

УДК 621.81.004.17

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ НА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОМ ОБОРУДОВАНИИ

В.А. Валетов, В.В. Медунецкий

Обоснована целесообразность применения электроэрозионного оборудования для упрощения технологии изготовления поверхностей, обеспечения высокой производительности и заданного качества поверхности. Приведены результаты экспериментов, показывающих несостоятельность параметрического подхода к оценке шероховатости поверхностей, полученных на электроэрозионном оборудовании. Установлено влияние шероховатости поверхности электрода-инструмента на время электроэрозионной обработки.

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

Введение

Современные предприятия, в том числе и приборостроительного профиля, ориентированные на серийный выпуск своей продукции, неизбежно сталкиваются с проблемой изготовления формообразующей оснастки. В условиях рыночной конкуренции преимущество получает прибор, обладающий лучшей эргономикой и дизайном при прочих равных технических параметрах, что нередко приводит к значительному усложнению геометрии формы, а также к высоким требованиям к микрогеометрии поверхности. В этой связи получает распространение электроэрозионное оборудование, на котором изготавливается формообразующая оснастка (матрицы, пуансоны, штампы). Методы электроэрозионной обработки известны достаточно давно [1]. Одной из основных характеристик электроэрозионного процесса является шероховатость обработанных поверхностей, которой в научной литературе не уделяется должного внимания. В качестве основного критерия оценки шероховатости поверхности выступает параметр Ra , однако в 80-е г.г. XX в. один из авторов настоящей работы доказал несостоятельность параметрического подхода и предложил новый, так называемый непараметрический подход [2]. Ниже предлагается рассмотреть подходы оценки шероховатости поверхности деталей при электроэрозионной обработке с использованием прошивных станков.

Физические основы электроэрозионного процесса

Возможность проведения электроэрозионной обработки в нормальных условиях обусловлена минимальной электропроводностью материалов – заготовки и инструмента. Удаление материала производится в рабочей жидкости с помощью разделенных друг от друга во времени и в пространстве электрических разрядов между электродом и заготовкой. Удаление материала становится возможным тогда, когда оба электрода приближаются друг к другу на расстояние, при котором происходит искровой разряд. При этом электрическая энергия преобразуется в тепловую. В канале разряда под действием высоких

температур из рабочей жидкости образуется газовый пузырь. В результате охлаждения канал разряда теряет свою электропроводность. Газовый пузырь испаряется, а рабочая жидкость удаляет частицы шлама из зоны разряда.

Известно [3], что в качестве основного параметра, оказывающего влияние на вышеуказанные процессы, является энергия разряда – количество энергии, переданное в межэлектродный зазор во время разряда. Она, в свою очередь, обуславливает объем расплавленного материала и создаваемую структуру поверхности. Энергией разряда можно управлять изменением силы тока разряда и продолжительности разряда. Напряжение разряда задает его энергию и, как правило, зависит от вида материала.

Особенности применения электроэрозионного оборудования

Основным преимуществом электроэрозионной обработки перед традиционной обработкой резанием является отсутствие таких факторов, как тепловые и силовые упругие деформации, что значительно расширяет область ее применения. Для электроэрозионной обработки не имеет значения твердость материала, что позволяет обрабатывать сверхтвердые материалы, а это приводит во многих случаях к более высокой экономической эффективности метода.

Применяются два типа станков: электроэрозионные профильно-вырезные станки и электроэрозионные прошивные станки. В профильно-вырезных станках электродом-инструментом является проволока. Подобное оборудование позволяет вырезать контур практически любой сложности с прямолинейными образующими. Данный метод также применяется при обработке заготовок высокой твердости с целью избежать дальнейшей обработки полученных поверхностей.

Принцип работы электроэрозионных прошивных станков заключается в том, что форма получаемой поверхности отображается в электроде-инструменте, который изготавливается индивидуально под конкретную задачу. На таком оборудовании можно получить форму практически любой сложности с заданным качеством поверхности. При обработке сложной формы зачастую используются несколько электродов. При этом сложная форма разбивается на более простые поверхности, для обработки которых изготавливаются свои электроды. Это приводит к увеличению производительности, точности и повышению качества поверхности. В ряде случаев такой метод обработки является единственно возможным.

Основным этапом технологической подготовки является расчет, проектирование и изготовление электрода-инструмента – определение эквидистантного «занижения» электрода-инструмента относительно геометрии требуемой формы заготовки. Под «занижением» понимают расстояние между поверхностью инструмента и обрабатываемой поверхностью. «Занижение» состоит из припуска на обработку, шероховатости требуемой поверхности и межэлектродного зазора (рис. 1).

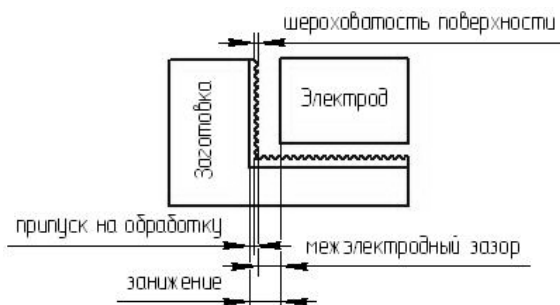


Рис. 1. «Занижение» электрода-инструмента

Покажем преимущество электроэрозионной обработки перед традиционной обработкой резанием на примере следующей задачи.

