

УДК 621. 9. 048. 4

В.І.Носуленко, проф., докт. техн. наук, В.М.Шмельов, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

Електрична дуга як інструмент для розмірної обробки спряжених пар робочих деталей розділових штампів

Описано енергетичні характеристики електричної дуги при обробці сталевими електродами в умовах розмірної обробки електричною дугою (РОД) робочих деталей розділових штампів. Показано, що в умовах РОД густина струму і напруженість електричного поля дуги є головним чином функціями динамічного тиску робочої рідини і струму дуги. Наведені типові осцилограми напруги дуги і струму процесу РОД при обробці сталевими електродами, з яких видно, що не має принципових відмін від типових осцилограм струму і напруги відомих зварювальних і плазмових дуг, а сам процес відрізняється більш стабільними значеннями струму і напруги.

спряжена пара, розділовий штамп, електрична дуга, напруга дуги, струм дуги, динамічний тиск потоку робочої рідини, напруженість електричного поля дуги, густина струму

Виготовлення спряжених пар робочих деталей розділових штампів способом розмірної обробки електричною дугою (РОД) [1], що відрізняється більш високою продуктивністю порівняно з традиційними способами ЕЕО, в сукупності з способом керованого зносу електрод-інструмента (РОД СКЗЕІ) [2] дозволяє отримувати комплект спряжених пар робочих деталей розділових штампів необхідних геометричних розмірів з рівномірними зазорами. Проте для забезпечення необхідних технологічних можливостей такого процесу вимагає вивчення фізичний механізм електричної ерозії, зокрема електричні та геометричні характеристики дуги як інструменту для розмірної обробки при обробці сталевими електродами.

Електричні характеристики дуги, – струм I і напруга U , – можуть бути установлені за осцилограмами. Типова осцилограма струму і напруги в поперечному потоці рідини підтверджує безперервне горіння дуги (рис. 1), не має принципових відмін від типових осцилограм струму і напруги відомих зварювальних і плазмових дуг і відрізняється більш стабільними значеннями струму і напруги. Порівняно із зварювальними дугами напруга дуг, що горять в поперечному потоці рідини в умовах РОД, дещо вища і в ряді випадків наближується до напруги плазмових дуг для зварювання і різання металів. Струм такої дуги, як і для відомих дуг, може змінюватись від декількох ампер до багатьох тисяч ампер.

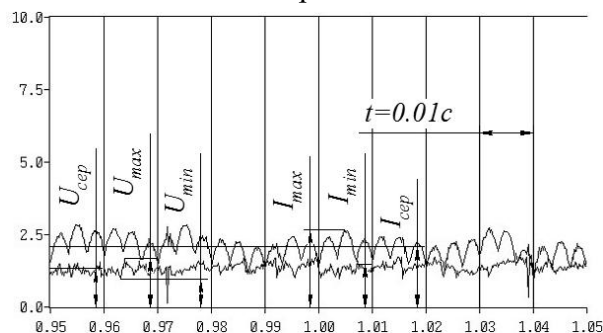


Рисунок 1 – Типова осцилограма напруги дуги U і струму I при РОД сталевими електродами

Струм I і напруга дуги U безперервно змінюються. Тому для кожного заданого проміжку часу t існування дуги треба розрізнити максимальну напругу дуги U_{max} , мінімальну напругу U_{min} , середню напругу $U_{сер}$, максимальний струм дуги I_{max} , мінімальний струм I_{min} , середній струм $I_{сер}$. При цьому максимальному струму I_{max} відповідає мінімальна напруга U_{min} і, навпаки, мініимальному струму I_{min} відповідає максимальна напруга U_{max} , що пояснюється використанням джерел живлення технологічним струмом із зовнішніми падаючими характеристиками.

