

**К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ПРОКАЧКИ ДИЭЛЕКТРИКА
НА ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКЕ
НЕПРОФИЛИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОДОМ**

Рассматривается вопрос влияния диэлектрика на возникновение погрешностей (в частности, возникновение волнистости) при электроэрозионной обработке. Сделан анализ динамической системы, выявлены низкочастотные составляющие. Построена математическая модель течения жидкости в дюзе.

Электроэрозионная обработка (ЭЭО) производится в среде диэлектрика (в настоящее время, в основном, применяется дистиллированная вода) при его непрерывной прокатке под достаточно высоким давлением. Если изделие находится в танке с жидкостью, то давление может составить до 8 атмосфер, а в проливных моделях станков – до 4-6 атмосфер. Прокатка осуществляется через дюзы, расположенные коаксиально с электродом в направляющей фильере.

Резущий инструмент (непрофилированный электрод-проволока) имеет диаметр 0,3-0,1 мм и направляется фильерами, установленными на расстоянии >10 мм при типичных условиях обработки. Таким образом, инструмент является нежестким и подвержен колебаниям в радиальном направлении, что вызывает погрешности при обработке.

В литературе рассматриваются, в основном, механизмы образования шероховатости поверхности, как следствие самого процесса электроэрозии разрядами тока сравнительно высокой частоты, в приложении к обработке профилированным электродом, при этом вопрос о нежесткости электрода-проволоки не рассматривается.

В ходе работы авторами были исследованы образцы деталей из материалов ХВГ, ХГТ, полученных методом электроэрозионного вырезания на станке модели Sodick Mark25. В работе рассматривается механизм образования шероховатости при проволочной резке, причем на основе анализа экспериментального материала было установлено:

- шероховатость по контуру резки коррелирует с установленной подачей по контуру и размерами электрода
- шероховатость по направлению движения электрода (в продольном сечении) коррелирует с частотой разряда и осевой подачей электрода.

Помимо относительно высокочастотных составляющих (шероховатости) имеются относительно низкочастотные погрешности (волнистость продольного сечения профиля, которая не рассматривается в доступной литературе).

На рисунках 1, 2 показаны линии регрессии (в качестве уравнений регрессии рассматривались полиномы первого-шестого порядков, наиболее адекватными являются модели порядка 2 или 3).

В результате статистического анализа данных профилограмм (после разложения в ряд Фурье и построения периодограммы) идентифицируются высокочастотные составляющие, связанные с частотой разряда и низкочастотные гармоники, природа которых неочевидна. Анализ динамической системы позволил выдвинуть предположение о двойственном характере источников волнистости:

- прогиб электрода как гибкой струны от усилия резания,
- деформации, связанные с давлением прокатки.

Моделирование потока жидкости предполагает решение уравнения Навье-Стокса, которое не может быть разрешено в общем виде. В основе анализа лежит численное интегрирование уравнений. Для численного анализа используются программы компьютерного моделирования потоков (CFD).

Моделировалось течение жидкости в дюзе, движение потока жидкости в вертикальном канале при ЭЭ резке, и в канале с наклоном проволоки к вертикали под углом 15' и 3 градуса.

