

производительность процесса обработки. Повышение скорости круга с 30-35 м/с до 70 м/с обеспечивает уменьшение основного времени на обработку партии заготовок в среднем в 3-3,5 раза. Если принять, что составляющие штучно-калькуляционного времени остаются неизменными или изменяются незначительно можно утверждать, что увеличение скорости круга при шлифовании обеспечивает повышение производительности труда не менее чем в 2 раза.

**Вывод.** Таким образом, высокоскоростное шлифование сталей и сплавов кругами из эльбора и электрокорунда можно рассматривать главным образом как средство повышения производительности обработки.

**Список литературы:** 1. Эльясберг М.Е. Автоколебания металлорежущих станков. СПб.: изд. ОКБС. 1993. 2. Зубарев Ю.М. Расчет шпиндельных устройств станка на устойчивость резания./ Зубарев Ю.М., Агаркова Н.Н., Сикалова М.А. Физические процессы при резании металлов. – Сб. н.р. Волгоград-Ижевск. Изд ВолгГТУ, Волгоград, 1997. – С. 114 – 119.

*Поступила в редакцию 30.01.2014*

УДК 621.9.048.4, 620.179.14

**Ю. В. ХОМЯК**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

## **ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЕФЕКТОВ**

Проведен анализ распространенных методов и средств электроэрозионной металлообработки. Изучены их особенности для изготовления моделей дефектов для исследований вихретоковых средств контроля. Разработана и изготовлена установка для изготовления искусственных дефектов металлических образцов. Описана работа электронной схемы генератора импульсов, установлено, что приемлемый режим обработки, при котором процесс электроэрозии протекает устойчиво при длительности импульсов – 1,5-3 мкс, частоте следования – 20-40 кГц, амплитуде – 200 В.

**Ключевые слова:** вихретоковая дефектоскопия, искусственный дефект, электроэрозионная обработка, преобразователь, импульс, транзистор.

**Введение.** Для настройки и определения параметров вихретоковых преобразователей в составе дефектоскопов необходимы металлические образцы которые имеют искусственные поверхностные несплошности [1]. Геометрические параметры моделей дефектов должны удовлетворять требованиям лабораторных исследований. Их особенность в том, что они должны иметь различную глубину, протяженность, раскрытие и т.п. с заданными значениями и допусками. Следовательно, потребность вихретоковой дефектоскопии в образцах, которые имеют искусственные дефекты, вызывает необходимость создания средств их изготовления.

---

© Ю. В. Хомяк, 2014

**Основная часть.** Целью данной работы является разработка электроэрозионной установки для изготовления моделей дефектов.

Для изготовления стандартных образцов могут применяться различные методы и технологии обработки металлов [2,3], среди них следует выделить электроэрозионный способ. Под электроэрозионной обработкой понимают обработку металлов с использованием электрической эрозии, возникающей при организации импульсного разряда между обрабатываемой деталью и специальным электродом-инструментом. Электроэрозионная обработка производится с целью придания детали требуемой формы (размерная обработка), упрочнения поверхности или нанесения на нее защитного покрытия.

Различают два вида электроэрозионной обработки: электроискровую и электроимпульсную.

Электроискровая обработка производится короткими импульсами тока (менее 100 мкс). Условно такие разряды называют искровыми, из чего следует и название обработки.

Электроимпульсная обработка характеризуется более длительными импульсами тока (более 100 мкс), при которых разряд по своим характеристикам приближается к дуговому: с характерными зонами и столбом канала, для которого характерны малые градиенты напряжения.

Принцип реализации электроэрозионной обработки основан на тепловом действии канала разряда на обрабатываемую деталь. В канале разряда, включая приэлектродную зону, за короткое время выделяется энергия, нагревая газовую среду канала (в основном пары металла) до температуры в несколько тысяч градусов. За счет теплопроводности из зоны разряда формируется тепловой поток, который быстро нагревает непосредственно примыкающий к месту разряда металл заготовки, плавит и частично испаряет некоторое количество металла, образуя эрозионную лунку. Для организации разряда с нужными параметрами и эвакуации продуктов эрозии (пара и частиц расплавленного металла) разряд производится в технологической жидкости (керосин, масло, вода).

