

УДК 620.197

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ РОБОЧОЇ РІДИНИ В ПРОМІЖКУ МІЖ ЕЛЕКТРОДОМ-ІНСТРУМЕНТОМ ТА ЗАГОТОВКОЮ

Тригуб О.А., к.т.н.,

Білан А.В., инж.,

Черкаський державний технологічний університет,

Осипенко В.І., д.т.н.,

Ступак Д.О., к.т.н.

Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

Тел. (0619) 42-04-42

Анотація – у статті розглянуто дослідження процесів течії електроліту у вузькому проміжку між електродом-дротом та плоскою поверхнею заготовки при коаксіальній подачі електроліту.

Ключові слова – робоча рідина, електрод-інструмент, заготівка, коаксіальна подача електроліту.

Постановка проблеми. На теперішній час з розвитком систем ЧПУ великого розповсюдження набувають технологічні системи, які використовують непрофільовані електроди-інструменти. У електрофізичних методах обробки із застосуванням непрофільованих електродів якість поверхневого шару залежить від таких факторів:

- 1) енергетичних параметрів процесу обробки;
- 2) геометричних відхилень електрода;
- 3) типу та складу робочої рідини;
- 4) технічних характеристик приводу верстату та алгоритмів керування рухом;
- 5) технічних характеристик та алгоритмів керування джерелом струму;
- 6) способу та параметрів подачі робочої рідини в робочу зону та виносу продуктів обробки.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження вказаних факторів проводились в багатьох роботах для різноманітних видів обробки і широко представлені в літературі [1].

Вплив способу подачі робочої рідини та характеристики її потоку мають суттєве як технічне, так і технологічне значення. Так, одним із найпоширеніших способів подачі робочої рідини є подача через сопло під тиском коаксіально з дротяним електродом (рис.1) [3]. На відміну від

радіального, тангенційного та кутового способів подачі, коаксіальний спосіб справляє менший вплив на прогин дроту, та його технічно простіше реалізувати при обробці криволінійних поверхонь [2].

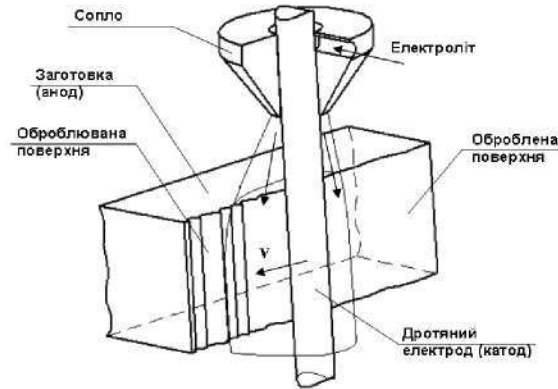


Рис.1. Схема обробки у відкритому пазу

Мета. Метою даного дослідження було визначити залежність швидкості в щілинному проміжку між дротяним електродом-інструментом та поверхнею заготовки v_3 , залежно від вихідної швидкості робочої рідини v_0 , діаметру струменя d , величини проміжку h .

Задача. При проведенні обробки важливим параметром є швидкість робочої рідини в щілинному проміжку між дротяним електродом-інструментом та поверхнею заготовки. Саме ця швидкість є визначною для видалення продуктів обробки та підтримання постійного складу і температури робочої рідини. Згідно дослідження гідравлічних процесів у міжелектродному проміжку [5], що проводились для закритого пазу було встановлено, що швидкість рідини в щілинному проміжку залежить від тиску (початкової швидкості потоку), відстані від сопла до поверхні заготовки та величини міжелектродного проміжку. При збільшенні тиску, збільшенні проміжку та зменшенні відстані до сопла швидкість рідини у проміжку монотонно збільшується.

Для відкритого пазу дані дослідження не проводились, хоча мають не менше технологічне значення, адже чистові стадії обробки проводяться саме при таких умовах.

Визначити швидкість потоку робочої рідини в міжелектродному проміжку експериментальним шляхом складно в зв'язку з невеликими його розмірами (до 0,4 мм) та нерівномірною величиною швидкості рідини по перерізу струменя. Розміщення датчика швидкості в проміжку вносить суттєві зміни в процес. Побічні методи вимірювань мають велику похибку та складну технічну реалізацію. В зв'язку з цим виникає необхідність теоретичного дослідження процесів протікання робочої рідини в проміжку із застосуванням математичного апарату.

