

МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.81.004.17

В.А. Валетов, В.В. Медунецкий

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРЕСС-ФОРМ НА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОМ ОБОРУДОВАНИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБОРОВ

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

В данной статье приводятся результаты экспериментов, которые показывают целесообразность использования непараметрического подхода в качестве критериев оценки шероховатости функциональных поверхностей конструктивных элементов приборов, в том числе и конструктивных деталей микроэлектромеханических систем (МЭМС), изготавливаемых в процессе электроэрозионной обработки на станке Form 20 фирмы Agie Charmilles. Обоснована целесообразность применения электроэрозионного оборудования для упрощения технологии изготовления функциональных поверхностей заданного уровня качества. Выявлено влияние шероховатости поверхности электрода-инструмента на длительность электроэрозионного процесса и характер микрогеометрии получаемых поверхностей деталей.

Ключевые слова: шероховатость поверхности, электроэрозионные процессы и оборудование, непараметрические критерии оценки шероховатости поверхности.

В настоящее время во многих областях техники наблюдается тенденция к повышению показателей качества приборов и систем за счёт использования полимерных композиционных материалов. При этом нередко задаются достаточно сложные геометрические формы миниатюрных деталей, что приводит к необходимости использования пресс-форм (формообразующих матриц) для изготовления таких сложнопрофильных деталей. В таком случае необходимо решать комплекс задач по разработке и изготовлению формообразующей оснастки с необходимыми характеристиками их функциональных поверхностей. Поэтому для решения таких задач сейчас активно применяется электроэрозионное оборудование, которое позволяет не только обеспечить геометрическую точность формообразующей матрицы для будущего изделия, но и обеспечить надлежащее качество его поверхности по всей площади. Следует также отметить, что на современных электроэрозионных станках изготавливают как формообразующие матрицы для конструктивных элементов приборов, так и непосредственно собственно конструктивные элементы из металлов и их сплавов для приборов и МЭМС.

Особенности применения электроэрозионного оборудования

Из электроэрозионного оборудования, которое сейчас используется отечественными производителями, следует выделить, прежде всего, электроэрозионные прошивные станки, так как они реализуют практически все методы электроэрозионной обработки, такие как электроэрозионная прошивка, резка и полирование. Основной практической задачей при реализации метода электроэрозионной прошивки является расчёт, проектирование и изготовление электрода-инструмента. Под расчётом понимается определение эквидистантного «за-

нижения» электрода-инструмента относительно геометрии требуемой формы заготовки. В данном случае под «занижением» следует понимать разницу между геометрическими параметрами инструмента и требуемой геометрической формы заготовки. Данное «занижение» состоит из припуска на обработку, шероховатости требуемой поверхности и межэлектродного зазора (рис. 1).

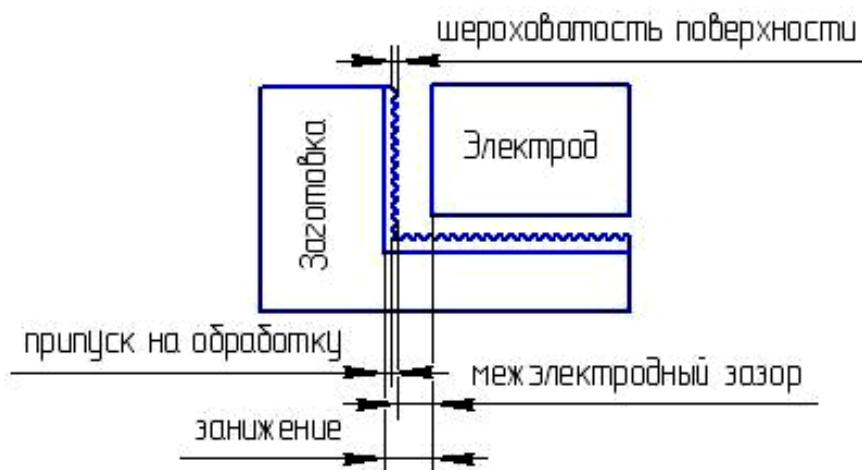


Рис. 1. Занижение электрода-инструмента

Следует отметить, что преимущество данного оборудования заключается в том, что на нём можно получить геометрическую форму практически любой сложности с заданным качеством поверхности. При обработке сложной по форме поверхности зачастую используются несколько электродов. Сложная геометрическая форма разбивается на более простые поверхности, для обработки которых изготавливаются отдельные электроды, что приводит к увеличению производительности, точности и повышению качества поверхности. В некоторых случаях данный метод обработки является единственно возможным.

