

Кушій Г. Дослідження впливу параметрів режиму повітряно-дугового різання на технологічні показники процесу / Кушій Г., Гавриш П., Кассов В. // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 4. — С.125-131. — (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).

УДК 621.791.75

Г. Кушій; П. Гавриш, канд. техн. наук; В. Кассов, докт. техн. наук

Донбаська державна машинобудівна академія

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

**Резюме.** Розроблено приставку до зварювального напівавтомата для ручного повітряно-дугового вирізування дефектів зварювання. Досліджено вплив параметрів повітряно-дугового різання на основні показники процесу та геометрію вирізуваної канавки. Дослідним шляхом встановлено оптимальні межі параметрів різання та доведено, що зі збільшенням витрати повітря і швидкості різання відбувається рівномірне збільшення глибини і зменшення ширини канавки, водночас, покращується чистота дна канавки й ефективність видалення розплавленого металу.

**Ключові слова:** повітряно-дугове різання, плавкий електрод, продуктивність процесу, поверхня різання, стабільність процесу, витрата повітря.

A. Kushchiy, P. Gavrish, V. Kassov

## STUDY OF PARAMETERS MODE AIR-ARC CUTTING ON TECHNOLOGICAL INDEXES PROCESS

**The summary.** Designed to console for manual welding semi-automatic air-arc cutting welding defects. Influencing air-arc cutting process on the basic parameters and geometry cutted grooves. Pilot by optimum options beyond cutting and proved that with increasing air flow rate and cutting speed goes on increasing the powering uniform depth and width of the grooves decrease at the same time, improving cleanliness and efficiency of the bottom groove removal of molten metal.

**Key words:** air-arc cutting, melting electrode performance process, the surface of the cutting process stability, airflow.

**Вступ.** Відомі методи різання металів (плазмове різання, гідроабразивне, алмазне та лазерне), що характеризуються високою швидкістю виконання, можливістю автоматизації та високою точністю процесу, але при цьому мають суттєві недоліки – висока вартість, пожежо- та вибухонебезпечність, обмежений ресурс комплектуючих і здатність лише раз використовувати робочу речовину, негативний вплив на навколишнє середовище та неможливість виконання різання у 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 [2]. Істотний вплив на геометрію канавки здійснюють кут нахилу і виліт електрода, характер розподілу тиску повітря по поверхні деталі й інші чинники. Основні ускладнення при реалізації процесу повітряно-дугового стругання плавким електродом полягають у забезпеченні стійкості горіння дуги в умовах інтенсивного обдування повітрям [3]. При напрузі холостого ходу джерела живлення, що дорівнює 160 В і крутизні характеристики 0,16...0,2 В/А стійке горіння дуги можливе при струмі не менше 450...460А [4].

Дослідження були направлені на 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. Встановлено, що найефективніше видалення розплавленого металу досягається при супутньому з напрямом стругання подаванні стисненого повітря. З метою збільшення ріжучих властивостей дуги, повітря подається двома близько розташованими паралельними струменями, які інтенсивно обтирають дугу.

Ручне повітряно-дугове різання плавким електродом виконувалось спеціальною приставкою до зварювального напівавтомата, яка складається із струмопідвідного мундштука, повітропідвідного захисного кожуха і сопла. Дріт по каналу в струмопідвідному мундштуку подається в зону різання. Повітря, що надходить під тиском з повітроосушувача, інтенсивно обтирає дугу й посилює її ріжучі властивості. Прийнята схема процесу показана на рис. 1.

