

**В.І. Носуленко, проф., д-р техн. наук, О.В. Приходько, асп.**  
*Кіровоградський національний технічний університет*

## Розмірна обробка електричною дугою непрофільованим електродом

В результаті теоретичних та пошукових досліджень параметрів процесів механічної обробки, плазмової обробки та обробки короткою дугою показано, що процес РОД непрофільованим електродом має більш широкі технологічні можливості, а також забезпечує більш високу економічну ефективність в порівнянні з зазначеними процесами.

**механічна обробка, плазмова обробка, розмірна обробка електричною дугою, непрофільований електрод, коротка дуга, електрод-інструмент, електрод-заготовка**

Обробка різанням деталей з високоміцних матеріалів ускладнена, а іноді і неможлива. При обробці різанням виникають проблеми зі стійкістю робочого інструменту, продуктивністю та допоміжними витратами на ріжучий інструмент [1]. Ці проблеми деколи усуває плазмова обробка [2], але при цьому утворюється оплавлений шар на поверхні, що обробляється, а також велика зона термічного впливу (0,05...0,85 мм). В ряді випадків достатньо ефективною альтернативою є електроерозійний метод обробки низьковольтною електричною дугою постійного струму (короткою дугою) [3], який використовується для високоефективної попередньої, напівчистої, а в цілому ряду випадків і для кінцевої обробки ряду деталей типу тіл обертання з жароміцних та тугоплавких електропровідних матеріалів. Широке впровадження методу стримується шумовими ефектами, обмеженими технологічними можливостями та ін.

Зазначені недоліки наведених процесів можуть бути усунуті, в відомих межах, при використанні процесу розмірної обробки електричною дугою (РОД) [4] профільованим електродом по принципу прошивання з об'ємним копіюванням форми електрода-інструмента (ЕІ). Проте, при цьому, при порівняно великих розмірах поверхні обробки зростають розміри ЕІ, а при зростанні розмірів ЕІ збільшуються витрати рідини, погіршується якість обробленої поверхні та зростають питомі втрати електроенергії, зростають також габарити, потужність та вартість обладнання і оснастки. Широке впровадження такого процесу стримується обмеженими можливостями однокоординатного руху електрода, що робить неможливим використання методу для реалізації таких технологічних схем по принципу точіння і фрезерування.

Можливим вирішенням цих проблем є використання процесу РОД непрофільованим електродом. Обробка проводиться при русі ЕІ відносно заготовки по двох чи трьох координатах. Якщо змінювати типорозміри електродів, можна при використанні відповідних технологічних прийомів здійснити зазначені закономірності процесу РОД непрофільованим електродом і таким чином реалізувати практично всі відомі технологічні схеми формоутворення, зокрема характерні для РОД, а також всі технологічні схеми формоутворення традиційними методами обробки (механічна обробка і зокрема обробка тиском).

Реалізація конкретних технологій процесу РОД непрофільованим електродом та розробка відповідних технологічних схем формоутворення вимагає індивідуальних підходів та застосування найрізноманітніших технологічних прийомів, зокрема наступних.

За умов обробки тіл обертання, процес реалізують при подачі потоку робочої рідини до передньої формоутворюючої поверхні електрода 1 (рис.1), а відводять рідину від задньої робочої поверхні 5 ЕІ, що прилягає до менш чистої за умовами виготовлення поверхні електрода-заготовки (ЕЗ) 2 або в сторону припуску на подальшу обробку, напуску чи відходу. Для підвищення якості обробленої поверхні, зменшення розбризкування робочої рідини, гасіння світлових і звукових ефектів на задню робочу поверхню 5 електрода 1 за допомогою сопла 3 подають додатковий потік робочої рідини перпендикулярно до основного потоку. Це дозволяє локалізувати зону обробки і усунути ефект довгих дуг.

За умов обробки площини, розглянемо приклад реалізації процесу при відносному переміщенні заготовки і електрода 1 по декількох координатах (рис.2). В цьому випадку треба виходити з того, що оптимальним варіантом є використання порожнистого електрода 1 з отвором. Проте при цьому існує проблема локалізації робочої зони обробки з метою забезпечення якості обробки, зменшення світлових і звукових ефектів від розряду та зменшення розбризкування робочої рідини із зони обробки. Тому на задню робочу поверхню електрода подають додатковий потік робочої рідини за допомогою сопла 3 яке у кожному окремому випадку має певну конфігурацію і усуває ефект довгих дуг.