Как известно, одним из важнейших преимуществ электроэрозионного способа изготовления функциональных поверхностей пресс-форм является равномерная микрогеометрия их поверхности. В настоящее время основным критерием оценки качества поверхности является параметр Ra , а в зарубежной технике используется аналог – параметр VDI. Однако достаточно давно известно, что существует так называемый непараметрический подход к оценке качества поверхности [1]. В этом направлении и сейчас ведутся исследования. Можно привести работы [2], [3] и [4], где обоснована целесообразность использования непараметрического подхода к решению задач оптимизации характеристик поверхностного слоя деталей для различных функциональных свойств поверхностей. В этих работах предложено в качестве критериев оценки шероховатости поверхности использовать графическое изображение плотностей распределения ординат и тангенсов углов наклона профиля.

Экспериментальные исследования на электроэрозионном оборудовании

В теории и практике выявлено, что использование параметрического подхода к оценке шероховатости поверхностей не даёт полной и объективной картины о микрогеометрии исследуемого профиля, поэтому для обоснования преимущества непараметрического подхода в оценке шероховатости изготавливаемой поверхности был проведен ряд экспериментов на электроэрозионном оборудовании.

На электроэрозионном прошивном станке Form 20 фирмы Agie Charmilles [5] было изготовлено пять опытных образцов с одинаковой шероховатостью поверхности $Ra 1,6$. Образцы представляют собой пластины из стали ХВГ (ГОСТ 2591-88 (СТ СБ 3899-82)), обрабатываемая поверхность размером 10x10 мм с требуемой глубиной обработки в 0,05 мм в режиме

полирования. Конкретные режимы обработки исследуемых поверхностей изделий (технологические таблицы режимов обработки) рассчитаны с использованием программного продукта швейцарской фирмы Agie Charmilles. При расчете режимов была задана требуемая величина Ra 1,6 обрабатываемой поверхности. Рассчитаны геометрические параметры (включая «занижение») и изготовлен электрод-инструмент, который выполнен из бескислородной меди (ГОСТ 10988-75) с рабочей поверхностью 9,8x9,8мм. В табл. 1 приводятся основные параметры электроэрозионной обработки в данном эксперименте.

Таблица 1

Основные параметры электроэрозионной обработки для получения поверхности с шероховатостью Ra 1,6

Параметр обработки	Значение
Пиковый ток I, А	3,6
Длительность импульса T, мкс	31,6
Длительность паузы P, мкс	23,7
Напряжение U, В	180
Фронтальная площадь F_p , см ²	0,01
Износ, %	1,7
Качество поверхности по стандарту VDI 3400	24
Занижение размеров M, мм	0,077

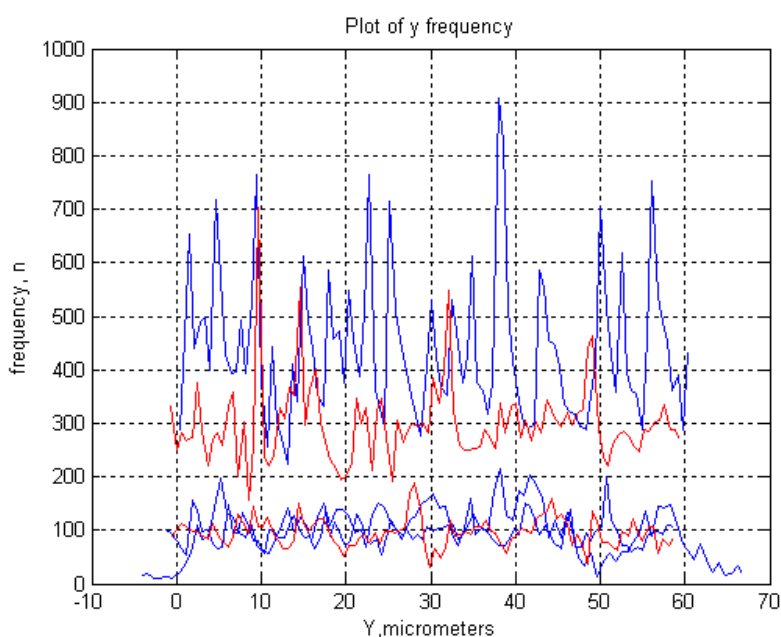


Рис. 2. Плотности распределения ординат профилей для 5 поверхностей с параметром Ra 1,6

