

УДК 621.791.75

Кассов В. Д., Кущій Г. М., Гавриш П. А.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ ПОВІТРЯНО-ДУГОВОГО РІЗАННЯ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ

Відомі методи різання металів (плазмове різання, гідроабразивне, алмазне, лазерне), що характеризуються високою швидкістю виконання, можливістю автоматизації та високою точністю процесу, але при цьому вони мають суттєві недоліки – висока вартість, пожежо- та вибухонебезпечність, негативний вплив на навколишнє середовище та неможливість виконання різання в важкодоступних місцях [1]. Одним із видів термічної обробки поверхонь є повітряно-дугове різання, що може застосовуватися для виправлення дефектів після зварювання у відповідальних конструкціях (кутові, стикові шви мостових кранів, доменних печей та ін.). Основними параметрами процесу повітряно-дугового різання плавким електродом є струм ріжучої дуги, швидкість стругання, полярність і витрата повітря. Істотний вплив на геометрію канавки здійснюють кут нахилу і виліт електроду, характер розподілу тиску повітря по поверхні деталі і інші чинники. Основні ускладнення при реалізації процесу повітряно-дугового стругання плавким електродом полягають в забезпеченні стійкості горіння дуги в умовах інтенсивного обдування повітрям [2].

Метою досліджень є удосконалення технологічного процесу повітряно-дугового різання з метою зниження впливу втрат тиску повітря на стійкість і стабільність процесу та підвищення стабільності та якості процесу різання.

Ручне повітряно-дугове різання плавким електродом виконувалося спеціальною приставкою до зварювального напівавтомата. Приставка складається із струмопідвідного мундштука, повітропідвідного захисного кожуха і сопла. Дріт по каналу в струмопідвідному мундштуку подається в зону різання. Повітря, що поступає під тиском з повітроосушувача, інтенсивно обтискає дугу і посилює її ріжучі властивості. Процес різання виконується на постійному струмі, в якості джерела живлення використовуються сполучені послідовно стандартні зварювальні випрямлячі. Оскільки вплив струму різання на геометрію канавки і продуктивність процесу принципово відомий [3], то в цій роботі його величина прийнята рівною 480-520А і не змінювалася в усіх дослідах. В якості подаючого механізму використовувався зварювальний напівавтомат типу А-765 з двома парами приводних роликів, що забезпечувало стабільне подання електродного дроту. Швидкість подання електродного дроту залежить від продуктивності її розплавлення і повинна знаходитися в межах 346 м/год. При дотриманні вказаних режимів різання забезпечується максимальна швидкість плавлення основного металу при достатній стійкості дуги. Збільшення швидкості подання вище 360 м/год не рекомендується щоб уникнути нагріву зварювальних перетворювачів і виходу їх з ладу. Зменшення швидкості подання нижче 283 м/год утрудняє підтримку стійкого горіння дуги. Процес різання досліджувався на чотирьох режимах, що відрізняються між собою силою струму і, відповідно, швидкістю подання електродного дроту.

Різання виконувалося шляхом пошарового стругання «знизу-вгору». Оброблювана деталь надійно закріплюється і заземляється сталеву шиною перерізом не менше 125 мм². Зупинки різача викликають швидке виплавлення металу стислою дугою і виникнення частих коротких замикань. Кут між дротом і поверхнею деталі α повинен витримуватися в межах 40–50°. Під час ручного повітряно-дугового різання різач знаходиться в положенні під кутом 45° до оброблюваного виробу, причому швидкість переміщення різача для отримання рівномірної глибини канавки відносно висока і досягає 0,83 м/хв. Різання виконують «кутом вперед», витримуючи відстань від наконечника до виробу 10–15 мм і не допускаючи торкання наконечником поверхні. Прийнята схема процесу показана на рис. 1.

