

4. *Анализ рисков.*

Следуя концепции авторов исследования «Проект создания экспериментального учебного курса по программной инженерии» [7], выполнен анализ рисков, выявлен ряд препятствий, которые могли помешать успешному завершению работы над студенческим проектом, разработаны и предприняты меры для минимизации или устранения главных рисков.

Препятствие: Отказ одного из студентов от работы над совместным проектом.

Решение: В команде первоначально 5 человек. Если в силу каких-либо обстоятельств одно звено выпадает, то преподаватель имеет запасные варианты перераспределения функций ушедшего члена команды на других членов этой же команды.

Препятствие: Трудность совместной работы с преподавателем в компьютерном классе. Так уж заведено в технических вузах, что учебные планы по теоретической механике не предусматривают при проведении практических занятий применять вычислительную технику.

Решение: Студенческие ноутбуки, флэш-накопители, электронная почта преподавателя и студентов-членов проектной команды.

Препятствие: Недостаток литературы.

Решение: Учебные материалы преподавателя в печатном и электронном варианте, *Web*-ресурсы.

Препятствие: В связи с инновационностью проекта преподавателю не выделены дополнительные часы для его реализации в студенческой команде.

Решение: Все сделать в рамках отведенных часов. Следует учесть позитивное влияние команды на весь поток студентов по данному предмету.

3. *Заключение.*

В настоящей работе авторы изложили свой взгляд на проблему успешного обучения студентов технических вузов в XXI веке. Они предложили один из путей приобщения студентов к решению профессиональных задач, не выходя за рамки условий процесса обучения в современной России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Темпл Б.К., Черемисина И.А., Смит А. Гибкие технологии обучения в инновационном университете // Инженерное образование. – № 2, 2004.
2. Умение работать в команде. – Режим доступа: <http://www.careerguide.com.ua/node/1009>. – дата обращения: 25.04.2011.
3. Режим доступа: <http://www.sife.org>. – дата обращения: 25.04.2011.
4. Режим доступа: <http://www.isa.org>. – дата обращения: 25.04.2011.
5. Режим доступа: http://www.ruc.dk/ruc_en/. – дата обращения: 25.04.2011.
6. Святсков В.А. Сотрудничество студентов – залог успешной профессиональной работы // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 6. – С. 27–28.
7. Бойко А.Н., Дубинский А.Г., Мозговая И.В., Павлов В.Л., Фирсов А.Д. Проект создания экспериментального учебного курса по программной инженерии. – Днепропетровск, ДНУ. – Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru>. – дата обращения: 25.04.2011.

Н.П. СОЛНЫШКИН., А.И. САМАРКИН, О.В. НЕГИНА

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ
ПРИ ПРОВОЛОЧНОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ РЕЗКЕ**

В статье рассматривается вопрос о повышении производительности электроэрозионной резки за счет устранения третьего прохода при сохранении приемлемой точности. Сохранение точности может быть достигнуто коррекцией текста управляющей программы на рассчитанную методами компьютерного моделирования поправку.

Проволочная резка окон матриц штампов производится в закаленном металле (стали типа ХВГ, ХВС и т.п.) электродом малого диаметра (около 0,2 мм) за три прохода, которые различаются режимами резания. Под режимами резания, помимо очевидных па-

раметров: разряда, подачи по контуру резки и параметров подачи электрода-проволоки, понимается также давление прокачки жидкости-диэлектрика, обеспечивающее экстракцию отходов и стабилизацию условий протекания разряда. Заметим, что первый проход (который часто называют черновым – Rough) и второй, характеризуются интенсивной прокачкой жидкости (при давлении в дюзах 4-6 атм), а третий – относительно слабой (1-2 атм). Заметим также, что черновой проход обеспечивает шероховатость поверхности $Ra=2,5-1,6$ мкм, последующие – 1,6-0,8 и 0,8-0,6 мкм.

Можно сказать, что по критерию шероховатости поверхности достаточным является обработка контура матрицы за два прохода, однако точность профиля в продольно сечении (вдоль оси электрода) в этом случае является недостаточной, что проявляется в «задирании» штифтов, повышенному морщению штампуемой ленты и заусенцам на поверхности штампуемого металла, что и ведет к необходимости третьего прохода. Если принять подачу черного прохода за 1, то первый чистовой проход (ориентировочно) будет иметь подачу 1,5 а последующий – 2-кратно более быструю, откуда получаем, что время третьего прохода составляет $1/3 \dots 1/4$ от общего времени обработки. Таким образом, исключение третьего прохода означает повышение производительности электроэрозионной резки на 25...30 %.

Для обработки в два прохода при сохранении точности необходимо: во-первых, уметь рассчитывать погрешности обработки а, во-вторых, компенсировать эти погрешности.