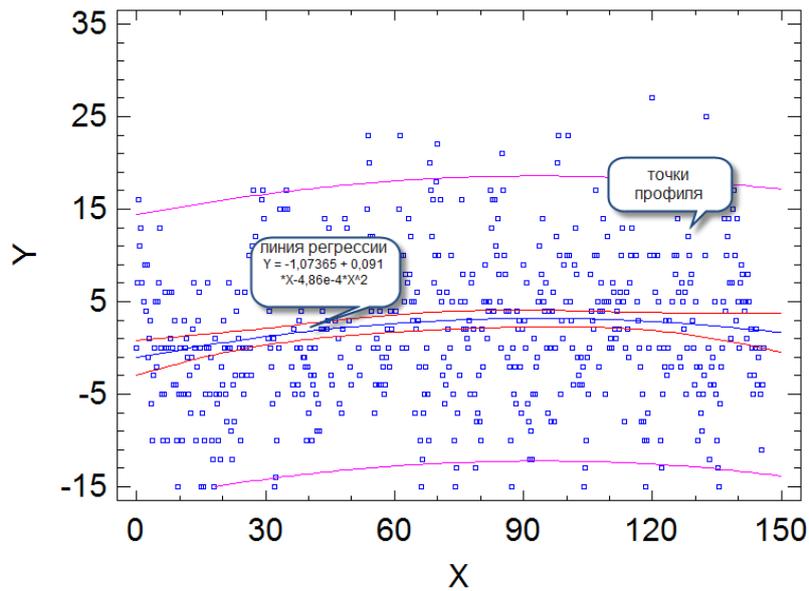


Рис. 1. Линия регрессии. Полином второго порядка

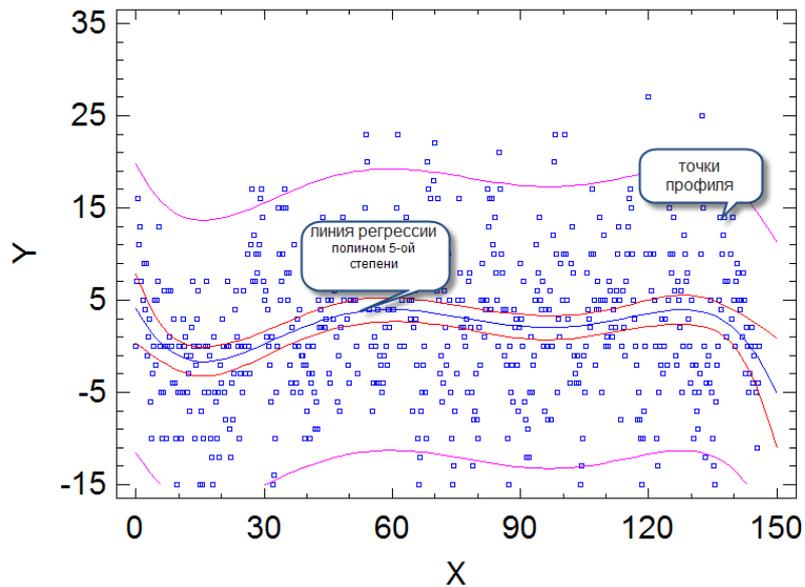


Рис. 2. Линия регрессии. Полином пятого порядка

Перед тем, как начать процесс решения, следует задаться некоторым начальным приближением (в случае стационарной задачи) или начальными условиями (в случае нестационарной задачи) для всех основных величин. Чаще всего, в качестве начальных условий для скорости выбирается нулевое значение (компоненты вектора скорости равны 0), для давления также выбирается некоторое фиксированное, равное, например значению давления на выходе жидкости из расчетной области. Для кинетической энергии турбулентности выбирается значение, равное значению на входе в расчетную область, а для скорости диссипации кинетической энергии турбулентности выбирается некоторое большое значение, например, 100 или 200 с^{-1} , что обеспечивает хорошую сходимость на первых шагах решения.

Задача является плохо обусловленной, так как диаметр канала, по которому прокачивается диэлектрик, мал по сравнению с его длиной ($0,4 \text{ мм} / 10 \text{ мм}$), что создает определенные трудности при генерации конечноэлементной сетки и ее дальнейшем обчете.

Для решения поставленных задач был выбран Метод Конечных Объемов, который накладывает следующие условия на дискретизацию расчетной области:

- расчетная область разбивается на конечное число контрольных объемов, геометрические характеристики каждого из которых могут быть произвольными (рис. 3);
- контрольные объемы не перекрывают друг друга (не пересекаются) и полностью заполняют расчетную область;
- все искомые переменные (например, поля давления, скорости), вычисляются в одном и том же множестве точек – в центрах контрольных объемов (так называемая, локализованная расчетная сетка);
- поиск решения производится в Декартовых координатах;
- грани всех контрольных объемов можно разделить на два класса:
 - внутренние – грани, находящиеся между двумя (и только двумя) объемами;
 - внешние – грани, определяющие границу расчетной области.

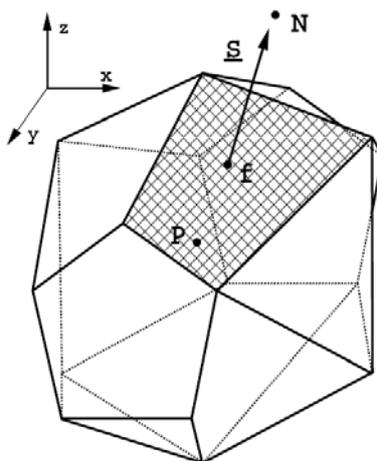


Рис. 3. Произвольный контрольный объем расчетной сетки: P – центр объема, F – нормаль грани, N – центр соседнего объема, S – площадь грани, умноженная на f

По результатам моделирования, представленных на рис. 5, можно сделать вывод о наличии перепадов давления в потоке диэлектрика, которые, воздействуя на электрод, могут являться одним из факторов в образовании волнистости поверхности. Течение жидкости (диэлектрика) изгибает электрод-проволоку в соответствии с эпюрами (рис. 4), что может объяснить характер представленной на рисунках 1, 2 средней линии профиля. Можно предположить, что линейная составляющая возникает от перекосов образца на измерениях, либо проволоки на станке; квадратная составляющая – нагрузкой от разряда, а составляющие высших порядков – течением диэлектрика.