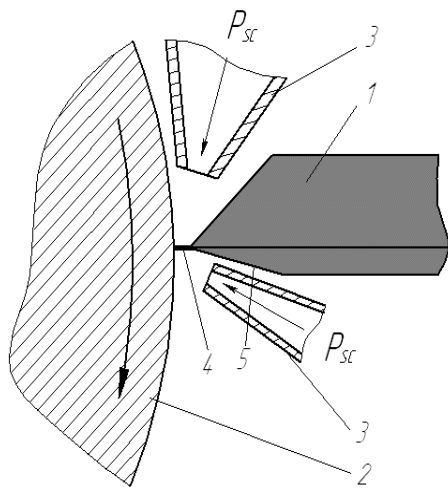


Рисунок 1 – Схема РОД непрофільованим електродом тіл обертання

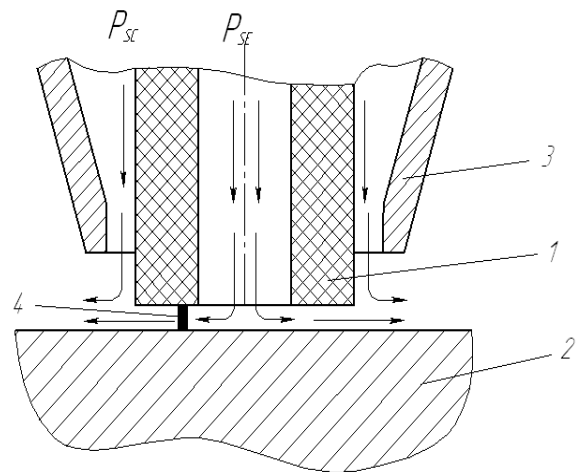


Рисунок 2 – Схема РОД непрофільованим електродом площини

Як наслідок, в умовах такого процесу можна легко керувати якістю процесу обробки незалежно від струму за рахунок зміни динамічного тиску потоку, здійснюючи обробку в широкому діапазоні режимів, починаючи від грубого розмірного плавлення і аж до переважаючого тонкого розмірного випаровування. Таким чином динамічний тиск потоку робочої рідини в умовах РОД непрофільованим електродом, як і за умов обробки профільованим електродом, є основним параметром процесу, який визначає, в кінцевому підсумку, можливість та якісну сторону процесу обробки.

Дугу при РОД непрофільованим електродом живили постійним струмом з метою використання ефекту полярності електричної ерозії, який дозволяє забезпечити максимальну продуктивність обробки ЕЗ і мінімальний знос ЕІ. В якості джерела живлення струмом використовувалися зварювальні випрямлячі ВДУ-504.

Пошукові дослідження РОД непрофільованим електродом показали, що типова осцилограма сили струму і напруги дуги (рис.3) принципово не відрізняється від типової осцилограми струму і напруги звичайної дуги при РОД профільованим електродом. В умовах РОД енергетичні параметри розряду (густина струму, напруженість елект-

ричного поля) регулюються легко, плавно і в широких межах за рахунок зміни динамічного тиску потоку і при збільшенні (зменшенні) останнього збільшуються (зменшуються), що треба розглядати в функції динамічного тиску потоку.

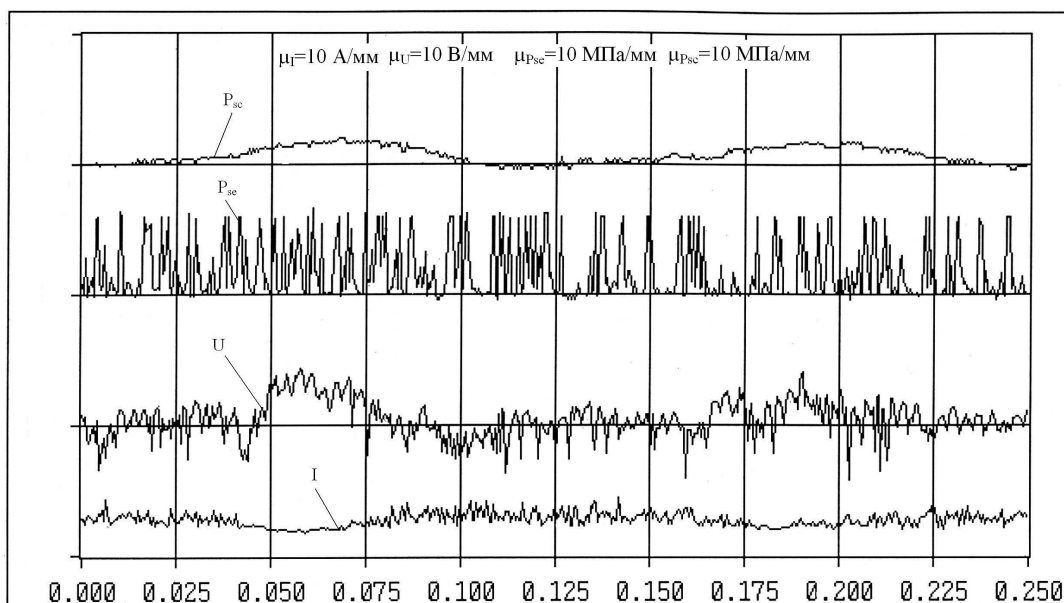


Рисунок 3 – Типова осцилограма процесу РОД непрофільованим електродом

В якості робочої рідини використовувалися емульсії та технічна вода, які принаймні зараз мають перевагу з точки зору технологічних та експлуатаційних характеристик.