Основна частина. Дослідження проводились за умов електрохімічної обробки в електроерозійному верстаті [6] при таких параметрах:

- відстань від сопла до заготовки 2 мм;
- робоча рідина: 20 % розчин NaCl;
- температура електроліту 20 °С;
- товщина заготовки 10 мм;
- діаметр дроту 0,2 мм;
- шорсткість поверхні заготовки Ra 3,0 мкм;
- діаметр струменя (сопла) 2,5, 3,5, 4,5 мм;
- вихідна швидкість струменя 1-20 м/с;
- міжелектродний проміжок 0,2, 0,3, 0,4 мм.

Для визначення необхідних залежностей необхідно вирішити задачу на базі рівняння Нав'є-Стокса сукупно з рівнянням нерозривності

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \nabla) \cdot \vec{v} + \nu \cdot \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f},$$

де ∇ - оператор Гамільтона, Δ - оператор Лапласа, t - час, ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини, ρ - щільність рідини, p - тиск, $\vec{v} = (v^1, \dots, v^n)$ - векторне поле швидкостей, $\vec{f} = \rho \cdot \vec{g}$ - векторне поле масових сил, \vec{g} - гравітаційне прискорення. Невідомі p та \vec{v} є функціями часу t та координат $\Omega(x, y, z)$ для тривимірного простору, в якому рухається рідина. Краєві та початкові умови:

$$\vec{v}|_{\partial\Omega} = 0;$$

$$\vec{v}|_{t=0} = \vec{v}_0.$$

Рівняння нерозривності має вид

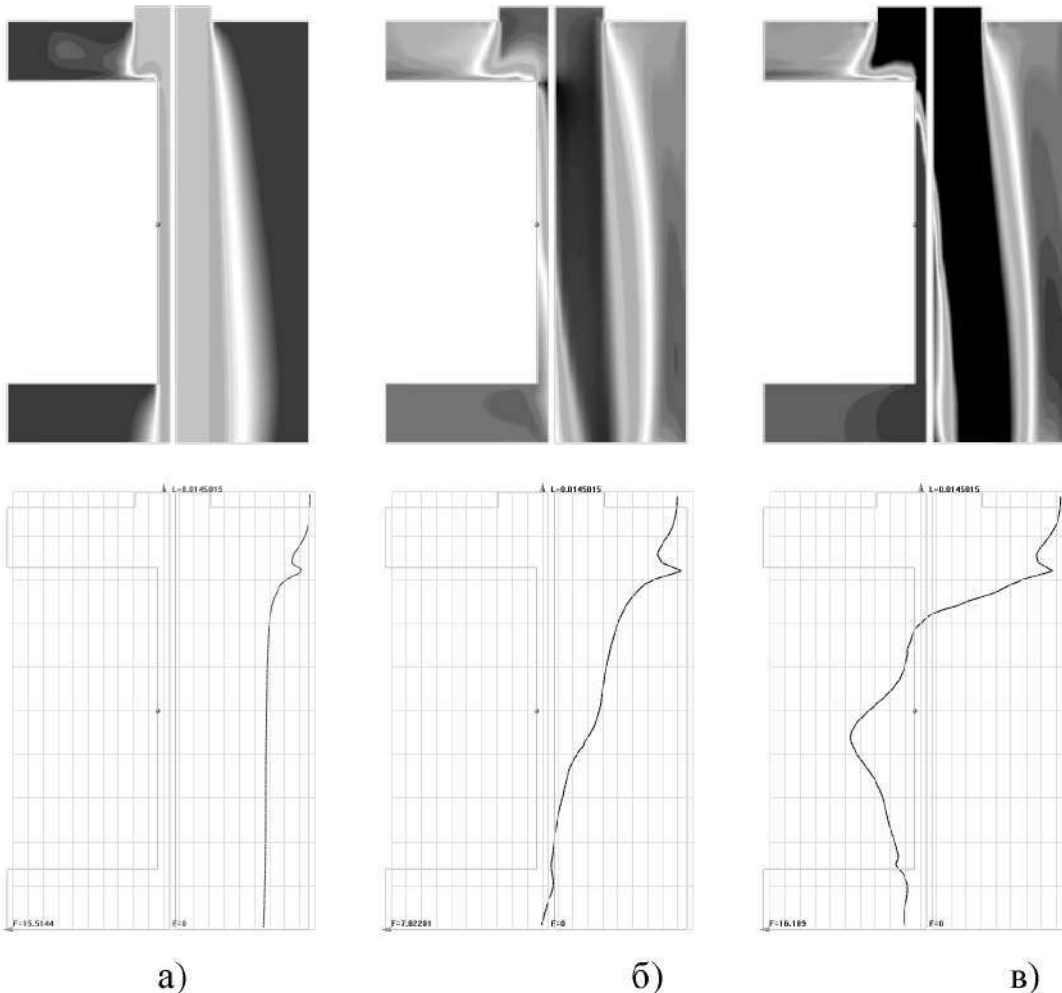
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div} \vec{v} - \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \cdot \text{div} \vec{v} + \vec{v} \cdot \text{grad} \rho = 0,$$