Анализ возможных источников погрешностей выполнен авторами в ряде ранее опубликованных работ, из которых можно сделать вывод о том, что наиболее податливым звеном системы является электрод, а одним из наиболее важных источников погрешностей – давление диэлектрика при прокачке. В результате численного моделирования протекания диэлектрика в канале между электродом и заготовкой, удалось получить эпюры давления жидкости на электрод, а после приложения давления к поверхности электрода – ожидаемую упругую линию электрода-проволоки, которая, по мнению авторов, отражается на поверхности прорезаемого профиля детали.

Не вдаваясь в вопросы моделирования, отметим, что для случая интенсивной прокачки диэлектрика при одинаковых давлениях (расходах жидкости) в верхней и нижней дюзах (что происходит на первых двух проходах), в канале формируется два вихря, образующих зоны повышенного давления и центральная зона пониженного давления. Эпюра давлений хорошо аппроксимируется полиномом 4–6-ой степени или синусоидой и является симметричной относительно середины толщины заготовки.

Найденная нагрузка, будучи приложена к электроду, вызывает его упругие деформации. Часто электрод рассматривается как нерастяжимая нить, защемленная в сечениях по направляющим, что не вполне корректно, так как проволока непрерывно перематывается от верхней фильеры к нижней, причем тяговый ролик установлен внизу, а катушка с электродом – вверху. Для устранения колебаний эрозионные станки оснащаются сложной системой стабилизации подачи проволоки при практически постоянном натяжении электрода. С учетом указанных особенностей расчеты дают асимметричное решение, что подтверждается численным моделированием МКЭ.

Ниже представлены результаты измерений деталей-образцов. Детали изготовлены из стали ХВГ, закаленной до HRCэ 52...56. Профиль детали в плане представляет собой угол, измерению подлежит кромка угла. Обратная сторона детали шлифуется и используется в качестве измерительной базы. Деталь изготавливается в двух вариантах: с вертикально расположенным электродом-проволокой и с уклоном в 2 градуса (конусная резка). Для каждого исполнения получен образец после одного, двух и трех проходов. Образцы маркируются путем гравирования.

Измерение профиля кромки производится на инструментальном микроскопе. Так как обеспечить точное расположение измеряемой кромки по одной из координатных осей затруднительно, то было принято решение разместить поверхность измерительной базы и выполнить промеры координат XY в нескольких точках и (при фиксированном расположении детали) координаты кромки угла.

Далее (путем построения уравнения регрессии для координат точек измерительной базы $y_b(x_b) = ax + b$ с достоверностью аппроксимации $R^2 > 99,9\%$) был рассчитан угол поворота образца Δ относительно координатной оси X: $\Delta = \arctg(a)$ и координаты точек кромки были развернуты на указанный угол по известным зависимостям для пово-

рота точек. Для образцов с конусной резкой дополнительно производился разворот на угол конуса.

Типичные результаты для образцов с обработкой в 1 или 2 прохода представлены ниже. На всех графиках маркерами отмечены точки профиля детали, сплошными линиями – линии регрессии. График а) отображает пересчитанные после разворота координаты профиля, представлена также линия линейной регрессии, которую можно считать средней линией профиля. На графике б) показаны не объясненные линейной моделью остатки.

Видно, что остатки имеют уклон (по рисунку - вправо) к стороне верхней фильеры станка, что объясняется податливостью механизма подачи проволоки. Видно также, что остатки имеют волнообразное распределение по длине, что объясняется воздействием давления прокачиваемого в канале между проволокой и заготовкой диэлектрика. В примере показана аппроксимация полиномом 4-ой степени, хотя из физики процесса следует, что более адекватным является разложение в ряд Фурье.

Заметим, что выявленные связи являются статистически значимыми при уровне доверительной вероятности 90%, так как величина R^2 превышает критическое значение 0,1 как для линейной, так и для полиномиальной регрессии.