Измерение профилей поверхностей полученных образцов производилось на профилографе NommelTester. Были получены порядка 5000 высотных значений шероховатости для каждого изменяемого профиля. Обработка численных значений микронеровностей произведена в среде MATLAB.С использованием преобразования Фурье профили отфильтрованы и получены плотности распределения ординат и тангенсов углов наклона профилей. Далее построены графические изображения исследуемых профилей. На рис. 2 приводятся плотности распределения ординат профилей для пяти поверхностей с параметром Ra 1,6. На рис. 3 приведены плотности распределения тангенсов углов наклона профилей также для 5 поверхностей с параметром Ra 1,6.

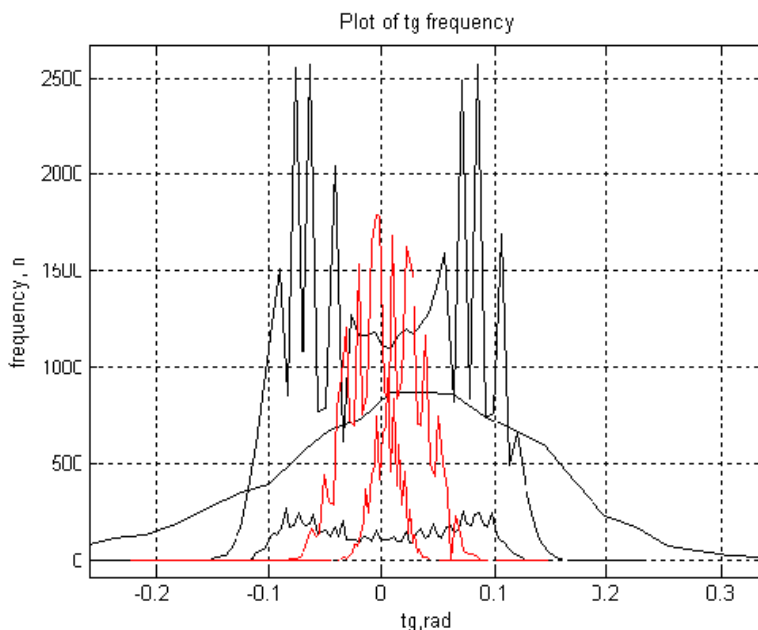


Рис. 3. Плотности распределения тангенсов углов наклона профилей для 5 поверхностей с параметром Ra 1,6

В результате выявлено, что при одинаковом параметре Ra 1,6 плотности распределения существенно отличаются от образца к образцу. Это доказывает, что параметр Ra не может служить полностью объективной оценкой шероховатости поверхности, в частности, получаемой при электроэрозионной обработке.

Также были изготовлены и исследованы 20 опытных образцов с различными значениями параметра Ra от 0,1 до 4,3. Для каждого образца построены плотности распределения ординат и тангенсов углов наклона профилей. При этом обнаружилось расхождение (несоответствие) расчётных (программных, ожидаемых) параметров Ra с их измеренными значениями на указанном профилографе.