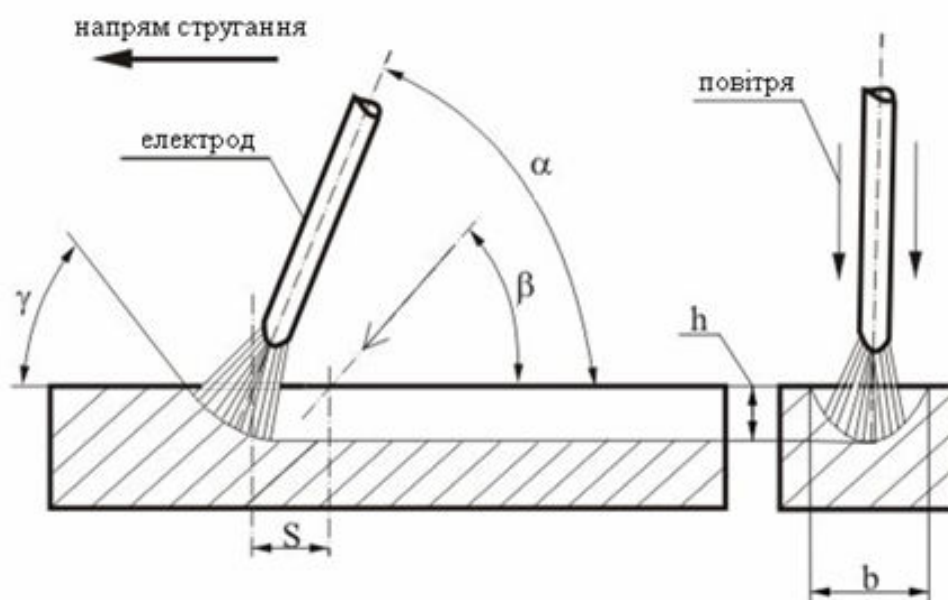


Рисунок 1. Схема процесу поверхневого різання плавким електродом стисненою дугою

Процес різання виконується на постійному струмі, в якості джерела живлення використовуються сполучені послідовно стандартні зварювальні випрямлячі. 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, аби уникнути нагрівання зварювальних перетворювачів і виходу їх з

ладу. Зменшення швидкості подання нижче 283 м/ч утрудняє підтримку стійкого горіння дуги. Продуктивність виплавлення складає 20–25 кг/год при витраті дроту 7–9 кг/год.

Процес стругання досліджувався на чотирьох режимах, що відрізняються між собою силою струму і, відповідно, швидкістю подання електродного дроту. Оптимальні результати, тобто досягнення задовільної чистоти поверхні для проструганої канавки і майже повна відсутність ґрату, були досягнуті на режимах, наведених у таблиці 1.

Таблиця 1. Режими ручного стругання

<i>Параметри режимів</i>	<i>Матеріали</i>	
	<i>Ст3сп5</i>	<i>09Г2С</i>
Зварювальний струм, А	500	480
Напруга на дузі, В	80	80
Тиск повітря, МПа	0,35	0,35-0,4
Швидкість подавання електродного дроту, м/год	437	437

Різання виконувалося шляхом пошарового стругання "знизу-вгору". Оброблювана деталь надійно закріплюється і заземлюється сталевією шиною перерізом не менше 125 мм<sup>2</sup>. Зупинки різача викликають швидке виплавлення металу стислою дугою й виникнення частих коротких замикань. Кут між дротом і поверхнею деталі повинен витримуватися в межах 40–50°. Під час ручного повітряно-дугового стругання 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. Стругання роблять "кутом вперед", витримуючи відстань від наконечника до виробу 10–15 мм і не допускаючи торкання наконечником поверхні.

Оскільки вплив струму різання на геометрію канавки і продуктивність процесу принципово відомий [5], то в цій роботі його величина дорівнює 480–520А і не змінювалася в усіх дослідах. Стійкість дуги, що оцінюється за величиною її розривної довжини, досить різко знижується при збільшенні витрати повітря (рис. 2).

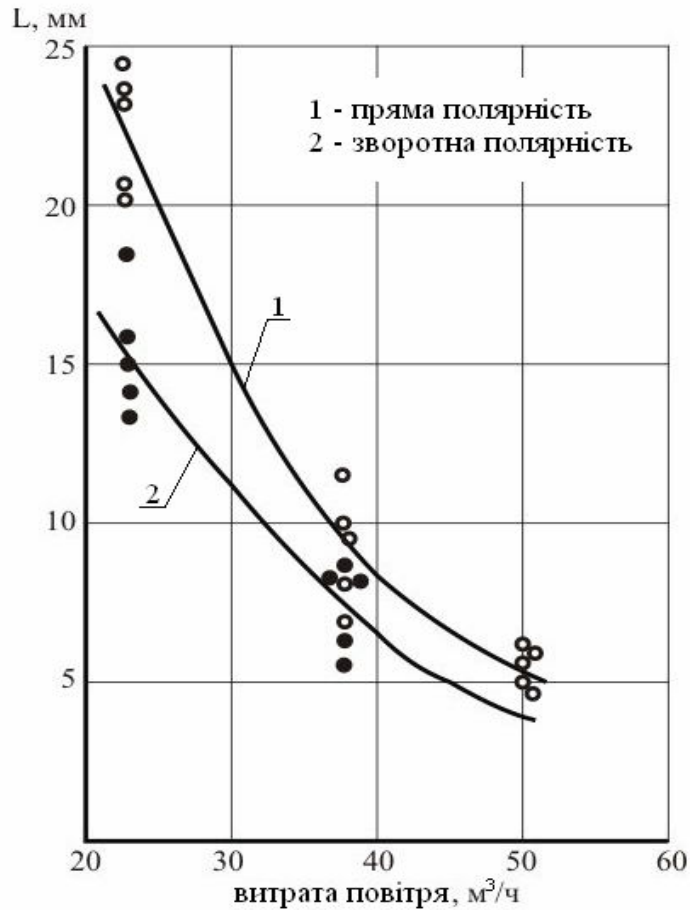
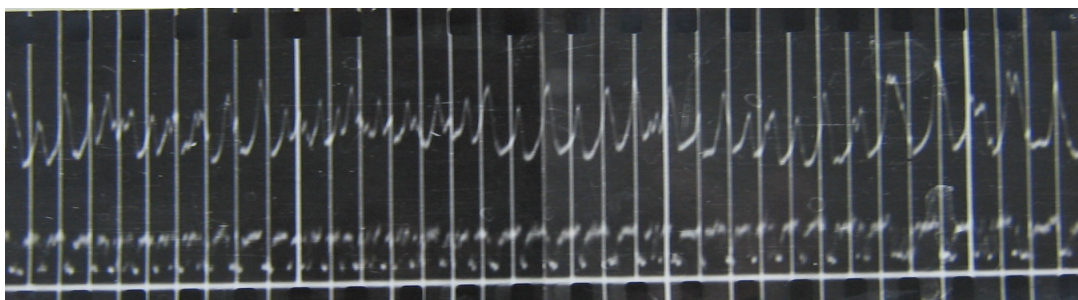