В якості ЕІ були застосовані ЕІ з графіту, сталеві та твердосплавні. Вони мали приблизно таку ж ерозійну стійкість, як і при відомих способах РОД.

Шорсткість поверхні (рис.4), обробленої РОД непрофільованим електродом в цілому, не поступається досягнутій шорсткості при відомих способах РОД. Глибина, структура і твердість зони термічного впливу легко регулюється за рахунок зміни динамічного тиску потоку.

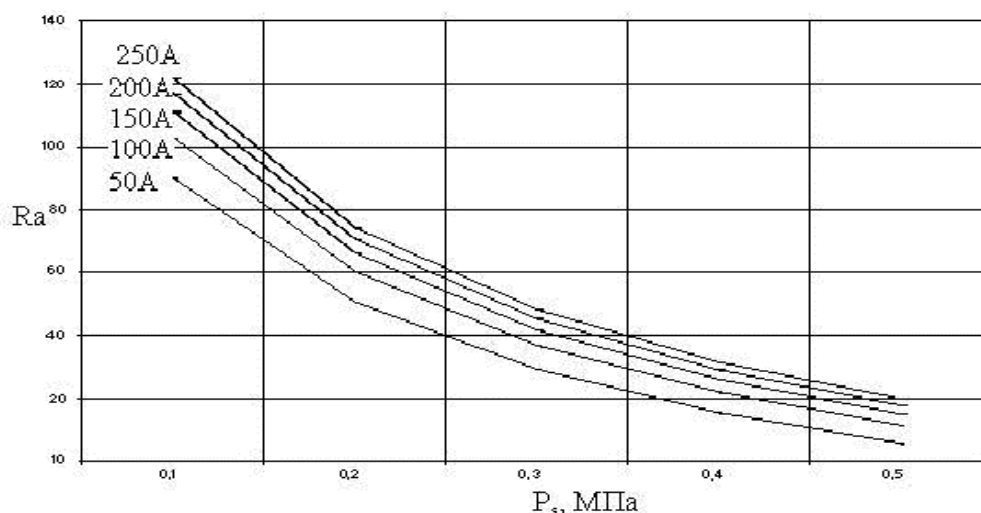


Рисунок 4 – Залежність шорсткості Ra від сили струму I та статичного тиску Ps

Оптимальна величина міжелектродних зазорів коливається в межах 0,1...0,2 мм. Точність обробки в цілому не поступається досягнутій при відомих способах РОД.

Порівняльна оброблюваність матеріалів в умовах процесу РОД непрофільованим електроодом оцінюється аналогічно, як і при відомих способах РОД. Продуктивність обробки сталей при струмі обробки 250А досягає 2700 мм<sup>3</sup>/хв. при *Ra* 6,3 мкм. Глибина зони термічного впливу знаходиться в межах кількох сотих долей міліметра. Питомі витрати електроенергії в залежності від режимів обробки складають для сталей 3...10 кВт·год/кг (100...300 кДж/см<sup>3</sup>).