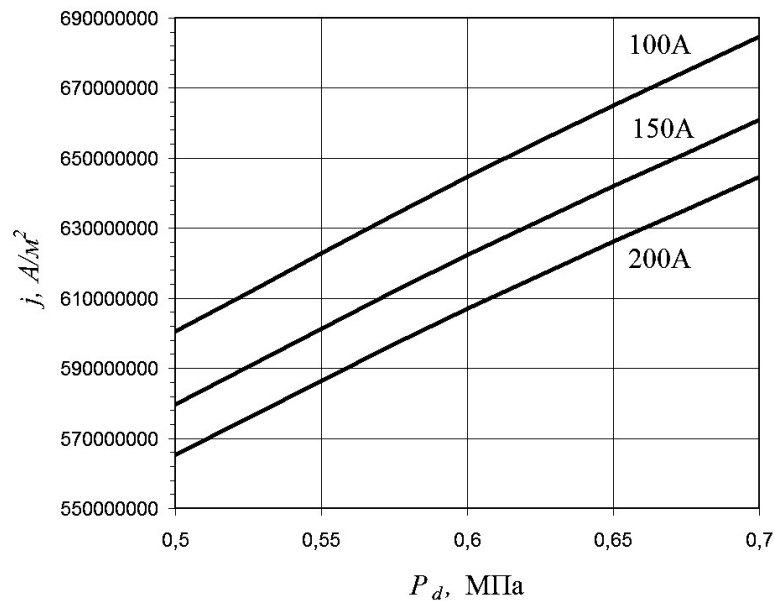
До геометричних характеристик дуги відносяться форма і розміри (площа поперечного перерізу і довжина) різних областей дуги. Вони необхідні при визначенні густини струму на аноді j_a , на катоді j_k , в стовпі дуги j_c та напруженості електричного поля в стовпі дуги E_c , а також для оцінки електроерозійної дії дуги на оброблюваний метал.

Дуга в поперечному потоці рідини переміщується по поверхні електродів зі значними швидкостями. Форма і розміри такої дуги безперервно змінюються. Площі поперечних перерізів катодної і анодної областей дуги визначались на підставі аналізу слідogram на аноді і катоді в результаті безпосередніх замірів відбитків короткочасної дуги з використанням відрахункового мікроскопа типу МПБ-2. Довжина дуги L приймалась рівною міжелектродному зазору δ , який визначався за результатами безпосередніх замірів по завершенні експерименту.

Площі поперечних перерізів стовпа, катодної і анодної областей дуги приблизно однакові, а тому приблизно однакові також і значення середньої густини струму в стовпі, катодній і анодній областях дуги. Площа поперечного перерізу дуги S є головним чином функцією струму I і динамічного тиску потоку робочої рідини P_d . Форма і розміри дуги в поперечному потоці рідини, яка знаходиться в постійному русі, безперервно змінюються. Форма поперечного перерізу такої дуги в більшості випадків являє собою овал, що наближається до круга, витягнутий в напрямку руху потоку.

Площа поперечного перерізу дуги зростає при збільшенні I та зменшенні P_d . Зазначимо, що порівняно зі звичайними зварювальними і плазмовими дугами [3] площа поперечного перерізу дуг в поперечному потоці рідини в умовах РОД при інших рівних умовах (струм і напруга) принаймні в декілька разів менше. Довжина дуги L є головним чином функцією напруги дуги U і динамічного тиску потоку робочої рідини P_d , і зростає при збільшенні U і зменшенні P_d . Зазначимо, що порівняно зі звичайними зварювальними і плазмовими дугами [4, с. 15...21] довжина дуг в поперечному потоці рідини за інших рівних умов (напруга і струм) в десятки разів менше. Це дозволяє використати таку дугу для достатньо точної розмірної обробки металів.

