

## Учредители

- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук
- Московский государственный индустриальный университет

## Издатель

Московский государственный индустриальный университет

Журнал зарегистрирован 30 декабря 2004 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-19294

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 4 (33) 2012

Выходит 4 раза в год

ISSN 1815-1051

## В номере

### РЕДКОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

#### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Ганиев Р.Ф.**, академик РАН, директор Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН)

#### ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

**Скопинский В.Н.**, д.т.н., проф. (МГИУ)

#### ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

**Овчинников В.В.**, д.т.н., проф. (ФГУП «РСК МИГ»)

### ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

**Алешин Н.П.**, академик РАН, д.т.н., проф. (Москва)

**Асташев В.К.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Беляков Г.П.**, д.э.н., проф. (Красноярск)

**Бобровницкий Ю.И.**, д.ф.-м.н., проф. (Москва)

**Вайсберг Л.А.**, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

**Горкунов Э.С.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Екатеринбург)

**Григорян В.А.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Дроздов Ю.Н.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Индейцев Д.А.**, член-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. (Санкт-Петербург)

**Колесников А.Г.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Кошелев О.С.**, д.т.н., проф. (Н. Новгород)

**Лунев А.Н.**, д.т.н., проф. (Казань)

**Махутов Н.А.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

**Пановко Г.Я.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Перминов М.Д.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Петров А.П.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Полилов А.Н.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Пониаров С.И.**, д.т.н., проф. (Казань)

**Приходько В.М.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

**Резчиков А.Ф.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Саратов)

**Рототаев Д.А.**, д.т.н., проф., акад. РАРАН (Москва)

**Теряев Е.Д.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

**Федоров М.П.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

**Чаплыгин Ю.А.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

**Шляпин А.Д.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Штриков Б.Л.**, д.т.н., проф. (Самара)

### ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**И.О. Аверьянова, А.В. Виноградов, Р.К. Продан, А.А. Варфоломеев**

Автоматизированная база данных технологических параметров для режимов электроэрозионной обработки материалов ..... 2

**В.А. Артемьев, В.И. Кошкин, В.А. Сазонов, В.Н. Фридлянов, А.Л. Проскуряков, Ю.М. Боровин**

Исследование направлений развития нанотехнологий в атомной отрасли промышленности и технике ..... 9

### КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**В.П. Красин, С.И. Союстова**

Термодинамика процессов на границе раздела фаз системы «твердый ниобий — жидкий натрий» в присутствии примеси кислорода ..... 18

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА

**Л.А. Широков, О.Л. Широкова**

Формирование алгоритмов оптимизации систем регулирования по минимизации расходов производственных ресурсов ..... 24

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАШИН И СИСТЕМ

**В.В. Гриб, Р.В. Жуков, И.М. Петрова**

Моделирование изменения технического состояния сложных механических систем ..... 28

**А.М. Липанов, С.С. Макаров**

Численное решение задачи охлаждения высокотемпературного сплошного металлического цилиндра ... 33

**С.Ю. Мисюрин, А.П. Нелюбин**

Многокритериальная оптимизация параметров механических систем на примере плоского подъемного механизма ..... 41

**Л.А. Широков, О.Л. Широкова**

Математическое моделирование буферных запасов предприятий ..... 50

Указатель статей, опубликованных в 2012 г. .... 56

## ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!

Подписка на журнал

«Машиностроение и инженерное образование» проводится в Издательстве МГИУ

Тел.: (495) 620-39-92. E-mail: mio@msiu.ru

Подписной индекс Роспечати 36942

### Уважаемые читатели!

*Журнал «Машиностроение и инженерное образование» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора или кандидата наук.*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БАЗА ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

И.О. Аверьянова, А.В. Виноградов,  
Р.К. Продан, А.А. Варфоломеев

*Рассмотрен принцип работы созданной автоматизированной базы данных технологических параметров для режимов электроэрозионной обработки. Дано обоснование применения альтернативного метода обработки поверхностей сложнопрофильных мелкогабаритных деталей. База данных может быть использована для расширения технологических возможностей электроэрозионного прошивочного станка FORM 20 с целью повышения точности обработки сложнопрофильных деталей.*

**Ключевые слова:** мелкогабаритная деталь, электроэрозионная обработка, электрод-инструмент, межэлектродный зазор, твердотельное моделирование.

## Введение

В настоящее время в ведущих отраслях тяжелой промышленности все в больших масштабах применяют высокоэнергетические и комбинированные методы обработки материалов, которые основаны на использовании концентрированных потоков энергии. Это связано с развитием новых технологий, тенденциями усложнения форм деталей машин и механизмов, а также с растущими требованиями к их точности и надежности и применением новых сверхпрочных труднообрабатываемых материалов.

На предприятиях оборонной промышленности и в приборостроении имеются детали широкой номенклатуры, относящиеся к классу мелкогабаритных и использующиеся для изготовления внутренних сложнопрофильных поверхностей с высокой точностью. К таким деталям относятся элементы малогабаритных передач типа «винт – гайка качения».

Функциональные и эксплуатационные требования, предъявляемые к механизмам подачи, относятся к особенно высоким:

- использование передачи должно обеспечивать плавное, равномерное, беззазорное и точное перемещение исполнительных узлов и механизмов;
- необходимость уменьшения габаритов элементов передачи;
- вследствие высоких контактных напряжений между шариками и желобами на винте

и гайке, возникающими в результате сложных движений между трущимися парами, материалы передачи должны иметь высокие твердость и износостойкость рабочих поверхностей;

- вследствие разнохарактерной стратегии технологии обработки винта и гайки сопряженные свойства элементов передач, а также работоспособность передач часто ограничиваются сроком их эксплуатации.

