

ІННОВАЦІЙНІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.9.048.4

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1\(32\).146-154](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1(32).146-154)

В.І. Носуленко, проф., д-р техн. наук, **В.М. Шмельов**, доц., канд. техн. наук,
А.А. Пащенко, асп.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький,
Україна*

e-mail: shmelyovvm@gmail.com

Розмірна обробка електричною дугою як наступний етап розвитку електророзрядної обробки

Описано етапи розвитку електророзрядної обробки, що дозволяє зробити висновок, що розмірна обробка електричною дугою має природний зв'язок з відомими способами електророзрядної обробки, заснованими на використанні нестационарного дугового розряду, а її поява підготовлена попереднім розвитком електророзрядної обробки, є природним розвитком останньої, і, отже, розмірна обробка електричною дугою може розглядатись як спосіб електророзрядної обробки. Зрозуміло, що розмірна обробка електричною дугою не може вирішити всіх проблем електророзрядної обробки, в зв'язку з чим не тільки не виключає, але й передбачає широке застосування відомих способів електророзрядної обробки – електроіскрового, електроімпульсного та електроконтактного, кожен з яких відрізняється своїми особливостями, має свою область промислового застосування і безперервно вдосконалюється, доповнюючи один одного. Тому можна зазначити, що з появою розмірної обробки електричною дугою технологічні можливості електророзрядної обробки в цілому значно зросли, зросла її економічна ефективність та конкурентоспроможність з іншими способами металообробки і, перш за все, з обробкою металів різанням.

електрична дуга, електроіскрова обробка, електроімпульсна обробка, електроконтактна обробка, електророзрядна обробка, розмірна обробка електричною дугою

В.І. Носуленко, проф., д-р техн. наук, **В.Н. Шмелев**, доц., канд. техн. наук, **А.А. Пащенко**, асп.

Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Размерная обработка электрической дугой как следующий этап развития электроразрядной обработки

Описаны этапы развития электроразрядной обработки, это позволяет сделать вывод о том, что размерная обработка электрической дугой имеет естественную связь с известными способами электроразрядной обработки основанными на использовании нестационарного дуговой разряда, а ее появление подготовлена предшествующим развитием электроразрядной обработки является естественным развитием последней, как следствие, размерная обработка электрической дугой может рассматриваться как способ электроразрядной обработки. Понятно, что размерная обработка электрической дугой не может решить всех проблем электроразрядной обработки, в связи с чем не только не исключает, но и предполагает широкое применение известных способов электроразрядной обработки - электроискрового, электроимпульсной и электроконтактной, каждый из которых отличается своими особенностями, имеет своей области промышленного применения и непрерывно совершенствуется, дополняя друг друга. Поэтому можно отметить, что с появлением размерной обработки электрической дугой технологические возможности электроразрядной обработки в целом значительно выросли, возросла ее экономическая эффективность и конкурентоспособность с другими способами металлообработки и, прежде всего, с обработкой металлов резанием.

электрическая дуга, электроискровой обработки, электроимпульсная обработка, электроконтактная обработка, электроразрядными обработка, размерная обработка электрической дугой

© В.І. Носуленко, В.М. Шмельов, А.А. Пащенко, 2019

Постановка проблеми. Згідно існуючих уявлень та прийнятої, інколи випадково, термінології при опису процесів електророзрядної обробки (ЕРО) в залежності від виду електричних розрядів, параметрів імпульсів струму, напруги та інших умов розрізняють електроіскрову обробку, височастотну обробку, електроімпульсну обробку, електроконтактну обробку, обробку короткою дугою, обробку квазістаціонарною дугою постійного струму, розмірну обробку електричною дугою (РОД), плазмову обробку та інші, кожна з яких відрізняється вихідними технологічними характеристиками, обладнанням та має свою область промислового застосування.

Основою будь-якого знання є пізнання сутності об'єкту. В цьому, власне, полягає основна задача науки. Логіка розвитку пізнання приводить до необхідності чітко відрізнити те, що складає суть об'єкта, від того, якою вона здається, якою ми її бачимо. Суть є вузловим пунктом внутрішнього зв'язку основних моментів, сторін об'єкта, а досягнути суті об'єкта – це зрозуміти причини і умови його виникнення, його визначальні властивості, закони його життя, характерні для нього протиріччя, тенденції розвитку.

