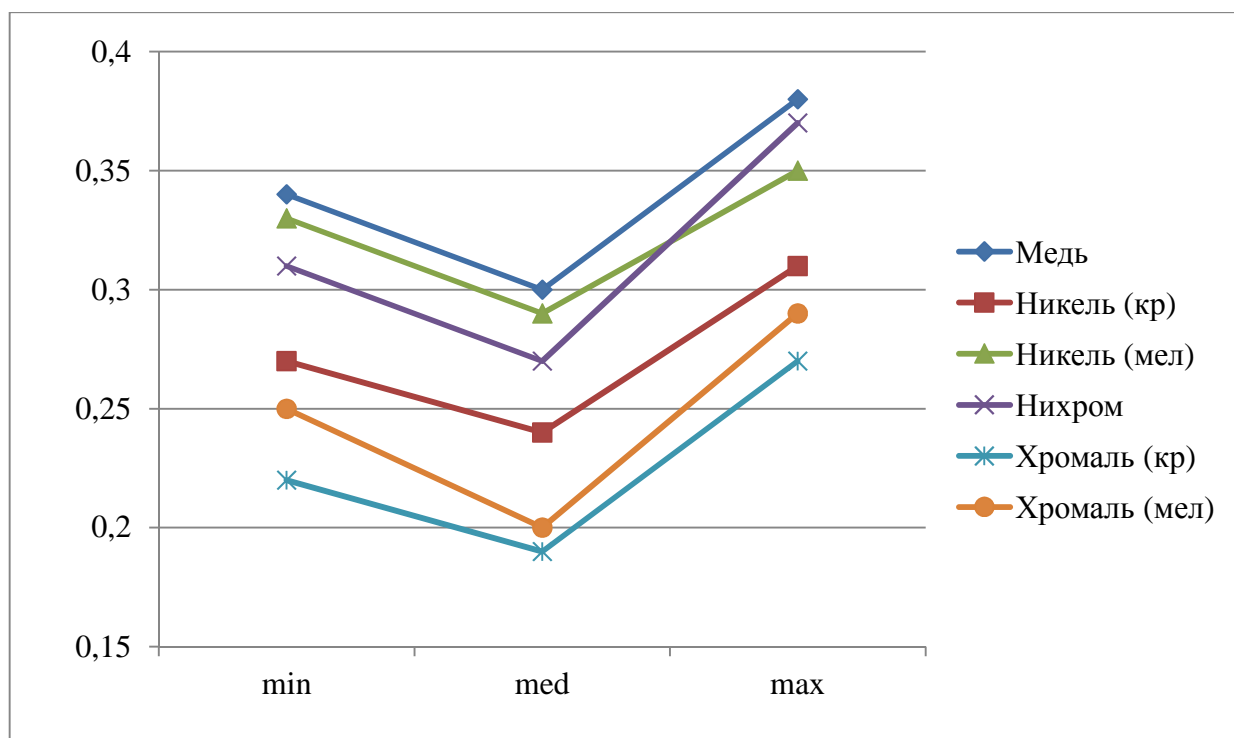


Рис.2. График зависимости величины межэлектродного зазора  $S$  от режимов резания

График показывает, что при использовании средних режимов резания (med) межэлектродный зазор минимален и размеры обработанных образцов наиболее близки к номинальным.

Из табл.3 видно, что при режимах обработки max и min задается максимальное время включения импульса  $T_{on}$ , следовательно, величина межэлектродного зазора больше, чем при режиме обработки med. Использование режима обработки med позволяет повысить точность обработки материала при ЭЭО ВПЯМ.

Для демонстрации технологического применения проведенных исследований проведена электроэрозионная обработка заготовки из ВПЯМ с учетом данных о величине межэлектродного зазора.

Эскиз обрабатываемой детали приведен на рис.3а. Выбранная геометрия детали показывает преимущества электроэрозионной обработки перед лезвийными методами обработки деталей подобного профиля.

Обработка выполнялась на оборудовании используемом в данной работе (режимы резания med (табл.3)). Величина коррекции траектории инструмента определяется с использованием данных из табл.3 и равняется 0,13 мм.