Главными преимуществами электроэрозионной обработки являются возможность обработки металлов с любой прочностью, включая высокопрочные сплавы, а также возможность изготовления отверстий, линий разреза сложной конфигурации.

Для изготовления образцов с поверхностными искусственными дефектами (рис. 1), опираясь на опыт, описанный в работах [4-11], была разработана электроэрозионная установка (рис.2). Она состоит из штатива 1, прикрепленного к основанию 2. Ванна 3 служит для погружения детали 4 в рабочую жидкость (дистиллированная вода). Электрод-инструмент крепится в электрододержателе 5 и подается при помощи регулировочных винтов 6. Перемещение электрода-инструмента оценивается по шкале с нониусом 7. Деталь фиксируется специальной магнитной системой. В качестве электродов-инструментов применяется медная фольга различной толщины.



Рис. 1 – Внешний вид модели поверхностного дефекта изготовленного с помощью разработанной электроэрозионной установки

Образец, в котором необходимо сделать искусственный дефект, помещается в ванну и фиксируется магнитной системой. Ванна и образец имеют электрический контакт с электронным блоком установки. После фиксации металлического образца выставляется начальное положение электрода-инструмента. Последний выбирается с учетом требуемой модели дефекта. После заполнения ванны дистиллированной водой осуществляется включение генератора импульсов. При этом, должен отсутствовать контакт между образцом и электродом-инструментом. Медленным вращением винта вертикальной подачи осуществляется регулировка межэлектродного промежутка для устойчивого возникновения электроразрядного процесса. Регулировка длится необходимое время, обусловленное глубиной искусственного дефекта. Если происходит залипание электрода-инструмента в образованной полости процесс искрообразования прекращается и необходимо его отведение от детали. Оценка полученной глубины паза производится путем выведения электрода-инструмента до поверхности образца при выключенном

генераторе импульсов. При необходимости производится смена рабочей жидкости. Для улучшения процесса электроэрозионной прошивки должна быть обеспечена циркуляция дистиллированной воды в межэлектродном промежутке.