В цьому зв'язку покажемо, що РОД має природний зв'язок і однакову фізичну природу з відомими способами ЕРО, а несхожість способів ЕРО, їх відміни, які спостерігаються, це лише різні форми виявлення однієї й тієї ж фізичної суті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На погляд Л. Леба [1], “надзвичайно високі концентрації енергії в катодній плямі і прилеглий до неї контрагований плазмі роблять взагалі проблематичним для поверхні плями застосування таких понять, як робота виходу електронів, теплопровідність, температура, теплота випаровування, тиск і т. і.” І. Г. Кесаєв стверджує: “Складання балансу енергії для катода при сучасному рівні знань пов'язано зі значною невизначеністю при виборі величин, що входять до нього, внаслідок чого цей метод вирішення задачі є заздалегідь хибним” [2]. Треба відразу ж зазначити, що “при вивченні електричних дуг явищам біля анода приділялось значно менше уваги, ніж явищам біля катода” [3], в зв'язку з чим складання балансу енергії для анода тим більш ускладнене.

Що ж до порівняльних характеристик джерел тепла на катоді і аноді, то для звичайних дуг типа зварювальних “анодна область, на погляд більшості дослідників, має більшу довжину (висоту) та об'єм, ніж катодна. Тому концентрація енергії в цій області звичайно менша, ніж на катоді, а кумулятивні процеси при її руйнуванні повинні в більшості випадків протікати більш мляво [4]”. Відомо також, що “анодна пляма має більшу тенденцію залишатись нерухомою, ніж катодна пляма” [5]. Крім того, якість джерел тепла на катоді і аноді значною мірою визначається теплофізичними константами матеріалу окремо на катоді і окремо на аноді. Так, наприклад, виявляється, що, на відміну від сталевих, тугоплавкі катода, наприклад з вольфраму, руйнуються значно менш інтенсивно, ніж аноди. І, нарешті, Р. Еккер зазначає [6] “...приелектродні області відлякують експериментаторів та теоретиків великою різноманітністю форм існування... Нестачі в кількості робіт нема, недостає тільки ясності та об'єктивності.”

Постановка завдання. Очевидно, що пізнання суті РОД – це, перш за все, пізнання фізичної суті, фізичної природи “інструмента” обробки, яким є стаціонарна електрична дуга в умовах РОД. Пізнання ж загального і відмін у різних способах, різновидах ЕРО – це перш за все пізнання загального і відмін електричних розрядів, які при цьому застосовуються. Покажемо, що всі різновиди ЕРО засновані на використанні електричних розрядів єдиної фізичної природи – того, що називають електричним

дуговим розрядом. Саме це є суть “інструмента” обробки в умовах ЕРО. Саме це є те спільне, що об’єднує і робить схожими всі відомі способи ЕРО. Несхожість, відмінні електричних розрядів в умовах різноманітних способів ЕРО – це лише різні форми виявлення однієї і тієї ж фізичної суті – електричного дугового розряду.

Надалі на основі експериментальних даних, покажемо, що, дійсно, всі різновиди електророзрядної обробки засновані на використанні електричних дугових розрядів, які реалізуються в різноманітних умовах взаємодії з зовнішнім середовищем і відрізняються тим, що неодмінно забезпечують енергетичні характеристики, достатні для локального руйнування металу за рахунок його плавлення і випаровування.