Пусть необходимо изготовить отверстие в заготовке диаметром 2 мм с допуском 1 мкм глубиной 50 мм в материале с высокой твердостью (60 HRC) и при этом обеспечить шероховатость поверхности $Ra 1,6$. Одним из способов изготовления является традиционное сверление с последующей разверткой отверстия чугуном притиром до требуемой шероховатости поверхности. Однако, исходя из соотношения диаметра и глубины обработки, равного 25, потребуется применение индивидуального инструмента. При этом возникают проблемы минимизации радиального биения сверла, обеспечения вывода стружки, подвода охлаждающей жидкости к режущим кромкам для уменьшения термических деформаций инструмента и заготовки. Также следует учитывать радиальное биение шпинделя применяемого оборудования.

Таким образом, решение указанной задачи традиционным способом является очень трудоемким, долгим и дорогим. Большое количество технологических операций, выполняемых при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки (установ), приводит к значительной погрешности базирования, что непосредственно сказывается на точности диаметра отверстия.

Подобное отверстие можно получить более простым и дешевым способом – методом электроэрозионной прошивки. Технология электроэрозионной прошивки состоит из следующих этапов:

1. расчет и изготовление электрода-инструмента;
2. подбор режимов обработки;
3. изготовление отверстия.

Практика показывает, что третий этап является самым длительным и определяет производительность электроэрозионной обработки. Требуемое отверстие с заданным качеством получается за один станок, что позволяет повысить производительность и уменьшить стоимость обработки.

Экспериментальные исследования поверхностей деталей, полученных на электроэрозионном оборудовании

Как отмечалось выше, при электроэрозионной прошивке необходимо обеспечить получение сложной геометрической формы при требуемой шероховатости поверхности. При этом шероховатость поверхности является основным параметром при расчете режимов обработки. В настоящее время принятым критерием оценки качества поверхности является параметр Ra (зарубежный аналог – параметр VDI). В работах [2, 4] было доказано, что использование параметрического подхода [5, 6] не дает объективной картины о микрогеометрии исследуемого профиля. Предложено в качестве критериев оценки шероховатости поверхности использовать графическое изображение плотностей ординат и тангенсов углов наклона профиля [4]. Данный подход к оценке качества поверхности назван непараметрическим.

Для доказательства несостоятельности параметрического подхода к оценке шероховатости получаемой поверхности в процессе электроэрозионной обработки был проведен ряд экспериментов. На электроэрозионном прошивном станке Form 20 фирмы Agie Charmilles было изготовлено пять опытных образцов с одинаковой шероховатостью поверхности Ra 1,6. Режимы обработки исследуемых поверхностей изделий (технологические таблицы режимов обработки) рассчитаны с использованием программного продукта швейцарской фирмы Agie Charmilles. При расчете режимов задана требуемая величина Ra . Рассчитаны геометрические параметры («занижение») и изготовлен электрод-инструмент.

Измерение профилей поверхностей полученных образцов производилось на профилографе Hommel Tester. Обработка численных значений микронеровностей произведена в среде MATLAB. Построены графические изображения исследуемых профилей. С использованием преобразования Фурье получены плотности распределения ординат и тангенсов углов наклона профилей (рис. 2). На приведенных рисунках представлены плотности распределения ординат (рис. 2, а) и тангенсов углов наклона профилей (рис. 2, б) для пяти поверхностей с одинаковым параметром Ra 1,6. Видно, что при одинаковом параметре Ra 1,6 плотности распределения существенно отличаются от образца к образцу. Это доказывает, что параметр Ra не может служить оценкой шероховатости при электроэрозионной обработке.