Таблица 2

Основные параметры электроэрозионной обработки для получения полированной поверхности (Ra 0,1) площадью 1 см²

Параметр обработки	Значение
Пиковый ток I, А	1,8
Длительность импульса T, мкс	1,18
Длительность паузы P, мкс	1,18
Напряжение U, В	100
Фронтальная площадь F _p , см ²	0,01
Износ, %	25
Качество поверхности по стандарту VDI 3400	0
Занижение размеров M, мм	0,022

В процессе проведения указанных экспериментов была выдвинута гипотеза о влиянии микрогеометрии поверхности электрода-инструмента на процесс электроэрозионной обработки. Поэтому суть последующего эксперимента заключалась в том, чтобы доказать влияние микрогеометрии поверхности на различные аспекты электроэрозионной обработки. Исходя из этого, были рассчитаны и изготовлены два электрода с различной шероховатостью рабочей поверхности, у первого электрода параметр составлял Ra 0,4, у второго – Ra 2,7. Все остальные параметры электродов одинаковы. Данными электродами были отполированы одинаковые поверхности размером 10x10мм на плите изготовленной из стали ХВГ на одном и том же режиме обработки (табл. 2).

В результате этого эксперимента получены две эквивалентные поверхности с параметром Ra 0,1, но, при этом, вторая поверхность (обрабатываемая электродом с шероховатостью Ra 2,7) была получена при равных прочих условиях на 40 минут быстрее, чем первая поверхность (при продолжительности электроэрозионного процесса в 150 минут в первом варианте). Учитывая тот факт, что основным недостатком электроэрозионной обработки является низкая производительность, данный эксперимент выявил возможность уменьшения времени обработки поверхностей за счет оптимизации шероховатости поверхности электрода-инструмента. Также выявлено, что износ электрода-инструмента зависит от его начальной шероховатости поверхности. Основываясь на этих фактах, следует ввести понятие инструментальной шероховатости поверхности, с помощью которой возможно влиять на параметры электроэрозионного процесса обработки поверхностей деталей, в частности, функциональных поверхностей пресс-форм.

Выводы

Проведённые эксперименты на электроэрозионном станке Form 20 фирмы Agie Charmilles подтвердили целесообразность использования в практике непараметрического подхода к оценке микрогеометрии поверхностей деталей, получаемых (формируемых) в процессе электроэрозионной обработки. Также выявлено несоответствие расчётных (программных) параметров Ra изготавливаемых поверхностей с их измеренными значениями. Подтверждена гипотеза о влиянии шероховатости поверхности электрода-инструмента на длительность электроэрозионной обработки, что выявляет возможность оптимизации электроэрозионного процесса, в частности, реализуемом на станке Form 20 фирмы Agie Charmilles.

Библиографический список

1. Валетов, В.А. Возможные критерии оценки шероховатости обработанных поверхностей // Труды ЛКИ. 1976. Вып. 108. С. 135–140.
2. Валетов, В.А. Непараметрический подход к оценке качества изделий / В.А. Валетов, А.Ю. Иванов // Металлообработка. 2010. № 6. С. 55–59.
3. Валетов, В.А. Микрогеометрия поверхностей деталей и их функциональные свойства / В.А. Валетов, А.Ю. Иванов // Приборостроение. 2010. № 8. С. 7–12.
4. Третьяков, С.Д. О проблемах оптимизации микрогеометрии поверхностного слоя деталей приборов / С.Д. Третьяков, О.С. Юльметова // Приборостроение. 2010. № 8. С. 12–15.
5. Руководство по эксплуатации электроэрозионного станка Form 20. Charmilles Technologies SA / Beijing Agie Charmilles Industrial Electronics Co., Ltd /2007.

Дата поступления
в редакцию 26.10.2012

V.A.Valetov, V.V. Medunetskiy

SPECIAL FEATURES OF FORMING FUNCTIONAL SURFACES OF MOLDS USING ELECTRIC DISCHARGE EQUIPMENT FOR DEVICES CONSTRUCTIONAL ELEMENTS MANUFACTURING

St. Petersburg National Research University Information Technologies, Mechanics and Optics

In the following article the results of experiments are given, which show expediency of using non-parametrical approach as criterias for evaluation roughness of functional surfaces of devices constructional elements, including constructional elements of Micro-Electromechanical Systems (MEMS), manufacturing during electric discharge processing using Form 20 machine-tool made by Agie Charmilles. Expediency of using electric discharge equipment for simplification of technology for manufacturing functional surfaces with specified quality was proven. Influence of surfaces roughness of tool-electrode on duration of electric discharge processing and features of receiving microgeometry of details surfaces was found.

Key words: surfaces roughness, electric discharge processes and equipment, non-parametrical criterias for surfaces roughness evaluation.