Рисунок 2. Залежність довжини дуги від витрати повітря

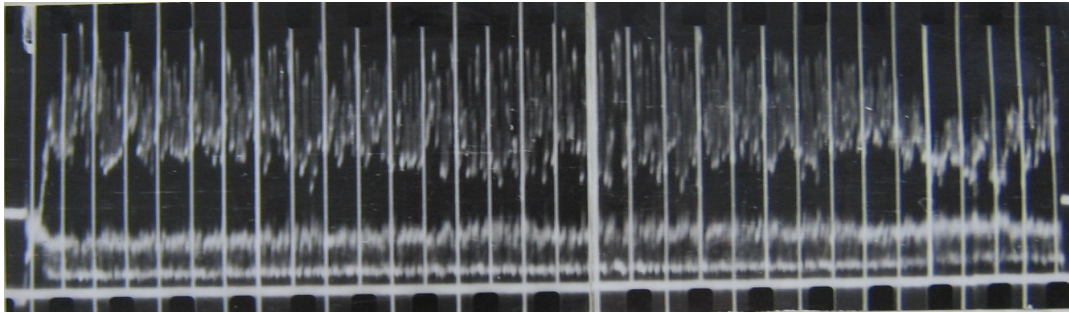
Розривна довжина дуги визначалася в реальних умовах стругання дротом діаметром 3 мм при механізованому переміщенні дуги по поверхні зразка зі швидкістю близько 60 м/ч і робочій напрузі 70–80 В. Як бачимо з рисунка 2, стійкість дуги на прямій полярності вища, ніж на зворотній.

Впливи зміни витрати повітря на стійкість дуги і стабільність процесу стругання додатково досліджувалося шляхом осцилографування струму і напруги, фотографії осцилограм, отриманих при витратах повітря 55  $\text{m}^3/\text{год}$ , показані на рисунку 3.

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. Первинне збудження дуги також істотно залежить від витрати повітря.



а



а

Рисунок 3. Осцилограми струму і напруги на дузі (а) та збудження, горіння й обриву дуги (б) при витраті повітря 55м<sup>3</sup>/год

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. Водночас покращується чистота дна канавки й ефективність видалення розплавленого металу.

Подальше збільшення витрати повітря (понад 50 м<sup>3</sup>/год) призводить до нестабільності процесу і коливань ширини канавки. Таким чином, величину витрати повітря необхідно вибирати мінімально можливим за умови відповідності якості стругання необхідним вимогам. Вплив витрати повітря на кут викиду розплавленого металу  $\nu$  виявився несуттєвим.

Стійкість (стабільність) процесу стругання 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 поздовжнього переміщення дуги. Збільшення інтенсивності видалення розплавленого металу закономірно збільшує число перерв, що підтверджує таке припущення.

Осцилографування процесу стругання зі швидкістю, нижче мінімальної, показало, що в проміжку між перервами (в процесі горіння дуги) відбувається поступове збільшення струму, потім виникають його макропульсації з частотою біля 10Гц 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 видалення виплавленого металу з поверхні деталі.

Таким чином, стругання на великій швидкості прийнятніше з точки зору стійкості процесу і якості обробки.

При подаванні повітря за вибраною схемою вплив кута нахилу електрода  $\alpha$  на геометрію канавки незначний і його величину можна прийняти такою, що дорівнює  $60^\circ$ . Кут подання повітря вибирається з умови

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

де  $\beta$  – кут подання повітря, град;

$\gamma$  – кут викидання розплавленого металу, град.

Практично ця умова виконується для будь-яких режимів стругання при  $\beta \leq 30^\circ$ .