Густина струму в дузі u є головним чином функцією струму дуги I та динамічного тиску потоку робочої рідини P_d (рис. 2). Густина струму в дузі визначалась на підставі замірів площ відбитків короткочасної дуги на металевих електродах. Густина струму в дузі порівняно мало залежить від струму і значно залежить від динамічного тиску потоку рідини. При цьому порівняно зі звичайними зварювальними і плазмовими дугами [4,с.30] густина струму в дугах, що горять в поперечному потоці рідини, за інших рівних умов (струм і напруга) в декілька разів більше і наближується за своїми значеннями до густини струму в стовпі нестационарного іскрового електричного розряду [5, с. 98, 104], зокрема в умовах відомих способів ЕЕО [6, с. 35].

Рисунок 2 – Залежність густини струму j від P_d та I при обробці сталевими електродами

Про характер розподілу струму по поперечному перерізу дуги можна судити по характеру ерозійної дії дуги на металеві електроди, зокрема, по профілю лунок обробленої поверхні. На рисунку 3 показано профіль лунок на катоді і аноді зі сталі при протіканні дуги в поперечному потоці водопровідної води при струмі $I=400\text{А}$ і динамічному тиску потоку $P_d=0,1\text{МПа}$.

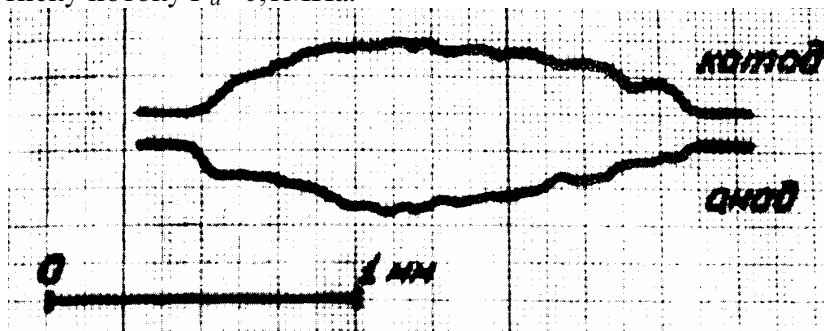


Рисунок 3 – Профіль лунок на аноді і катоді зі сталі

Приведені профілі лунок дозволяють зробити висновок, що при застосуванні для катода і анода сталі струм як в катодній, так і в анодній плямах розподілено достатньо рівномірно (оскільки лунки мають достатньо рівномірну глибину).

Важливим геометричним параметром дуги є довжина (висота) катодної і анодної областей. Наявність осцилограм напруги дуги “сталій процес - коротке замикання” дозволяє установити сумарну довжину катодної і анодної областей дуги. Дійсно, такі осцилограми (рис. 4) дозволяють достатньо точно визначити час t переміщення електрода на ділянці сумарної довжини катодної і анодної областей дуги. З іншої сторони, осцилографування переміщень електрода дозволяє установити швидкість його руху на цій ділянці. Тому сумарна довжина катодної і анодної областей дуги може бути визначена як добуток швидкості руху електрода на час його руху на ділянці сумарної довжини катодної і анодної областей дуги.

Отримані таким чином розрахункові дані показали, що при горінні дуги в поперечному потоці рідини сумарна довжина катодної і анодної областей дуги в діапазоні досліджених режимів обробки ($I=100\text{...}200\text{А}$, $P_d=0,5\text{...}0,7\text{МПа}$) для сталевих електродів складають $0,1\text{...}0,2\text{ мкм}$.