Виклад основного матеріалу. Сучасний науковий світогляд твердо спирається на принцип руху, зміни, розвитку як загальний фундаментальний принцип буття і пізнання. Для того, щоб правильно зрозуміти будь-яке явище, треба розглядати його в зв’язку з іншими явищами, знати його походження і витоки та подальший розвиток. В цьому зв’язку простежимо за розвитком ЕРО. Покажемо, що РОД має природний зв’язок з відомими способами ЕРО, а її поява підготовлена попереднім розвитком теорії і практики ЕРО і, в кінцевому підсумку, РОД може розглядатись як наступний етап розвитку ЕРО (рис. 1). ЕРО, як зазначалось, заснована на використанні перетвореної в тепло енергії електричних дугових розрядів різної тривалості, що горять поміж ЕІ та ЕЗ. Історично склалось так, що практичне застосування для обробки металів раніше інших отримав стаціонарний електричний дуговий розряд – так звана електрична вольтова дуга. 1886 року в Росії Бенардосу М.М. була видана “Привілея” за № 194 на “Спосіб з’єднання і роз’єднання металів безпосередньою дією електричного струму”. На цей винахід Бенардос отримав патенти в Росії, Франції, Бельгії, Великобританії, Італії, Німеччині, Швеції, Норвегії, Данії, Швейцарії і Австро-Угорщині.

Рік	1886	1925	1943	1948	1968
Автор	Бенардос Н. Н.	Грумфельт О.	Лазаренко Б. Р.	Писаревський М.М.	Носуленко В. І.
Документ	Привілея Росії № 194	Патент СССР № 2776	СССР А. с. № 70010	СССР А. с. № 80718	СССР А. с. № 368975
Різновиди способів	Обробка електричною дугою	Електроконтактна обробка	Електроіскрова обробка	Електроімпульсна обробка	РОД
Опис	Спосіб...роз’єднання металів дією електричного струму ... заснований на утворенні вольтової дуги між місцем обробки металу, що становить один електрод, і другим електродом (вуглем). Цим способом можуть бути виконані такі роботи : ... роз’єднання і розрізання металів на частини, свердлування або виготовлення отворів і порожнин... Вугілля або речовина, що замінює вугілля може мати різні форми.	...метал піддається дії перерваної дуги, яку отримують за допомогою зубчатого диска, що має периферійну швидкість близько 120 м/с	...засновано на використанні іскрового розряду тривалістю до кількох мікросекунд, що відбувається в рідкому середовищі	... засновано на використанні імпульсних дугових розрядів великої тривалості (до 10^{-3} с)	... обробку здійснюють в потоці рідини стаціонарним електричним дуговим розрядом
Вид розряду	Стаціонарний дуговий	Імпульсний	Іскровий	Імпульсний	Стаціонарний дуговий
Характеристика розряду	Стаціонарний дуговий	Нестационарний дуговий			Стаціонарний дуговий
Етапи розвитку	Теза	Антитеза			Синтез

Рисунок 1 – Етапи розвитку ЕРО

Джерело: розроблено автором на основі [7]

В опису до цієї “Привілеї” суть винаходу викладена так: “Предмет винаходу являє спосіб (тут і надалі виділено нами - В. Н.) з’єднання і роз’єднання металів дією електричного струму, який названо “електрогефест” і заснований на безпосередньому

утворенні вольтової дуги між місцем обробки металу, що становить один електрод, і підведеної до цього місця рукоятки з другим електродом, з'єднаний з відповідним полюсом електричного струму. Цим способом можуть бути виконані такі роботи: з'єднання частин поміж собою, роз'єднання і розрізання металів на частини, свердлування або виготовлення отворів і порожнин та наплавлення шарами. Вольтова дуга утворюється в місці, де повинна бути виконана одна з вищезгаданих робіт, наближенням вугілля (або іншої струмопровідної речовини) до частини, що обробляється, причому це вугілля буде позитивним або негативним полюсом, а другим полюсом буде оброблювана частина. Вугілля або речовина, що замінює вугілля, може мати різні форми.”

Таким чином виникнення ЕРО треба віднести до тих часів, коли електрична дуга знайшла застосування для плавлення і грубої обробки металевих заготовок, оскільки саме до цього періоду, як зазначено в “Привілеї”, треба віднести перші спроби використати електричну дугу для “свердлування або виготовлення отворів і порожнин”. Як бачимо вихідним пунктом, початковим етапом розвитку ЕРО є використання для обробки металу звичайної електричної дуги, яка являла собою стаціонарний електричний дуговий розряд. Прослідкуємо за розвитком ЕРО, починаючи саме з цього моменту.