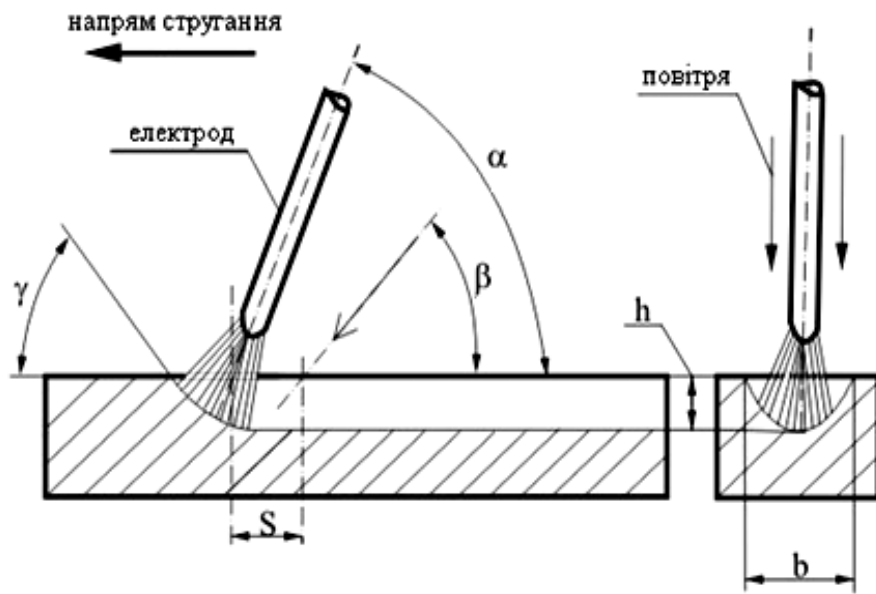


Рис. 1. Схема процесу поверхневого різання плавким електродом стисненою дугою

Розривна довжина дуги L визначалася в реальних умовах різання дротом діаметром 3 мм при механізованому переміщенні дуги по поверхні зразка зі швидкістю близько 60 м/год і робочій напрузі 70–80 В. Стійкість дуги, що оцінюється за величиною її розривної довжини, досить різко знижується при збільшенні витрати повітря (рис. 2).

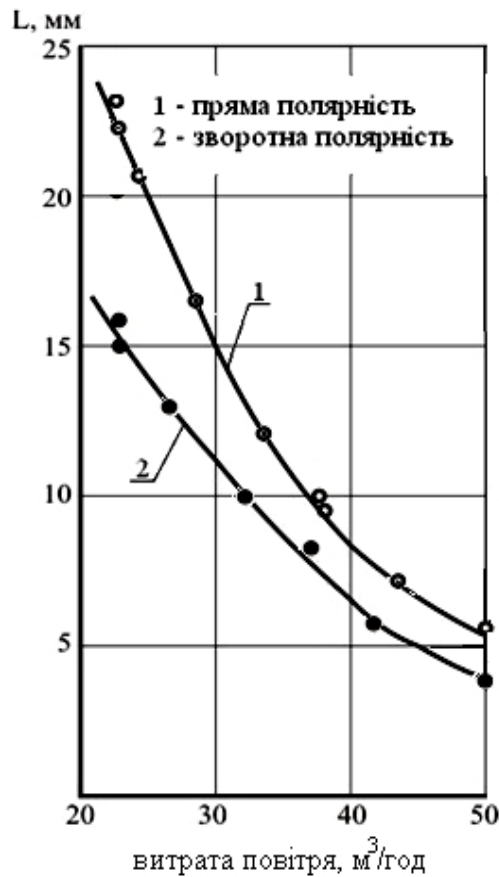


Рис. 2. Залежність довжини дуги від витрати повітря

Як видно з рис. 2, стійкість дуги на прямій полярності вища, ніж на зворотній. Оптимальні результати, тобто досягнення задовільної чистоти поверхні для проструганої канавки і майже повна відсутність ґрату, були досягнуті на режимах, приведених в табл. 1.