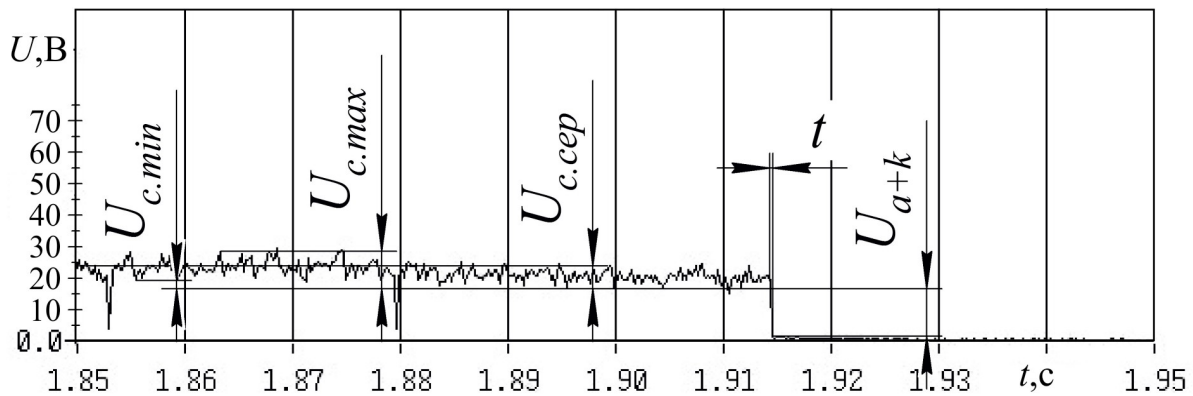


Рисунок 4 – Осцилограма напруги дуги U при зближенні електродів із сталі до короткого замикання

Якщо брати до уваги, що значення U_{k+a} для дуг в поперечному потоці рідини і для звичайних відкритих дуг в повітрі відрізняється незначно, то можна зробити висновок, що напруженість електричного поля в катодній і анодній областях дуг, що горять в поперечному потоці рідини, приблизно в 2...3 рази і більше вища, аніж в звичайних відкритих дугах в повітрі, і зростає при збільшенні динамічного тиску потоку.

Напруженість електричного поля в стовпі дуги визначилась на підставі отриманих в результаті осцилографування значень напруги в стовпі дуги (рис. 4) і довжини дуги L . Напруга на дузі, як показують осцилограми, безперервно змінюється. Безперервно змінюється також напруга в стовпі дуги U_c . Тому для кожного заданого проміжку часу існування дуги необхідно розрізнити максимальну U_{cmax} , мінімальну U_{cmin} і середню напругу в стовпі дуги, а отже максимальну E_{max} , мінімальну E_{min} і середню E напруженість електричного поля в стовпі дуги. Напруженість електричного поля є головним чинником функцією динамічного тиску потоку робочої рідини P_d і різко зростає при його збільшенні (рис. 5).

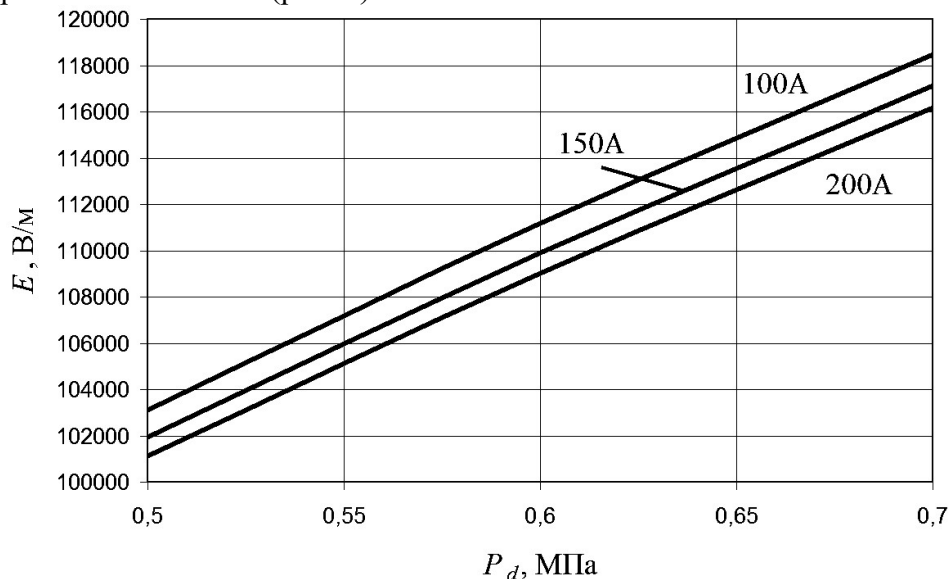


Рисунок 5 – Залежність напруженості електричного поля в стовпі дуги E від P_d та I при обробці сталевими електродами