Найбільш повним, всебічним і глибоким ученням про розвиток є діалектика – наука про загальні закони руху і розвитку природи, людського суспільства і мислення. Закони діалектики діють всюди, вони охоплюють всі сторони дійсності. Вони суть, закони природи, суспільства і мислення. Тому вони мають загальне пізнавальне методологічне значення, і отже, діалектика - це метод не однієї якої-небудь області знання, а загальний метод пізнавальної діяльності людей.

Як відомо, на питання, що є джерелом руху, розвитку, чому відбувається розвиток, відповідає один із основних законів діалектики – закон єдності і боротьби протилежностей. Згідно цього закону, всім речам, явищам, процесам властиві внутрішні протиріччя, протилежні сторони і тенденції, які знаходяться в стані взаємозаперечення; боротьба протилежностей дає внутрішній імпульс до розвитку, веде до нарощування протиріч, які розв'язуються на відповідному етапі зникненням старого і появою нового.

З появою ЕРО виникли і почали розвиватись протиріччя, властиві даному процесу обробки і такі, що складали рушійну силу його розвитку. Ці протиріччя полягали в тому, що з однієї сторони, застосування електричної дуги для обробки металів відкривало великі технологічні можливості, дозволяло, наприклад, обробляти метали з будь-якими механічними властивостями, не вимагало використання інструменту більш твердого, ніж оброблюваний метал і т. і. Проте з іншої сторони, як кількісна, так і особливо якісна сторони процесу обробки не змогли задовольнити потреб практики. Дійсно, застосування на початку розвитку ЕРО звичайної електричної дуги не змогло вирішити задачу розмірної обробки металу, оскільки звичайна електрична дуга не забезпечила достатньо високих для локального руйнування металу енергетичних характеристик розряду. Отже, для того щоб отримати відповідне практичне застосування, ЕРО повинна була мати подальший розвиток.

На питання про те, в якому напрямку іде розвиток, відповідає один із основних законів діалектики – закон заперечень заперечень. Дія цього закону обумовлює зв'язок, спадкоємність між тим, що заперечується і тим, що заперечує, внаслідок чого діалектичне заперечення виступає не як голе заперечення, що відкидає попередній розвиток, а як умова розвитку, що утримує та зберігає в собі весь позитивний зміст попередніх стадій розвитку, повторюючого на вищій основі деякі риси вихідних

сходинок і такого, що має в цілому поступальний, зростаючий характер. Часто процес заперечень зображують в термінах: “теза” (вихідний пункт розвитку), “антитеза” (перше заперечення) та “синтез” (друге заперечення), розглядаючи суть розвитку в цій трійці. Поступальність розвитку, проте, не можна розуміти спрощено, вона реалізується в боротьбі різних тенденцій, пробиває собі дорогу лише в підсумку, в масі перехресних ліній розвитку. Окремі лінії загального розвитку можуть бути спрямовані не вперед, а назад, виражати моменти регресу, руху назад. Кожний прогрес в органічному розвитку є разом з тим і регресом, оскільки закріплює односторонній розвиток і виключає можливість розвитку в багатьох інших напрямках.

Розвиток ЕРО, як відомо, пішов в напрямку зміни виду електричного розряду, а саме: на зміну стаціонарному дуговому розряду (звичайній електричній дузі) прийшов нестаціонарний імпульсний дуговий розряд. Такий розряд вже забезпечував достатньо високі для локального руйнування металу енергетичні характеристики і був використаний для розмірної обробки металів. Так з’явилась електроконтактна обробка. Перші відомості практичного використання електроконтактної обробки відносяться до 1925р. (Пат. 2776 ССРСР. Способ и устройство для электрической резки металлов / О.Грумпельт) [7], коли Грумпельт О. запропонував електрофрикційний спосіб розрізання металу при напрузі 5...20В перерваними дугами, що створювались зубчастим диском, який обертався з окружною швидкістю до 120м/с.

Таким чином вихідний пункт розвитку ЕРО (теза) відповідає використанню для обробки металів стаціонарного електричного дугового розряду, а перше заперечення (антитеза) відповідає використанню для обробки металів нестаціонарного дугового розряду.