Таблиця 1

Режими ручного стругання

Параметри режимів	Матеріали	
	Ст. 3сп5	09Г2С
Зварювальний струм, А	500	480
Напруга на дузі, В	80	80
Тиск повітря, МПа	0,35	0,35–0,4
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	437	437

Впливи зміни витрати повітря на стійкість дуги і стабільність процесу стругання додатково досліджувалося шляхом осцилографування струму і напруги. Аналіз осцилограм струму показує, що при великих витратах повітря горіння дуги супроводжується мікропульсаціями з частотою близько 100 Гц і амплітудою складової 30...50 % середньої величини струму.

При менших витратах повітря частота мікропульсацій виражена не чітко, а амплітуда не перевищує 20–25 % середньої величини струму. При великих витратах повітря збудження дуги може відбуватися після двох-трьох замикань і обривів, тоді як при меншій витраті дуга збуджується після першого замикання дроту з виробом. Зміна витрати повітря помітно впливає на геометрію канавки.

Зі збільшенням витрати повітря відбувається рівномірне збільшення глибини і зменшення ширини канавки. В той же час, покращується чистота дна канавки і ефективність видалення розплавленого металу. Подальше збільшення витрати повітря (понад 50 м³/год) призводить до нестабільності процесу і коливань ширини канавки. Таким чином, величину витрати повітря необхідно вибирати мінімально можливого за умови відповідності якості стругання необхідним вимогам. Вплив витрати повітря на кут викиду розплавленого металу v виявився несуттєвим.

Стійкість (стабільність) процесу різання в цілому істотно залежить від швидкості переміщення дуги по поверхні металу. При зменшенні швидкості переміщення нижче визначеної для цього струму величини виникають закономірні періодичні перерви в горінні дуги, причина яких полягає в тому, що об'єм розплавленого металу, розташованого під дугою, збільшується, а швидкість його видалення перевищує швидкість подовжнього переміщення дуги. Збільшення інтенсивності видалення розплавленого металу закономірно збільшує число перерв, що підтверджує таке припущення.

Осцилографування процесу стругання із швидкістю нижче мінімальної, показало, що в проміжку між перервами (в процесі горіння дуги) відбувається поступове збільшення струму, потім виникають його макропульсації з частотою біля 10 Гц і, нарешті, спостерігається різке зменшення струму аж до обриву дуги. Величина мінімальної швидкості стругання різна для різних матеріалів і визначається їх теплофізичними властивостями.

У діапазоні стійких режимів швидкість стругання істотно позначається на геометрії канавки. Зі збільшенням швидкості стругання зменшується як глибина, так і ширина канавки. Відношення ширини канавки до її глибини збільшується за рахунок переважного зменшення глибини. Крім того, зі збільшенням швидкості стругання зменшується кут викиду розплавленого металу, величина якого побічно визначає видаленість виплавленого металу з поверхні деталі. Таким чином, стругання на великій швидкості прийнятніше з точки зору

стійкості процесу і якості обробки. При поданні повітря за вибраною схемою (рис.1) вплив кута нахилу електроду α на геометрію канавки незначний і його величину можна прийняти рівною 60° . Кут подання повітря β вибирається з умови:

$$\beta < 90^\circ - \gamma,$$

де β – кут подання повітря, град

γ – кут викидання розплавленого металу, град

Практично ця умова виконується для будь-яких режимів стругання при $\beta \leq 30^\circ$. Зміна вильоту електроду слабо впливає на геометрію канавки, але помітно позначається на стійкості процесу. Зі зменшенням вильоту електроду помітна тенденція до зменшення кута викиду розплавленого металу. Отже, виліт електроду доцільно вибирати мінімально можливим, але більшим, ніж розривна довжина дуги на цьому режимі

Фотографії осцилограм, отриманих при витратах повітря $55 \text{ м}^3/\text{год}$, показані на рис. 3.