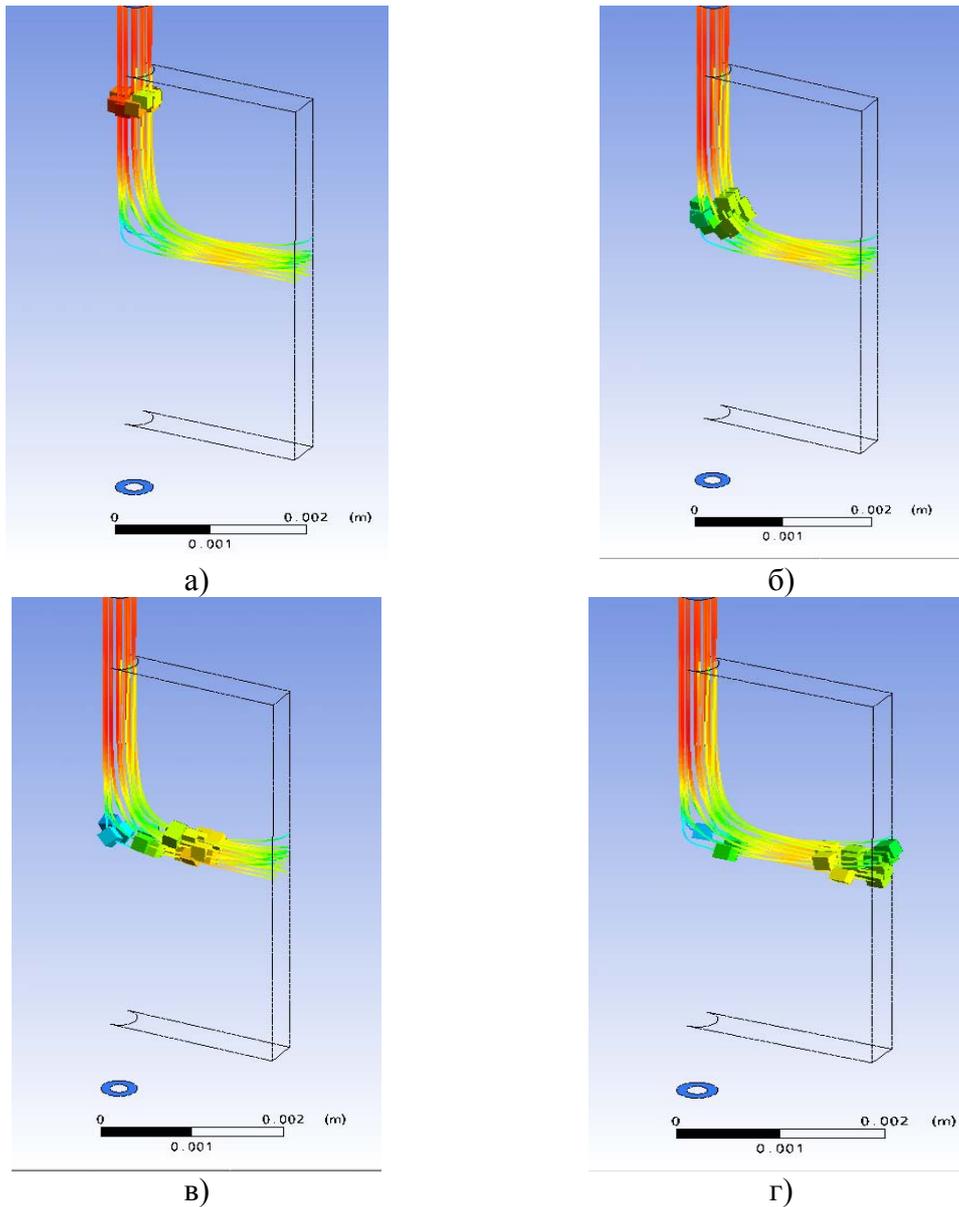


Рис. 4. Моделирование течения диэлектрика от верхней фильеры

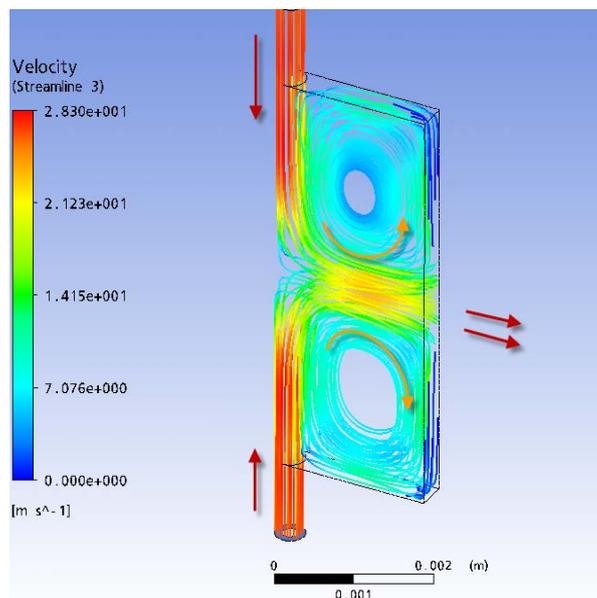


Рис. 5. Распределение скоростей в диэлектрике