де $\rho = \rho(x, y, z, t)$ - щільність потоку рідини, $\vec{v} = v(x, y, z, t)$ - вектор швидкості рідини в точці з координатами $\Omega(x, y, z)$ в момент часу t .

Аналітичне вирішення даної задачі для тривимірного простору протягом визначеного часу є складним. Тому для його вирішення було застосовано систему автоматизованого проектування «FlowVision», яка дозволяє вирішувати гідравлічні задачі згідно рівняння Нав'є-Стокса чисельним методом кінцевих об'ємів. Згідно приведеним вище постійним та змінним величинам було створено 9 моделей (різні варіанти поєднання змінних величин) і розв'язано задачу для кожного варіанту окремо з різними значеннями швидкості вихідного потоку.

В результаті розрахунку кожної задачі було отримано візуальне відображення руху потоку робочої рідини в часі, графіки розподілу швидкості потоку в міжелектродному проміжку та градієнтного поля швидкостей потоку електроліту. За отриманими розрахунками можна виділити три характерних стани струменю:

- а) стабільного потоку або повного промивання (рис.2.а);
 б) нестабільного потоку або промивання (рис.2.б);
 в) відхиленого потоку або незадовільного промивання (рис.2.в).



- Рис.2. Типові розподіли потоку та графіки швидкості вздовж проміжку при розрахунку задачі протікання рідини у відкритому пазу:
- а) повне промивання (при $d=2,5$ мм, $h=0,4$ мм $v_0=15$ м/с),
 - б) нестабільне промивання (при $d=2,5$ мм, $h=0,4$ мм $v_0=20$ м/с),
 - в) незадовільне промивання (при $d=3,5$ мм, $h=0,4$ мм $v_0=15$ м/с)
- 1) при зменшенні діаметру сопла покращуються умови протікання робочої рідини в проміжку за рахунок зменшення площі опору потоку.
 - 2) використання струменя діаметром 4,5 мм і більше та технологічно обґрунтованими міжелектродними проміжками (0,4 мм і менше) неможливе, внаслідок відхилення струменя при будь-яких значеннях вихідної швидкості, а використання струменя діаметрами 3,5 мм можливо використовувати лише з міжелектродними проміжками 0,4 мм і більше.

Результати систематизації отриманих даних показали наступне:

1. Підвищення вихідної швидкості струменя із сопла підвищує швидкість протікання рідини в міжелектродному проміжку, але до певної межі. При подальшому зростанні вихідної швидкості спостерігається відхилення струменя від оброблюваної поверхні (рис.3). Це залежить від відношення розмірів діаметру сопла до розмірів міжелектродного проміжку. Чим менше це відношення, тим при більшій швидкості настає відхилення потоку.
2. Збільшення міжелектродного проміжку призводить до підвищення швидкості протікання робочої рідини, що пояснюється зменшенням впливу явищ гальмування потоку на поверхнях заготовки і дрітязного інструменту.

Адекватність проведених теоретичних досліджень перевірялась проведенням вибірових експериментів на дослідному осередку (рис.4.а). Математичне моделювання показало, що відхилення струменя настає при швидкостях близьких до 7 м/с при діаметрі сопла 3,5 мм та міжелектродному проміжку 0,4 мм. Експериментально було отримано відхилення потоку при значеннях більших 8 м/с (рис.4.б,в).