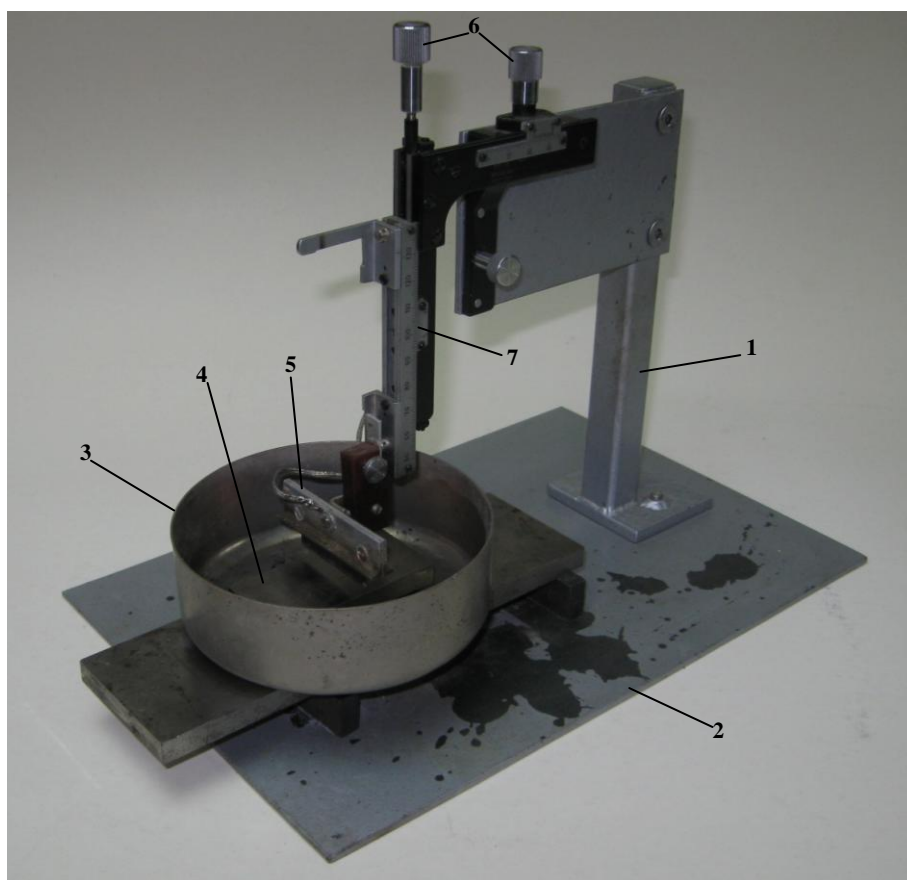


Рис. 2 – Электроэрозионная установка:  
1 – штатив; 2 – стол; 3 – ванна; 4 – деталь;  
5 – электрододержатель; 6 – винты вертикальной и  
горизонтальной подачи; 7 – шкала с нониусом

Электронный блок электроэрозионной установки вырабатывает импульсы длительностью  $1 \div 5$  мкс и частотой следования  $0,1 \div 50$  кГц (задается внешним генератором, например, Г5-54). Амплитуда импульсов задается напряжением питания ( $50 \div 310$  В).

Схема электронного блока электроэрозионной установки состоит из схемы управления (рис. 3, а) и схемы преобразователя (рис. 3, б), построенных с применением современной элементной базы.

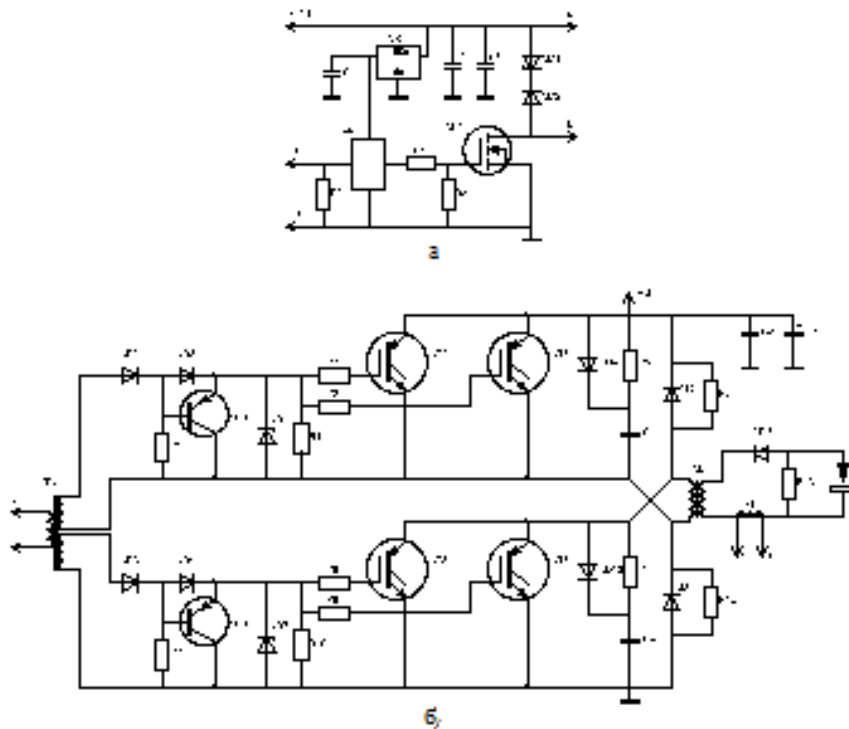


Рис. 3 – Схема электрическая принципиальная электроэрозионной установки: а – схема управления; б – двухтранзисторный однофазный преобразователь.