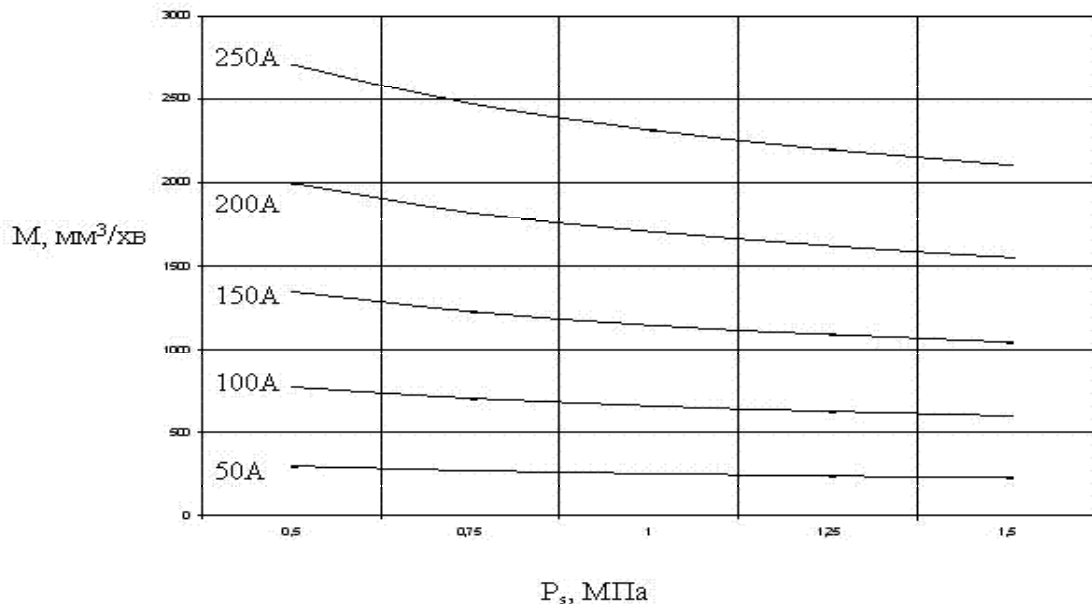


Рисунок 5 – Залежність продуктивності М від сили струму I та статичного тиску Ps

Отже, впровадження у виробництво процесу РОД непрофільованим електроодом для важкооброблюваних матеріалів являє, в відомих межах, високоефективну альтернативу традиційним процесам металообробки і є більш економічним та ефективнішим процесом, але при практичній реалізації процесу виникають проблеми технологічного характеру, які можна реалізувати шляхом вирішення таких задач:

1. Визначення впливу фізико-технологічних характеристик процесу РОД непрофільованим електроодом на його кількість та якісні показники.

2. Теоретичні і експериментальні дослідження та оптимізація гідродинамічних характеристик процесу.

3. Обґрунтування та оптимізація геометричних параметрів ЕІ. Розробка рекомендацій, методики проектування та розрахунок виконавчих розмірів ЕІ.

4. Розробка, дослідження і опис технологічних схем формоутворення РОД непрофільованим електроодом важкооброблюваних матеріалів.

5. Дослідження та опис технологічних характеристик процесу РОД, зокрема продуктивності і точності обробки, якості обробленої поверхні, стійкості ЕІ.

6. Розробка технологічних процесів та пристроїв для РОД непрофільованим електроодом фасонних поверхонь.

Показано, що процес РОД непрофільованим електроодом важкооброблюваних струмопровідних матеріалів є високоефективною альтернативою механічній (силовій) обробці і може за певних умов на якісно вищому рівні з нею конкурувати. Тому

необхідною є подальша розробка і впровадження у виробництво технології, обладнання та пристроїв цього процесу.

## Список літератури

1. Ящерицын П.И. и др. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учеб. Для вузов / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Е.Э. Фельдштейн. – Мн.: Выш. Шк., 1990.– 512с.:ил.
2. Потапов В. А. Опыт эксплуатации лазерных и плазменных установок для резки на заводах США // Сварщик. – 2000. – № 6. – С. 32-36.
3. Рябов И. В., Левченко Б.М., Донцов А.М., Климов А.В., Минаков В.Н. Станок с ЧПУ для электроэрозионной обработки короткой дугой. Научный и производственно-технический журнал “Электроэрозионная обработка материалов”.Изд-во “Штиинца” 1988. – 70с.
4. Носуленко В. І. Розмірна обробка металів електричною дугою: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.03.07 / Кіровоград. держ. техн. ун-т. - К., 1999. – 36 с.
5. Размерная электрическая обработка металлов: Учеб. пособие для студентов вузов / Б. А. Артамонов, А. Л. Вишницкий, Ю. С. Волков, А. В. Глазков; Под ред. А. В. Глазкова. – М.: Высш. школа, 1978. – 336 с
6. Носуленко В. І., Великий П. Н., Сиса О. Ф., Чумаченко О. С. Электроэрозионные головки РОД к металлорежущим станкам // Материалы 9 международной научно-практической конф. “Организация и технологии ремонта машин, механизмов и оборудования – 2001” . – Киев: – 2001. С. 77-78.

В результате теоретических и поисковых исследований параметров процессов механической обработки, плазменной обработки и обработки короткой дугой показано, что процесс РОД непрофилируемым электродом имеет более широкие технологические возможности, а также обеспечивает более высокую экономическую эффективность по сравнению с отмеченными процессами.

As a result of theoretical and basic researches of parameters of processes of machining, plasma processing and processing by a short arch it is shown, that process the ROD an electrode not having a structure has wider technological opportunities, and also provides higher economic efficiency in comparison with the marked processes.