Полученные размеры детали приведены на рис.3б.

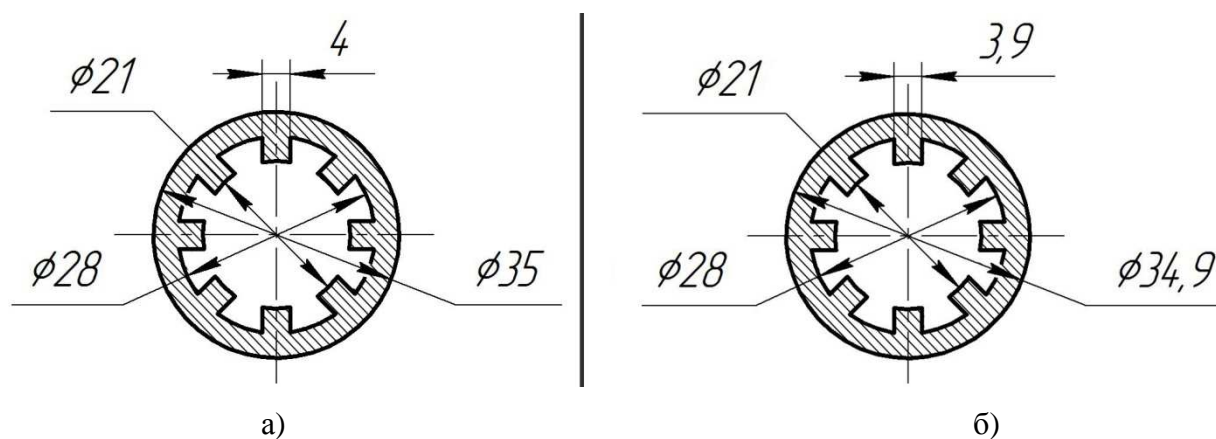


Рис.3. Конфигурация и размер заготовок:  
номинальный размер(а);б) полученный размер

Проведенная экспериментальная обработка доказывает возможность применения разработанной модели расчета величины коррекции траектории инструмента при электроэрозионной обработке ВПЯМ. Полученные размеры соответствуют 9 качеству, что соответствует требованиям на изготовление данной детали.

## **Выводы**

В работе решена задача определения межэлектродного зазора после электроэрозионной обработки высокопористых ячеистых материалов, позволяющая подобрать режимы обработки, обеспечивающие заданные показатели точности деталей из высокопористых ячеистых материалов.

Продемонстрировано практическое применение полученных результатов, путем обработки детали из ВПЯМ на основе никеля на проволочно-вырезном электроэрозионном оборудовании. Полученные размеры детали соответствуют требуемым.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по государственному заданию (проектная часть) № 9.1570.2014/К.

## **Список литературы**

1. Абляз Т.Р., Вершинина Т.А., Флегентов В.К. Разработка технологии электроэрозионной обработки высокопористых ячеистых материалов // Master'sJournal. – 2012. - № 2 - С. 5-9.;
2. Абляз Т.Р. Современные подходы к технологии электроэрозионной обработки материалов: учеб.пособие /Абляз Т.Р., Ханов А.М., Хурматуллин О.Г. –Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. –121 с.;
3. Анциферов В. Н. Модели и свойства высокопористых ячеистых материалов / Анциферов В. Н., Макаров А. А., Ханов А. М., Башкирцев Г. В.// Перспективные материалы. 2010. №3, с. 5-9.;
4. Коваленко В.С. Нетрадиционные методы обработки материалов в Японии / Электронная обработка материалов. 2000. №3. С. 4-12.;
5. Лазаренко Б.Р. Электрические способы обработки металлов, и их применение в машиностроении./ Б.Р. Лазаренко – М.: Машиностроение. 1978, - 40 с.;
6. Banhart John. Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams // Progress in Materials Science. 2001. -№ 46 – P. 559–632.

## **Рецензенты:**

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

Сиротенко Л.Д., д.т.н., проф., ПНИПУ, г. Пермь.