Схема управления (рис. 3, а) содержит в своем составе буферный элемент DD1, который формирует импульс открывающий VT1. Нагрузкой схемы управления является маломощный импульсный трансформатор TV1.

Основой электронного блока электроэрозионной установки является двухтранзисторный однофазный прямоходовый преобразователь (рис. 3, б) [12, 13]. В преобразователе применены IGBT транзисторы.

В цикле прямого хода, когда транзисторы VT2, VT3, VT5, VT6 преобразователя открыты, энергия источника питания  $+U$  запасается в индуктивности намагничивания и индуктивности рассеяния трансформатора TV2 и передается в межэлектродный промежуток.

В цикле обратного хода, когда транзисторы VT2, VT3, VT5, VT6 закрыты, открываются диоды VD5, VD11 и через них протекает ток размагничивания сердечника трансформатора. Цепочки R5C1VD4 и R11C4VD10, включенные параллельно транзисторам VT2, VT3, VT5, VT6, уменьшают мощность, рассеиваемую на этих транзисторах в момент их запираания.

Управление транзисторами VT2, VT3 и VT5, VT6 происходит идентично. При открытии полевого транзистора схемы управления VT1 к первичной обмотке трансформатора TV1 прикладывается напряжение, которое

трансформируется во вторичные обмотки в полярности, отпирающей IGBT. В этом случае отпирающее положительное напряжение через открытые диоды VD2, VD3 (VD8, VD9) и резисторы R2, R3 (R8, R9) поступает на затворы транзисторов VT2, VT3 (VT5, VT6). Резисторы R2, R3 (R8, R9) подавляют паразитные колебательные процессы в цепях затворов транзисторов преобразователя. Нагрузочный резистор R1 (R7) демпфирует вторичную обмотку трансформатора TV1, подавляя колебательный процесс в контуре, образованном его внутренними паразитными емкостями и индуктивностями. Стабилитрон VD1 (VD7) ограничивает напряжение на затворах транзисторов VT2, VT3 (VT5, VT6).

При положительном напряжении управления транзистор VT1 (VT4) драйвера закрыт, а его переход база-эмиттер шунтирован открытым диодом VD3 (VD9). После закрытия транзистора VT1 схемы управления полярность напряжения на вторичных обмотках TV1 меняется на противоположную. При этом диоды VD2, VD3 (VD8, VD9) запираются, а к транзистору VT1 (VT4) прикладывается в отпирающей полярности напряжение заряженных входных емкостей транзисторов VT2, VT3 (VT5, VT6) преобразователя. Транзистор VT1 (VT4) открывается, входные емкости транзисторов VT2, VT3 (VT5, VT6) преобразователей ускоренно разряжаются, и они запираются.

Особенность трансформатора TV2 преобразователя в том, что для обеспечения импульсного режима работы его обмотки выполнены многожильным проводом (жилы изолированы друг от друга). Таким же проводом осуществляется подключение детали и электрода-инструмента.

Трансформатор ТА1 служит для контроля тока в межэлектродном промежутке. Мощный импульсный диод VD6 обеспечивает соответствующую полярность подключения детали и электрода-инструмента. Для исключения больших токов, возникающих при залипании электродов, последовательно с межэлектродным промежутком могут включаться токоограничивающие резисторы.

**Выводы.** С помощью разработанной электроэрозионной установки удалось изготовить модели дефектов (рис. 1) в виде прямоугольных пазов глубиной до 4 мм раскрытием не более 0,3 мм (при толщине электрода-инструмента – 0,15 мм). Наиболее приемлемый режим обработки при котором процесс электроэрозии протекает устойчиво: длительность импульсов – 1,5-3 мкс, частота следования – 20-40 кГц, амплитуда – 200 В. Износ электрода-инструмента (медь) составил 310% при обработке детали из стали У9 и 440%

для стали Ст3. Большой износ обусловлен малой толщиной электрода-инструмента.