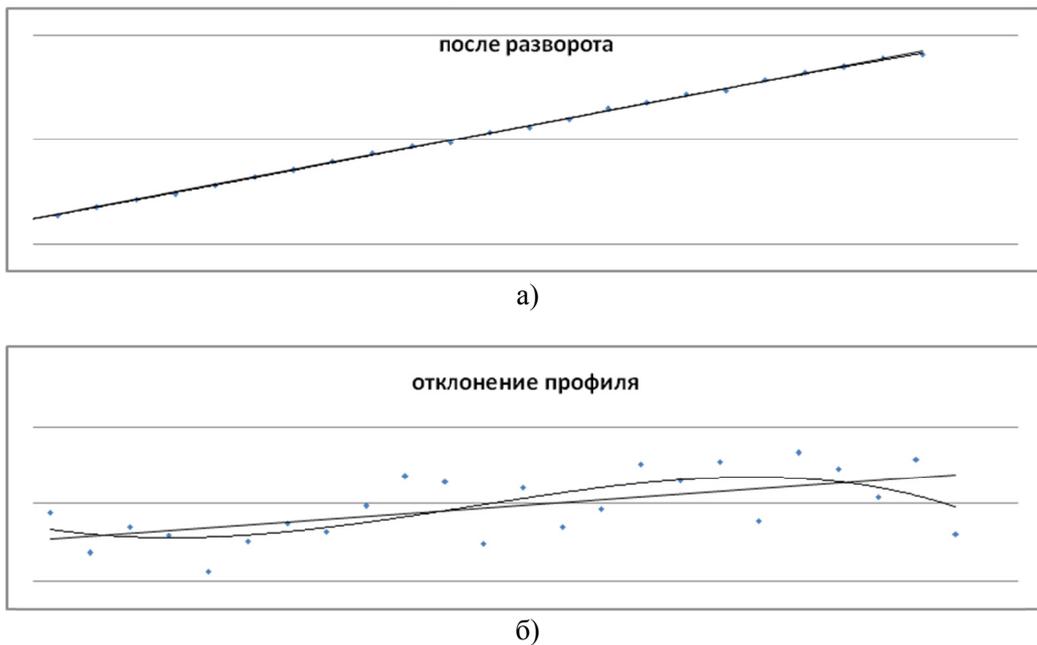


Рис. 1. Результаты обработки экспериментальных данных

Величина наклона профиля (точнее тангенса угла наклона) может рассматриваться как погрешность формы. Тогда ее изменение на каждом проходе можно рассматривать через коэффициент уточнения. Проанализируем представленный ниже график (рис. 2).

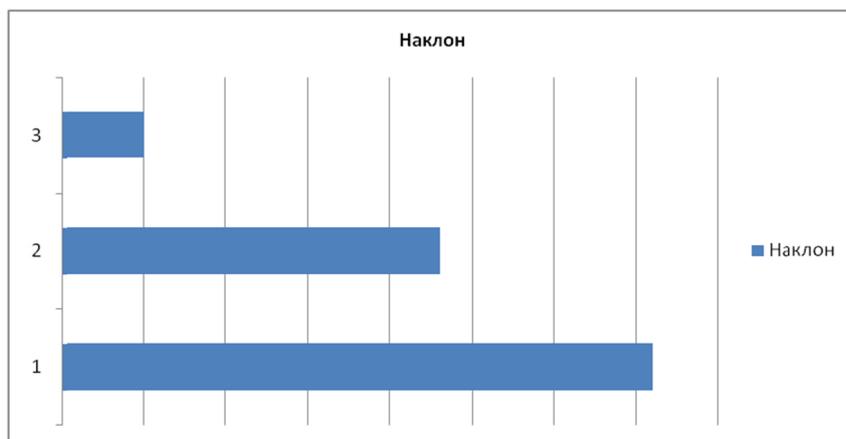


Рис. 2. Изменение наклона профиля в зависимости от номера прохода

Погрешность формы, как и следовало ожидать, максимальна на первом проходе. На втором проходе она уменьшается (приблизительно вдвое) и аналогично – на третьем проходе. Уменьшение наклона может быть статистически адекватно описано степенной зависимостью.

Из сказанного следует, что для данных условий резания, возможно осуществить предварительную программную коррекцию угла наклона проволоки для компенсации указанных явлений. Это позволяет отказаться от третьего прохода и повысить производительность обработки. К положительным сторонам программной коррекции следует отнести минимум расходов, так как требуется лишь корректировать текст управляющей программы.

М.С. ШЕРСТЮКОВ

ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РОЛИКО-КУЛАЧКОВОМ МЕХАНИЗМЕ ПРИ РАБОТЕ РОТОРНО-ЛОПАСТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛОТЫ

В данной статье даётся обзор процессов и явлений, возникающих в ролико-кулачковом механизме при работе роторно-лопастного двигателя с внешним подводом теплоты. Изложены результаты изучения похожих процессов и явлений. Сформулированы основные задачи дальнейшего исследования.

В настоящее время в Псковском политехническом институте проводятся научно-исследовательские работы по созданию нового теплового двигателя роторно-лопастного с внешним подводом теплоты [1]. Одним из ответственных элементов двигателя является рычажно-кулачковый преобразователь движения, состоящий из четырёхзвенного ромбоида, в вершинах которого находятся ролики. Ролики обкатываются по кулачку (рис. 1). От надёжности работы этого элемента зависит надёжность всего двигателя.

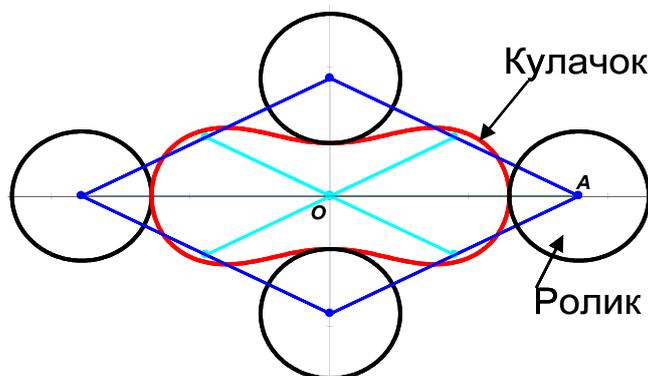


Рис. 1. Ролико-кулачковый механизм



Рис. 2. Кулачок