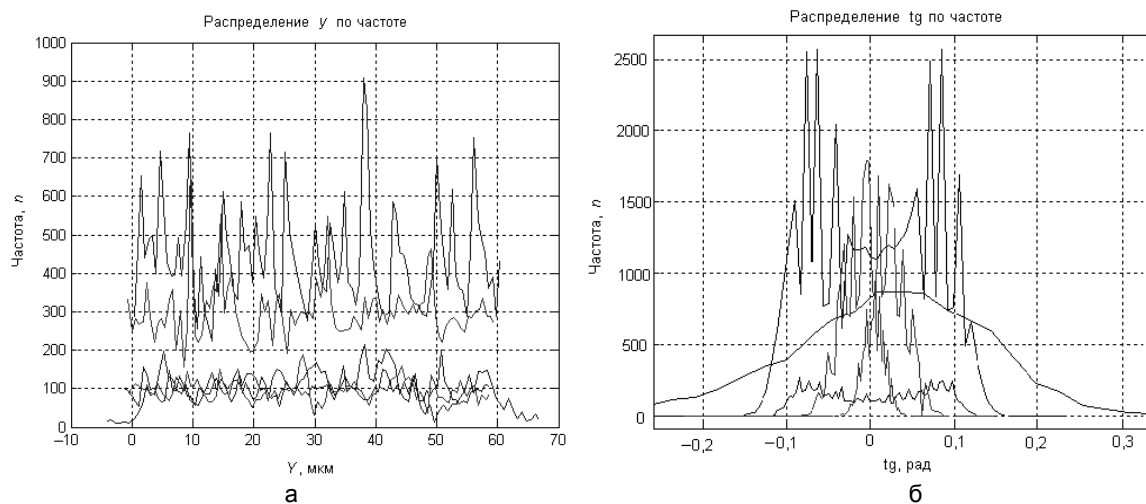


Рис. 2. Плотности распределения профилей для пяти поверхностей с параметром Ra 1,6: ординаты (а); тангенсы углов наклона (б)

Для подтверждения полученного результата 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. Выявлено несоответствие расчетных параметров Ra с измеренными значениями (рис. 3).

Поставлена задача выявить влияние шероховатости электрода-инструмента на длительность процесса электроэрозионной обработки. Рассчитаны и изготовлены два электрода-инструмента с различной шероховатостью поверхности: 0,4 и 2,7. Данными электродами требовалось получить на одной и той же заготовке поверхности с шероховатостью Ra 0,1. Поскольку все параметры электроэрозионной обработки, кроме

исходной шероховатости рабочей части электрода-инструмента, одинаковы, то на основании технологических таблиц режимы обработки были также одинаковы. Эксперимент показал, что поверхность, обработанная электродом с шероховатостью $Ra\ 2,7$, была получена при равных условиях в 1,36 быстрее, чем поверхность, обработанная инструментом с шероховатостью $Ra\ 0,1$. Учитывая то, что общим недостатком электроэрозионной обработки является сравнительно низкая производительность, эксперимент показал возможность ее увеличения (уменьшения времени обработки поверхности) за счет подбора оптимальной исходной шероховатости поверхности электрода. В ходе исследования также выявлено, что износ электрода-инструмента зависит от начальной шероховатости его поверхности. Основываясь на установленных фактах, авторами работы предлагается ввести понятие инструментальной шероховатости (шероховатости поверхности электрода-инструмента), влияющей на характеристики электроэрозионного процесса. При решении задач сложного формообразования на производстве данный критерий производительности выходит на первый план, поскольку от него напрямую зависит себестоимость готового изделия.

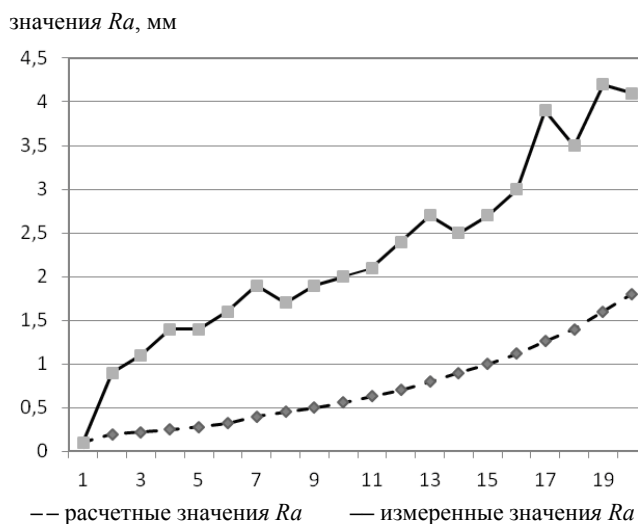


Рис. 3. Расчетные и измеренные значения Ra образцов

Заключение

В результате проведенных экспериментов на электроэрозионном оборудовании (прошивной станок Form 20) показана несостоятельность параметрического подхода к оценке шероховатости получаемых поверхностей. Установлено влияние шероховатости поверхности электрода-инструмента на время электроэрозионной обработки, а, следовательно, и на производительность процесса.

Литература

1. Артамонов Б.А., Волков Ю.С., Дрожалова В.И. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов: Учебное пособие в 2-х томах. — М.: Высшая школа, 1983. — Т. 1. — 215 с.
2. Валетов В.А. Возможные критерии оценки шероховатости обработанных поверхностей // Труды ЛКИ. — 1976. — Вып. 108. — С. 135–140.
3. Руководство по эксплуатации электроэрозионного станка Form 20. Charmilles Technologies SA / Beijing Agie Charmilles Industrial Electronics Co., Ltd /2007.
4. Валетов В.А., Иванов А.Ю. Непараметрический подход к оценке качества изделий // Металлообработка. — 2010. — № 6. — С. 55–59.
5. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. — Введ. 01.01.1975. — М.: Госстандарт СССР. — 7 с.
6. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения. — Введ. 01.01.1983. — М.: Госстандарт СССР. — 22 с.

Валетов Вячеслав Алексеевич

— Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, доктор технических наук, профессор, valetov.v@mail.ru

Медунецкий Виталий Викторович

— Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, medunezkij@yandex.ru