**Список литературы:** 1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 2: В 2 кн. Кн 2: Ю.К. Федосенко, В.Г. Герасимов, А.Д. Покровский, Ю.Я. Останин Вихрегоковый контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 688 с. 2. Корягин С.И., Пименов И.В., Худяков В.К. Способы обработки материалов: Учебное пособие / Калинингр. ун-т – Калининград, 2000. – 448 с. 3. Материаловедение и технология металлов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.С. Гаврилюк и др.; Под ред. Г.П. Фетисова. – М.: Высшая школа, 2001. – 638 с. 4. Курец В.И., Усов А.Ф., Цукерман В.А. Электроимпульсная дезинтеграция материалов. – Апатиты: КНЦ, 2002. – 324 с. 5. Семкин Б.В., Усов А.Ф., Курец В.И. Основы электроимпульсного разрушения материалов. – Апатиты: КНЦ, 1995. – 276 с. 6. Усов А.Ф., Семкин Б.В., Зиновьев Н.Т. Переходные процессы в установках электроимпульсной технологии. Л.: Наука, 1987. – 189 с.; Барнаул: изд. АГТУ, 2000 (изд. 2-ое переработанное и дополненное). – 160 с. 7. Немилев Е.Ф. Справочник по электроэрозионной обработке материалов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 164 с. 8. Фатеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки. – М.: Машиностроение, 1980. – 184 с. 9. Е.М. Левинсон, В.С. Лев. Справочное пособие по электротехнологии. Электроэрозионная обработка металлов. – Л.: ЛЕНИЗДАТ, 1972. – 328 с. 10. А.Л. Лившиц, А.Т. Кравец, И.С. Рогачев, А.Б. Сосненко. Электроимпульсная обработка металлов. – М.: Машиностроение, 1967. – 296 с. 11. Отто М.Ш., Коренблюм М.В. Транзисторные генераторы для питания электроэрозионных станков. – М., НИИМАШ, 1968. – 68 с. 12. Володин В.Я. Современные сварочные аппараты своими руками. – СПб.: Наука и техника, 2008. – 304 с. 13. Б.Ю. Семенов. Силовая электроника: от простого к сложному. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с.

Поступила в редакцию 15.05.2014

УДК 621.919:621.7.044

**Е. А. ФРОЛОВ**, докт. техн. наук, проф., ПолтНТУ, Полтава;  
**С. И. КРАВЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ПолтНТУ;  
**О. Г. НОСЕНКО**, аспирант, ПолтНТУ;  
**С. Г. ЯСЬКО**, аспирант, ПолтНТУ

### **ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ВЫТЯЖКИ ТОНКОЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПНЕВМОУДАРНОЙ ШТАМПОВКЕ ЖИДКОСТЬЮ**

Рассмотрены, а также аналитически и экспериментально исследованы пути повышения степени вытяжки тонколистовых деталей методом пневмоударной штамповки жидкостью. Получены зависимости, позволяющие проектировать технологический процесс высокоскоростной штамповки тонкостенных деталей за счет искусственного регулирования величин протяжных ребер формообразующих матриц на пневмоударном оборудовании модели Т1324 штамповки жидкостью.

**Ключевые слова:** высокоскоростная вытяжка, степень вытяжки, пневмоударная штамповка жидкостью, тонколистовые детали, технологический процесс.

**Постановка проблемы.** Характерной особенностью технологических операций тонколистового формообразования является ограничение возможностей процессов предельными деформациями. Особенно это касается операции высокоскоростной вытяжки [1]. Ограничения в данном случае с одной стороны связаны с исчерпанием пластичности металла и нарушением