Разработка новых технологий с использованием методов электроэрозионной прошивки внутренних сложнопрофильных поверхностей гаек с профилем резьбы (арочным, полукруглым или иным) является актуальной задачей исследования, существенно расширяющей границы областей использования электроэрозионной обработки.

## Постановка задачи

В стандартных циклах обработки электроэрозионного координатно-прошивочного станка FORM 20 решена проблема с достижением равномерного распределения энергии импульсов  $W_n$  при изготовлении метрической резьбы (рис. 1). В случае нестандартного круглого профиля возникают трудности с выдерживанием размера межэлектродного зазора (МЭЗ). Отклонение этого зазора от заданного вызывает нарушение формы и размеров поверхности профиля резьбы (рис. 2).

Для решения данной задачи было внесено дополнение в раздел «Импульсы» системы управления станка.

В существующем цикле резбонарезания путем добавления отдельных этапов съема материала – шагов эрозии с оптимальными параметрами автоматически, в зависимости от заданного значения  $R_a$ , корректируется режим эрозии для предотвращения превышения энергией импульса на отдельных участках обрабатываемой поверхности при черновой обработке энергией импульса на участке припуска при чистовой обработке [1].

Для решения этой проблемы необходимо разработать базу данных кодов импульса эрозии, в которой будет производиться автоматизированный выбор рационального режима процесса эрозии с учетом различных особенностей обрабатываемых материалов. Объем информации базы данных должен обеспечивать программирование процессов обработки деталей широкой номенклатуры.

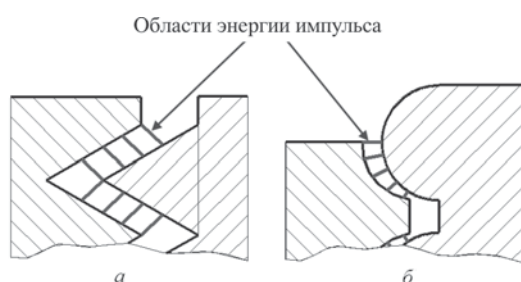


Рис. 1. Распределение энергии импульса:  
а – метрическая резьба, б – резьба со сложным профилем

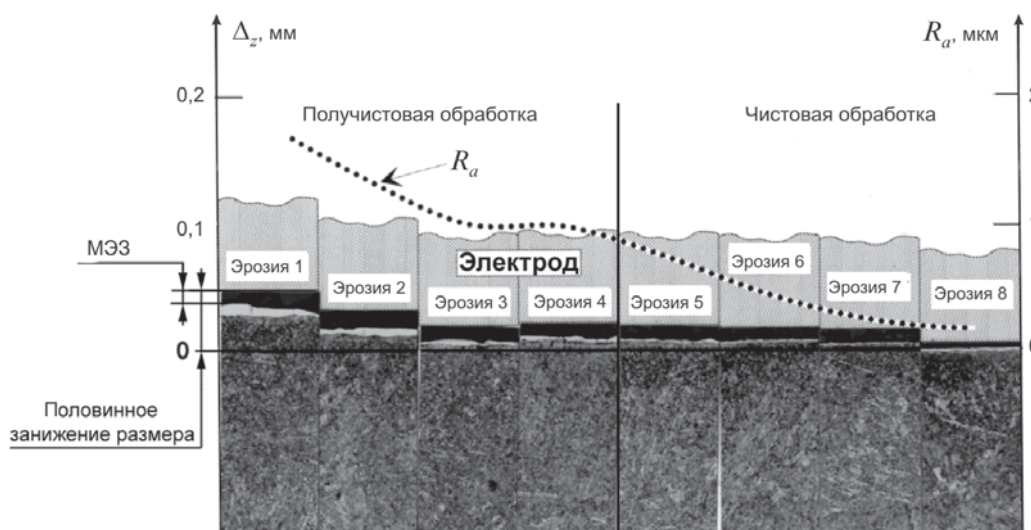


Рис. 2. Распределение толщин съема материала  $\Delta_z$  и среднего арифметического значений остаточной шероховатости  $R_a$  по припуску

## Проведение эксперимента

Для исследования способа прошивки резбового отверстия методом копирования электрода-инструмента (ЭИ), где формообразующая ЭИ отображается в электроде-заготовке (ЭЗ), был проведен эксперимент. Возможности станка FORM 20 позволяют получить резьбу сложного профиля двумя способами.

Первый способ прошивки заключается в использовании возможности цикла нарезания резьбы с помощью ЭИ, движущегося по спирали (рис. 3), что предусмотрено в программном обеспечении станка FORM 20. Траектория движения ЭИ в этом случае сопровождается двумя согласованными видами движения: вращательным и прямолинейным. После установления начальной точки эрозии движение ЭИ осуществляется по спирали с шагом, равным шагу формируемой резьбы.

При выполнении сквозного резбового отверстия в данном эксперименте использовали один и тот же ЭИ для черновой и чистовой обработки, поэтому линейный размер резьбовой части ЭИ в 2 раза больше высоты нарезаемой части заготовки, плюс 1–2 мм. Двойное использование ЭИ обеспечивается тем, что для чистовой обработки ЭИ позиционируется (корректируется) на другой высоте.

Как показали исследования, величина съема материала части заготовки при черновой обработке превышает установленный припуск на обработку, что приводит к неравномерному распределению микронеровностей материала по винтовой поверхности.