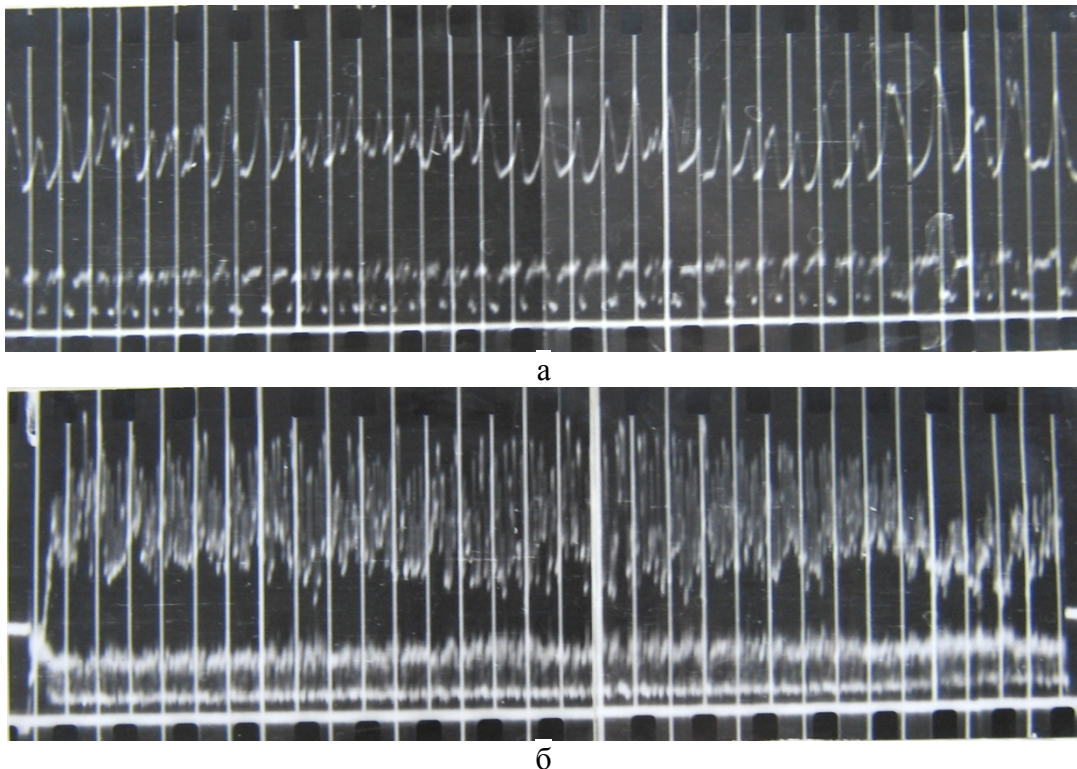


Рис. 3. Осцилограми струму і напруги на дузі (а) та збудження, горіння і обриву дуги (б) при витраті повітря $55 \text{ м}^3/\text{год}$

Дуже важливе значення має місце подання повітря по відношенню до дуги (відстань S на рис. 1). Дослідним шляхом було встановлено, що найкраща стабільність процесу і чистота обробки спостерігається при величині $S = 8\text{--}16 \text{ мм}$. Зменшення цієї відстані призводить до збільшення шорсткості канавки, зниження стійкості дуги і появи натіків в проструганій канавці. Збільшення вказаної відстані понад 16 мм призводить до зменшення тиску повітря на розплавлений дугою метал і утворення натікань на кромках різання, які важко потім усунути. Характер оптимального розподілу тиску повітря уздовж осі канавки показаний на рис. 4. (початку координат на графіці відповідає положення торця електроду).

Тиск повітря визначався шляхом підсумовування швидкісних натисків на осі. При цьому обмежуюча трубка (датчик) розташовувалася по ходу руху різачка і проти ходу, а швидкісний натиск вимірювався водяним диференціальним манометром.