Описано енергетичні характеристики електричної дуги в умовах РОД СКЗЕІ, при обробці сталевими електродами, що дозволило забезпечити необхідні технологічні

характеристики оптимізувавши процес отримання спряжених пар робочих деталей розділових штампів. Описано енергетичні характеристики електричної дуги при відповідних значеннях сили технологічного струму $I=100\dots 200\text{А}$ та динамічного тиску робочої рідини $P_s=0,5\dots 0,7\text{МПа}$ значення суми падіння напруги біля анода і катода $U_{a+k}=17\dots 19\text{В}$, густина струму $j=5,65\cdot 10^8\dots 6,85\cdot 10^8\text{А/м}^2$, напруженість електричного поля в стовпі дуги $E_c=1\cdot 10^5\dots 1,2\cdot 10^5\text{В/м}$. Показано, що площа поперечного перерізу та довжина дуги в поперечному потоці рідини в умовах РОД в порівняно зі звичайними зварювальними і плазмовими дугами при інших рівних умовах принаймні в декілька разів менше, а густина струму і напруженість електричного поля дуги значно більші. Вище зазначене дозволяє зробити висновок: електрична дуга в поперечному потоці рідини в умовах РОД СКЗЕІ є високоефективним інструментом для розмірної обробки робочих спряжених пар розділових штампів.

Список літератури

1. Носуленко В. І. Розмірна обробка металів електричною дугою: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.03.07. /Кіровоградський держ. техн. ун-т. – К., 1999. – 32 с.
2. Пат. №29603 Україна, МПК (2006) B23H 1/00. Спосіб електроерозійної обробки робочих спряжених пар штампів суміщеної дії / В. І. Носуленко, В. М. Шмельов, П. М. Великий, О. С. Чумаченко (Україна), - №u200704716; Заявл. 27.04.2007; Зареєст. 25.01.2008.
3. Тиходеев Г.М. Энергетические свойства электрической сварочной дуги. – М. – Л.:АН СССР, 1961.
4. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга. – М.: Машиностроение, 1970.
5. Сомервилл Дж.М. Электрическая дуга (пер. с англ.). – М.: Госенергоиздат, 1962.
6. Электроразрядная обработка металлов / Левинсон Е.М. и др. – Л.: Машиностроение, 1975.

В.Носуленко, В.Шмельов

Электрическая дуга как инструмент для размерной обработки электрической дугой сопрягаемых пар рабочих деталей разделительных штампов

Описано энергетические характеристики электрической дуги при обработке стальными электродами в условиях размерной обработки электрической дугой (РОД) рабочих деталей разделительных штампов. Показано, что в условиях размерной обработки электрической дугой плотность тока и напряженность электрического поля дуги есть главным образом функциями динамического давления рабочей жидкости и тока дуги. Приведены типовые осциллограммы напряжения дуги и тока процесса РОД при обработке стальными электродами, из которых видно, что нет принципиальных отличий от типовых осциллограмм тока и напряжения известных сварочных и плазменных дуг, а сам процесс отличается более стабильными значениями тока и напряжения.

V.Nosulenko, V.Shmelyov

Electric arch as the tool for dimensional processing by an electric arch of interfaced pairs working details of dividing stamps

It is described power characteristics of an electric arch at processing by steel electrodes in the conditions of arc sizing machining (ASM) of working details of dividing stamps. It is shown that in the conditions of dimensional processing by an electric arch the density of a current and intensity of electric field of an arch is mainly functions of dynamic pressure of a working liquid and an arch current. Typical oscillograms of voltage of an arch and a current of process the ASM are resulted at processing by steel electrodes from which it is visible that there are no basic differences from typical oscillograms of a current and voltage of known welding and plasma arches, and process differs stabler values of a current and voltage.

Одержано 17.04.12