$v_1, \text{М/с}$

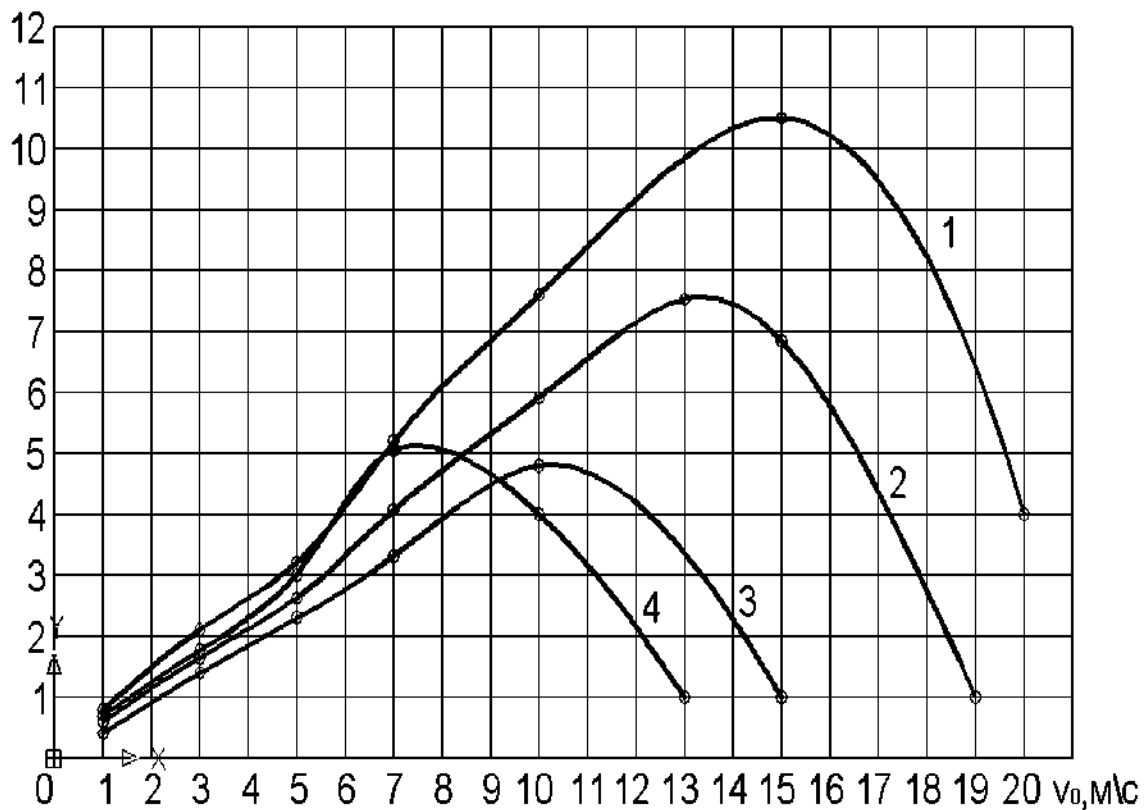


Рис.3. Залежність швидкості течії в міжелектродному

проміжку v_1 від вихідної швидкості потоку v_0 при

розрахунку задачі протікання рідини у відкритому пазу:

1 - $d=2,5$ мм, $h=0,4$ мм, 2 - $d=2,5$ мм, $h=0,3$ мм, 3 - $d=2,5$ мм,

$h=0,2$ мм, 4 - $d=3,5$ мм, $h=0,4$ мм

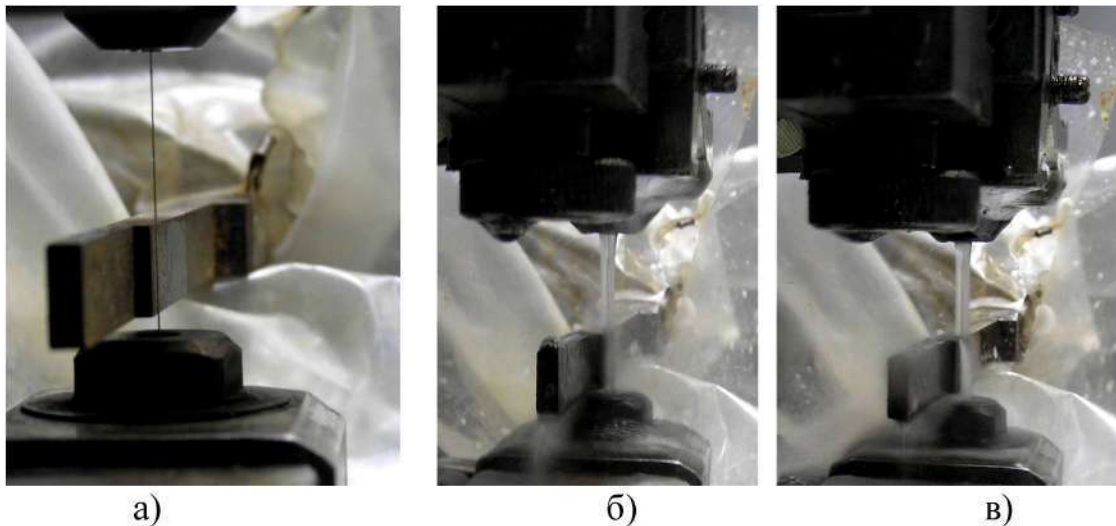


Рис.4. Експеримент з протікання рідини у відкритому пазу при $d=3,5$ мм, $h=0,4$ мм:

- а) – дослідний осередок, б) – стабільний потік при $v_0=6$ м/с,
в) – відхилений потік $v_0=8$ м/с

Висновки. Підсумовуючи отримані результати досліджень можна зробити наступні висновки:

- 1) отримано чисельні значення швидкості потоку рідини в міжелектродному проміжку по всьому перерізу,
- 2) виявлено явище відхилення потоку і визначено умови, при яких воно настає,
- 3) встановлено залежність швидкості робочої рідини в проміжку від основних технологічних параметрів: діаметру сопла, вихідної швидкості струменя та величини міжелектродного проміжку.

Загалом результати дослідження дають можливість призначати оптимальні значення технологічних параметрів та конструкційних розмірів гідравлічних систем установок та верстатів, у яких обробка ведеться дротяним електродом-інструментом.

Література

1. *Небилиця Ю.М.* Дослідження процесів виділення енергії в МЕРП / *Ю.М. Небилиця, В.І. Осипенко, Д.О. Ступак* // Матеріали 15-й Ежегодной Международной научно-технической конференции “Прогрессивные технологии в машиностроении”, Одесса, 2000. – С. 236–237.
2. *Осипенко В.І.* Методика розрахунку параметрів електроерозійного дротяного різання з врахуванням локальності виділення енергії в міжелектродному проміжку / *В.І. Осипенко, С.П. Поляков, Р.І. Савісько, Д.О. Ступак.* – Львів: Машинознавство, 2003. – С. 39–42.
3. *Осипенко В.І.* Фізико-технологічні закономірності пробою рідини за умов характерних для електроерозійної вирізної обробки /

В.І. Осипенко, Д.О. Ступак // Материалы V юбилейной промышленной конференции с международным участием и блиц-выставки «Эффективность реализации научного, ре-сурсного и промышленного потенциала в современных условиях». – п. Славское, Карпаты, 2005. – С. 278–279.

4. *Осипенко В.І.* Фізико – технологічні закономірності пробою рідини та балансу енергії одиничного іскрового розряду / *В.І. Осипенко, Д.О. Ступак, С.В. Поздєєв* // Вісник національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. Серія машинобудування. – К.:НТУУ „КПІ”. – 2009. – С. 273–280.

5. *Осипенко В.І.* “Повышение производительности и точности размерной электроэрозионной обработки на вырезных станках с ЧПУ”: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.07 / *В.І. Осипенко*. – К., 1999. – 144 с.

6. *Осипенко В.І.* Спосіб електрохімічного полірування деталей. Патент на корисну модель №42823 UA МПК С25F3/00. Спосіб електрохімічного полірування деталей / *В.І. Осипенко, Д.О. Ступак, А.В. Білан, О.А. Тригуб*. – Заявл. 06.02.2009; Опубл. 27.07.2009; Бюл. №14. – 5 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ПРОМЕЖУТКЕ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДОМ-ИНСТРУМЕНТОМ И ЗАГОТОВКОЙ

Тригуб О.А., Білан А.В., Осипенко В.І., Ступак Д.О.

Аннотация – в статье рассмотрено исследование процессов течения электролита в узком промежутке между электродом-проволокой и плоской поверхностью заготовки при коаксиальной подаче электролита.

THE RESEARCH OF ELECTROLYTE FLOW IN THE GAP BETWEEN WIRE ELECTRODE AND HALF-FINISHED MATERIAL

O.Trygub, A. Bilan, V.Osypenko, D.Stupak

Summary

The article is devoted to the process of electrolyte flow research in narrow gap between a wire electrode and flat surface of half-finished material with coaxial electrolyte supply.