Якісно новим етапом розвитку ЕРО стала електроіскрова обробка, що була запропонована Б. Р. Лазаренко і Н. І. Лазаренко 1943 року (А.с. 70010 ССРСР. Способ обработки металлов, сплавов и иных токопроводящих материалов / Б. Р. Лазаренко, Н. И. Лазаренко) [7] і яка відрізняється використанням так званих іскрових розрядів (електричних дугових розрядів малої тривалості). Така обробка забезпечила якісну сторону процесу обробки і першою з електророзрядних способів обробки отримала достатньо широке практичне застосування.

Електроіскрова обробка, як і електроконтактна, заснована на використанні нестаціонарних дугових розрядів, але це якісно інші розряди – їх тривалість значно менша, а енергетичні характеристики значно вищі, в зв’язку з чим, власне, і виявляється можливим забезпечити якісну сторону процесу обробки. Перед нами, таким чином, приклад прояву одного із основних законів діалектики – закону переходу кількісних змін (тривалості розряду) в якісні (енергетичні характеристики розряду), який, як відомо, відповідає на питання, як відбувається розвиток. Цей закон являє собою такий взаємозв’язок і таку взаємодію кількісних і якісних сторін явища, процесу, внаслідок яких дрібні, спочатку непомітні кількісні зміни, поступово накопичуючись, рано чи пізно порушують міру явища, процесу і викликають докорінні зміни, які спостерігаються у вигляді стрибків і здійснюються залежно від природи об’єктів і умов їх розвитку в різноманітних формах. Цей закон орієнтує на те, щоб розглядати і вивчати явища як єдність якісної і кількісної сторін, бачити складні взаємозв’язки і взаємодію цих сторін, зміну співвідношень поміж ними. Кількісні зміни відбуваються безперервно і поступово. Стадія безперервного кількісного розвитку не змінює якості, проте створює для цього передумови. Якісні зміни відбуваються у вигляді розриву безперервності, поступовості, іншими словами, будь-яка якісна зміна відбувається у вигляді стрибка. Завершуючи будь-який процес, стрибок означає момент якісної зміни

явища, перелом, критичну стадію розвитку. Отже, розвиток, будучи єдністю кількісних і якісних змін, є разом з тим і єдністю безперервності і перервності.

Оскільки електроіскрова обробка в зв'язку з рядом недоліків (низька продуктивність, великий знос ЕІ, висока енергоємність процесу) не змогла повністю задовольнити потреби практики, ЕРО отримує подальший розвиток. І вже 1948 р. Писаревський М. М. пропонує дугоімпульсний спосіб обробки (А.с. 80718 ССРСР. Способ обработки металлов и сплавов / Писаревский М. М) [7], заснований на використанні імпульсних дугових розрядів досить великої тривалості. Так з'являється електроімпульсна обробка, яка в результаті робіт ряду учених і винахідників на цей час досягла найвищої досконалості серед відомих електророзрядних способів обробки. Порівняно з електроіскровою обробкою електроімпульсна обробка забезпечила значно більш високу продуктивність, меншу енергоємність процесу, незначний знос ЕІ.

Проте, не зважаючи на те, що ЕРО, яка представлена електроіскровою, електроімпульсною і швидкопрогресуючою електроконтактною обробкою, досягла високої досконалості, вона все ще має ряд суттєвих недоліків, не завжди може задовольнити потреби практики, недостатньо конкурентоспроможна не лише з обробкою різанням, але і з електрохімічною обробкою, перш за все за продуктивністю. Тому є потреба в подальшому розвитку ЕРО.

Якщо підвести деякі підсумки, можна зазначити, що викликані потребами практики способи електроіскрової, електроімпульсної і електроконтактної обробки, які засновані на використанні нестационарних дугових розрядів різної тривалості, отримали відповідний розвиток і достатньо широке застосування і являють собою перше заперечення (антитезу) вихідного пункту розвитку ЕРО – обробки стаціонарним електричним дуговим розрядом (тези).