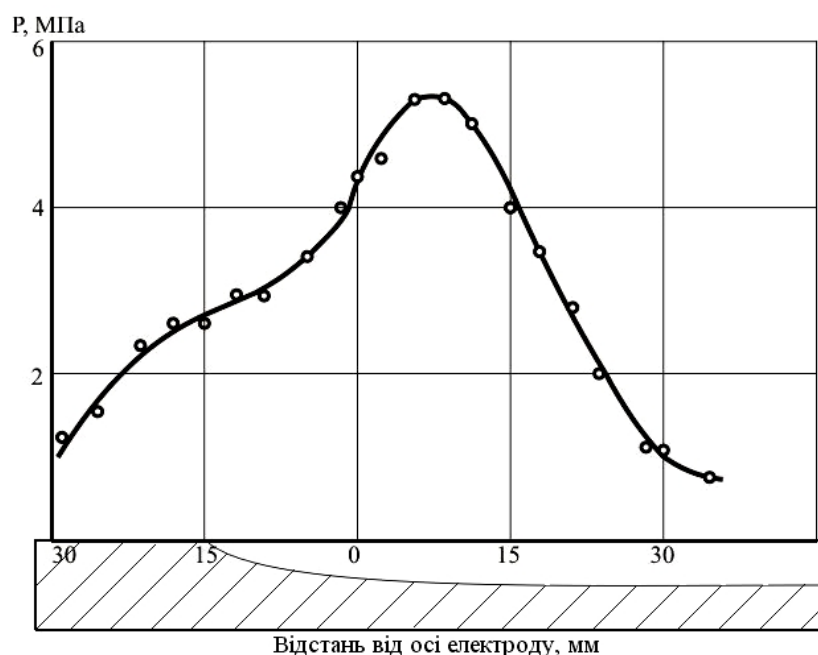


Рис. 4. Розподіл тиску повітря P вздовж осі канавки

ВИСНОВКИ

Встановлено, що найбільш ефективного видалення розплавленого металу досягається при супутньому з напрямом стругання подаванні стисненого повітря. Отже, з метою збільшення ріжучих властивостей дуги, ручне повітряно-дугове різання плавким електродом виконувалось спеціальною приставкою до зварювального напівавтомата, за допомогою якої повітря в зону різання подавалося двома близько розташованими паралельними струменями, які інтенсивно обтискають дугу.

Впливи зміни витрати повітря на стійкість дуги і стабільність процесу стругання додатково досліджувалося шляхом осцилографування струму і напруги, аналіз осцилограм струму показує, що при великих витратах повітря горіння дуги супроводжується мікропульсаціями з частотою близько 100 Гц і амплітудою складової 30...50 % середньої величини струму. При менших витратах повітря частота мікропульсацій виражена не чітко, а амплітуда не перевищує 20–25 % середньої величини струму.

Зі збільшенням витрати повітря відбувається рівномірне збільшення глибини і зменшення ширини канавки. В той же час, покращується чистота дна канавки і ефективність видалення розплавленого металу. Подальше збільшення витрати повітря (понад 50 м³/год) призводить до нестабільності процесу і коливань ширини канавки. Таким чином, величину витрати повітря необхідно вибирати мінімально можливого за умови відповідності якості стругання необхідним вимогам.

Дослідним шляхом було встановлено, що найкраща стабільність процесу і чистота обробки спостерігається при величині $S = 8–16$ мм. Зменшення цієї відстані призводить до збільшення шорсткості канавки, зниження стійкості дуги і появи натіків в проструганій канавці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобух К. А. Оборудование и технологические процессы лазерной обработки материалов / К. А. Бобух // Мир техники и технологий. – 2008. – № 5. – С. 34–37.
2. Кортес А. П. Сварка, резка, пайка металлов / А. П. Кортес. – Аделант, 2007. – 192 с.
3. Костенко Е. М. Сварочные работы : практическое пособие для электрогазосварщика / Е. М. Костенко. – Энас, 2007. – 240 с.