Зміна вильоту електрода слабо впливає на геометрію канавки, але помітно позначається на стійкості процесу. Зі зменшенням вильоту електрода помітна тенденція до зменшення кута викиду розплавленого металу. Отже, виліт електрода доцільно вибирати мінімально можливим, але більшим, ніж розривна довжина дуги на цьому режимі.

Дуже важливе значення має місце подавання повітря відносно дуги (відстань  $S$  на рис.1). 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 натікань у проструганій канавці. Збільшення вказаної відстані понад 16 мм призводить до зменшення тиску повітря на розплавлений дугою метал і утворення натікань на кромках різання, які потім важко усунути. Характер оптимального розподілу тиску повітря уздовж осі канавки показано на рис. 4.

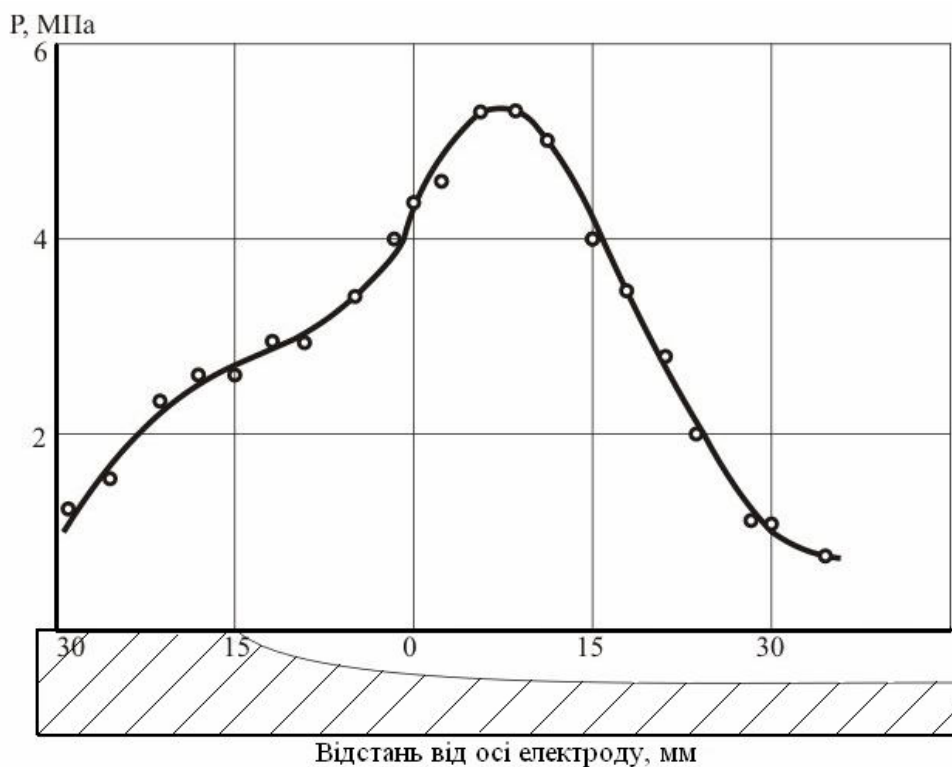


Рисунок 4. Розподіл тиску повітря  $P$  уздовж осі канавки



Початку координат на графіку відповідає положення торця електрода.

Тиск повітря визначався шляхом підсумовування швидкісних натискань на осі. При цьому обмежуюча трубка (датчик) розташовувалася по ходу руху різачка і проти ходу, а швидкісний натиск вимірювався водяним диференціальним манометром. Як бачимо з рис. 4, максимум тиску зміщений в область, розташовану за дугою.

**Висновки.** Встановлено, що найефективніше 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 виконувалося 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. Водночас, покращується чистота дна канавки й ефективність видалення розплавленого металу. Подальше збільшення витрати повітря (понад 50 м<sup>3</sup>/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 натікань у проструганій канавці.

#### **Література**

1. Бобух, К.А. Оборудование и технологические процессы лазерной обработки материалов [Текст] / К.А. Бобух // Мир техники и технологий. – 2008. – №5. – С.34–37.
2. Малаховский, В.А. Руководство для обучения газосварщика и газорезчика: практическое пособие [Текст] / В.А. Малаховский. – М.: Высшая школа, 1990. – 303с.
3. Соколов, И.И. Газовая сварка и резка металлов [Текст] / И.И. Соколов. – М: Высшая школа, 1978. – 235с.
4. Кортес, А.П. Сварка, резка, пайка металлов [Текст] / А.П.Кортес. – Аделант, 2007. – 192с.
5. Костенко, Е.М. Сварочные работы: практическое пособие для электрогазосварщика [Текст] / Е.М. Костенко. – Энас, 2007. – 240с.

*Отримано 20.06.2011*