Проте, як відомо, одним актом заперечення розвиток явища, процесу не вичерпується. Дійсно, як би не зберігались в першому запереченні якісь елементи позитивного, притаманні тому, що підлягало запереченню, воно, тобто перше заперечення, є його протилежністю. Стосунки вихідної форми і першого заперечення – це стосунки протилежностей, двох протилежних форм. Вони містять в собі абстрактну однобічність, яка повинна бути подолана, щоб з'явилась можливість подальшого розвитку.

В цьому випадку заперечення і виступає в якості синтезу всього попереднього розвитку, синтезу цих однобічно протилежних форм, що долає і розв'язує протиріччя поміж ними. Оскільки підлягає запереченню те, що заперечувало вихідну форму, то зрозуміло, що таке подвійне заперечення веде до відновлення деяких сторін, рис цієї вихідної форми.

Таким чином, якщо виходити з викладеного, можна зробити висновок, що подальший розвиток ЕРО повинен йти в напрямку використання стаціонарного електричного дугового розряду. Дійсно, згідно закону заперечень вдосконалення і розвиток ЕРО, заснованої на використанні нестационарних електричних дугових розрядів різної тривалості, об'єктивно повинно містити в собі своє заперечення, тобто тенденцію до стаціонарного електричного дугового розряду. Якщо проаналізувати розвиток ЕРО можна побачити, що тенденція до використання стаціонарного електричного дугового розряду намітилась вже давно, ще з появою електроімпульсної обробки, яка порівняно з електроіскровою обробкою реалізує електричні дугові розряди більшої тривалості [8]. Найбільш помітно ця тенденція проглядається в розвитку електроконтактної обробки, яка на сьогодні досягла досить високого рівня і при реалізації якої використовуються нестационарні електричні дугові розряди

найбільшої тривалості аж до стаціонарного [9].

В кінцевому підсумку тенденція розвитку ЕРО до використання стаціонарного електричного дугового розряду повинна привести до якісного стрибка, тобто до використання стаціонарного електричного дугового розряду що, на нашу думку, об'єктивно проявляється в способі РОД.

РОД являє собою ніби повернення до вихідного пункту розвитку ЕРО, коли використовувалась звичайна стаціонарна електрична дуга, бо і те, й інше в своїй основі передбачає використання стаціонарного електричного дугового розряду. Проте це повернення не є простим повторенням, воно являє собою якісно зовсім інше, виступаючи в якості синтезу всього попереднього розвитку ЕРО, а саме: від першого етапу розвитку (тези) залишилась форма розряду (стаціонарний електричний дуговий розряд), як така, що має перевагу перед нестаціонарним розрядом з точки зору простоти отримання і забезпечення кількісної сторони процесу обробки (високої продуктивності); від другого етапу розвитку (антитеза) – залишались достатньо високі для локального руйнування металу енергетичні характеристики розряду, в зв'язку з чим є можливим забезпечити якісну сторону процесу обробки [10].

Висновки: Таким чином, якщо підвести підсумки, можна зробити висновок, що РОД має природний зв'язок з відомими способами ЕРО, заснованими на використанні нестаціонарного дугового розряду, а її поява підготовлена попереднім розвитком ЕРО, є природним розвитком останньої, і, отже, РОД може розглядатись як спосіб ЕРО. Зрозуміло, що РОД не може вирішити всіх проблем ЕРО, в зв'язку з чим не тільки не виключає, але й передбачає широке застосування відомих способів ЕРО – електроіскрового, електроімпульсного та електроконтактного, кожен з яких відрізняється своїми особливостями, має свою область промислового застосування і безперервно вдосконалюється, доповнюючи один одного. Тому можна зазначити, що з появою РОД технологічні можливості ЕРО в цілому значно зросли, зросла її економічна ефективність та конкурентоспроможність з іншими способами металообробки і, перш за все, з обробкою металів різанням.

Список літератури

1. Киселев М.Г. Мрочек Ж.А., Дроздов А.В. Электрофизическая и электрохимическая обработка материалов: учебное пособие. Москва: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2014. 389 с.
2. Носуленко В. І., Шмельов В.М. Особливості електричної дуги в поперечному потоці рідини. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2017. Вип 30. С.103-110.
3. Серебренничий П. П. Современные электроэрозионные технологии и оборудование: учебное пособие для вузов по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств". Изд.2-е, перераб. и доп. Санкт-Петербург: Лань, 2013. 352 с.
4. Абляз Т.Р., Ханов А.М., Хурматуллин О.Г. Современные подходы к технологии электроэрозионной обработки материалов: учеб. пособие. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. 120 с.
5. Носуленко В.И., Шмельов В.Н. О качестве источников тепла на электродах в условиях процесса размерной обработки электрической дугой. *Научно-теоретический и практический журнал "Оралдын ғылым жаршысы". Серия "Технические науки. Физика. Современные информационные технологии"*. 2014. № 8 (87). С. 61-68.
6. Носуленко В. І., Шмельов В.М. Якісні характеристики джерел тепла на сталевих електродах. *Збірник наукових праць кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2018. Вип 31. С.80-90.
7. Ставицкий Б.И. Из истории электроискровой обработки материалов. Харьков: ЧФ «ЦентрИнформ», 2013. 133 с.

8. Носенко В. А., Даниленко М.В. Физико-химические методы обработки материалов: учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2019. 196 с.
9. Технология конструкционных материалов: учебник для вузов / Под ред. Ю.М. Барона. Санкт-Петербург: Питер, 2015. 512с. ил..
10. Носуленко В. І., Шмельов В.М. Розмірна обробка металів електричною дугою: навчальний посібник. Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. 256 с.

References

1. Kiselev, M.G. Mrochek, Zh.A., & Drozdov, A.V. (2014). *Elektrofizicheskaya i elektrohimicheskaya obrabotka materialov* – [Electrophysical and electrochemical processing of materials]. Moscow: NITs INFRA-Moskow: Nov. znanie [in Russian].
2. Nosulenko, V. I., & Shmelov, V.M. (2017). Osoblyvosti elektrychnoi duhy v poperechnomu pototsi ridyny [Features of an electric arc in a cross flow of fluid]. *Zbirnyk naukovykh prats kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia – Collected Works of Kirovohrad National Technical University machinery in agricultural production, industry machine building, automation, vol. 30*, 153-156 [in Ukrainian].
3. Serebrenitskiy, P. P. (2013) *Sovremennyye elektroerozionnyie tehnologii i oborudovanie* [Modern electroerosion technologies and equipment]. Sankt-Peterburg: Lan [in Russian].
4. Abliaz, T.R., Khanov, A.M., & Khurmatullin, O.G. (2012). *Sovremennyye podkhody k tekhnologii elektroerozionnoi obrabotki materialov* [Modern approaches to technology of electroerosive processing of materials]. Perm': Izdatel'stvo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta [in Russian].
5. Nosulenko, V.I. & Shmelev, V.N. (2014). O kachestve istochnikov tepla na elektrodakh v usloviyakh protsessa razmernoy obrabotki elektricheskoy dugoy [On the quality of heat sources at the electrodes under the conditions of dimensional processing the electric arc]. *Nauchno-teoreticheskii i prakticheskii zhurnal "Oraldyn gylym zharshysy". Seriya "Tekhnicheskie nauki. Fizika. Sovremennyye informatsionnye tehnologii". "Oral kalasi" – Scientific-theoretical and practical journal "Scientific-research organization". A series of "Technical Sciences. Physics and Modern Information Technologies"*, vol. 8, (87), 61-68 [in Russian].
6. Nosulenko, V. I., & Shmelov, V.M. (2018). Yakisni kharakterystyky dzherel tepla na stalevykh elektrodakh [Qualitative characteristics of heat sources on steel electrodes]. *Zbirnyk naukovykh prats kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia – Collected Works of Kirovohrad National Technical University machinery in agricultural production, industry machine building, automation, vol. 31*, 80-90 [in Ukrainian].
7. Stavitskiy, B.I. (2013). *Iz istorii elektroiskrovoy obrabotki materialov* [From the history of electrospark material processing]. Harkov: ChF «TsentrInform» [in Russian].
8. Nosenko, V. A., & Danilenko, M.V. (2019). *Fiziko-himicheskie metody obrabotki materialov* [Physico-chemical methods of processing materials]. Staryiy Oskol: ООО «Тонкие наукоемкие технологии» [in Russian].
9. Baron, Yu.M. (Eds.). (2015). *Tehnologiya konstruksionnyih materialov* [Technology of construction materials]. Sankt-Peterburg: Piter [in Russian].
10. Nosulenko, V.I. & Shmelev, V.N. (2017). *RozmIrna obrobka metalIv elektrichnoyu dugoyu* [Dimensional processing of metals by an electric arc]. Kropyvnytskyi: PP «Eksklyuziv-Sistem» [in Ukrainian].

Victor Nosulenko, Prof., DSc., **Vitaliy Shmelyov**, Assoc. Prof., Phd tech. sci., **Andrey Paschenko**, post-graduate

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Dimensional Electric Arc Processing as the Next Stage of Development of Electric Discharge Processing

According to existing concepts and accepted, sometimes by accident, terminology in the description of the electrodischarge processes, depending on the type of electrical discharges, current pulse parameters, voltage and other conditions, distinguish electrospark processing, high frequency processing, electroimpulse processing, electrocontact processing, short arc processing, quasi-stationary arc machining direct current, electric arc size processing, plasma processing, etc., each of which has different output characteristics, equipment and has area its industrial applications.

The basis of any knowledge is the knowledge of the essence of the object. In this, in fact, is the main task of science. The logic of the development of knowledge leads to the need to clearly distinguish what constitutes the essence of the object, from what it seems, as we see it. Essence is a nodal point of internal communication of the main moments, sides of the object, and comprehend the essence of the object, it is to understand the causes and conditions of its occurrence, its determining properties, the laws of his life, characteristic of his contradictions, trends of development.

In this connection, it has been shown that dimensional electric arc machining has a natural connection and the same physical nature with known methods of electrodischarge processing, and the dissimilarity of the methods of electrodischarge processing, their removal, which are observed, are only different forms of detection of the same physical essence.

The stages of the development of electrodischarge processing are described, which allows us to conclude that the dimensional machining of an electric arc has a natural connection with known methods of electrodischarge processing, based on the use of a non-stationary arc discharge, and its appearance is prepared by the previous development of electrodischarge processing, is the natural development of the latter, and, consequently, dimensional electric arc processing can be considered as a method of electrodischarge processing. It is clear that the size of the electric arc can not solve all the problems of electrodischarge processing, therefore, not only does it exclude, but also envisages the widespread use of known methods of electrodischarge processing - electrospoke, electromotive pulse and electrocontact, each of which has its own characteristics, has its area of industrial application and is continuously improved, complementing each other. Therefore, it can be noted that with the advent of dimensional machining with an electric arc, the technological capabilities of electrodischarge processing in general have increased significantly, its economic efficiency and competitiveness has increased with other methods of metal working and, above all, with the processing of metals by cutting.

electric arc, electrospark processing, electroimpulse processing, electrocontact processing, electrodischarge processing, dimensional electric arc processing

Одержано (Received) 22.05.2019

Прорецензовано (Reviewed) 31.05.2019

Прийнято до друку (Approved) 04.06.2019

УДК 621.9.048.4

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1\(32\).154-165](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1(32).154-165)

В. М. Боков, проф., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: Viktor.alia.kntu@gmail.com

Розмірна обробка тіл обертання електричною дугою з використанням дротового електрода-інструмента

Запропоновано та досліджено високопродуктивний спосіб розмірної обробки тіл обертання електричною дугою з використанням дротового електрода-інструмента, який дозволяє підвищити точність обробки.

електрична дуга, гідродинамічний режим, дротовий електрод-інструмент, технологічна схема формоутворення

В. М. Боков, проф., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Размерная обработка тел вращения электрической дугой с использованием проволочного электрода-инструментом

Предложен и исследован высокопроизводительный способ размерной обработки тел вращения электрической дугой с использованием проволочного электрода-инструмента, который позволяет повысить точность обработки.

электрическая дуга, гидродинамический режим, проволочный электрод-инструмент, технологическая схема формообразования

© В. М. Боков, 2019