

УДК 621.791.85

В. М. КОРЖ, Ю. С. ПОПІЛЬ, Н. Ю. ПОПІЛЬ

Національний технічний університет України «КПІ»

ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВО-КИСНЕВОГО ПОЛУМ'Я ПРИ ЗВАРЮВАННІ, ПАЯННІ, РІЗАННІ ТА НАПИЛЕННІ ПОКРИТТІВ

Розглянуті питання використання воднево-кисневого полум'я, отриманого при спалюванні суміші, яка виробляється електролізно-водяними генераторами для газового зварювання, паяння, газо-кисневого різання і газополум'яного напилення покриттів. Наведені приклади промислового використання цього полум'я при виготовленні різних виробів.

Ключові слова: газополуменева напилення покриттів, електролізно-водяний генератор, газове зварювання, паяння, різання.

Вступ. Газополуменева обробка матеріалів є одним з провідних виробничих процесів на більшості промислових підприємствах різних галузей народного господарства. Вона має значну гнучкість технологічних процесів і тому, не зважаючи на виробничі переваги електричних способів обробки, має досить широке впровадження.

Найбільше використання в промисловості знайшло зварювання, зокрема газове зварювання, і такі споріднені зварюванню процеси як паяння, газокисневе різання металів та нанесення покриття, в тому числі газополуменева і детонаційне.

Наявність дефіциту карбиду кальцію та вуглеводневих газів-замінників ацетилену: природного газу, пропану, бутану та інших, викликає потребу по пошуку альтернативних газів для газополуменевої обробки матеріалів.

Одним з газів, який можна використовувати на заміну ацетилену та іншим вуглеводневим газам, є водень [1; 2; 3; 4]. Структура використання водню, особливо останнім часом, швидко змінюється. Це пов'язано з тим, що водень розглядається сьогодні як найбільш перспективний вид пального, універсальний теплоносії та акумулятор енергії, який має багато переваг порівняно з вуглеводневими пальними газами. До того ж, що є дуже актуальним, не забруднює навколишнє середовище. Продуктами горіння в основному є пара води. Тим не менш, широке використання воднево-кисневого полум'я (ВКП) в технологічних процесах стримується відсутністю технологічних рекомендацій по використанню цього полум'я. Тому розробка і впровадження технологічних процесів з використанням воднево-кисневого полум'я є актуальним завданням, яке вимагає свого вирішення.

Поява мобільних електролізно-водяних генераторів (ЕВГ), які дозволяють отримати пальну суміш безпосередньо на робочому місці, виключають витрати на утримання балонного господарства і суттєво зменшують транспортні витрати, значно підвищують економічну доцільність використання воднево-кисневого полум'я замість ацетилено-кисневого і полум'я інших вуглеводневих газів.

Метою роботи було визначення раціональних меж використання воднево-кисневого полум'я і основ керування технологічними характеристиками ВКП при спаленні суміші, яка виробляється ЕВГ.

На теперішній час відомо впровадження воднево-кисневого полум'я в технологічні процеси зварювання тонколистових сталевих конструкцій та мідних дров, паяння латунних та мідних трубопроводів, надтвердих пластин на інструмент, капілярних, трубопроводів з хромонікелевих сталей, зварювання виробів з

кварцового скла, використання воднево-кисневого полум'я як підігрівачого при газокисневому різанні та при напиленні покриття з самофлюсуючих порошків.

Рівняння повного згоряння водню в кисні описує різницю між початковим і кінцевим станом процесу горіння в цілому:



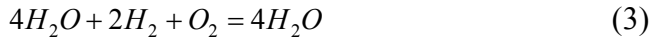
При роздільному подаванні кисню і водню до зварювального пальника і попередження окиснювальної дії кисню на зварювальну ванну, водень надходить в подвійній кількості, ніж необхідно при реакції (1).

Виходячи з цього, згідно з теорії горіння нормального зварювального полум'я, яке використовують для газополуменевої обробки металів, процес горіння воднево-кисневої суміші на виході з мундштука зварювального пальника можна поділити на дві стадії:

– перша стадія горіння за рахунок кисню, який надходить з пальника (первинний кисень):



– друга стадія горіння за рахунок кисню навколишнього повітря (вторинний кисень):



На практиці нормальним воднево-кисневим полум'ям прийнято вважати полум'я з співвідношенням кисню до водню:

$$\beta = \frac{V_{O_2}}{V_{H_2}} = 0,25 \dots 0,4$$

Враховуючи, що в електролізно-водяних генераторах для газополуменевої обробки використовується горюча суміш – «гримучий» газ – при співвідношенні кисню і водню $\beta = 0,5$, полум'я отримане при горінні цієї суміші, має окиснювальний характер. Нейтралізувати дію кисню на зварювальну ванну і досягти нормального або вуглецевого полум'я, можна шляхом збагачення газової суміші парами вуглеводневих сполук, продуванням її через шар рідинних вуглеводів.

Обирати з'єднання, які використовують для насичення газової суміші, необхідно з врахуванням ступеню насичення суміші їх парами, збільшення теплотворної здатності газової суміші, впливу на температуру і швидкість горіння полум'я і мінімальної дії на організм людини. Частіше для цієї мети використовують спирти, ацетон, бензин і гас.

Кількість парів метилового (CH_3OH) і етилового (C_2H_5OH) спиртів, ацетону (CH_3COCH_3), бензолу (C_6H_6) і бензину ($C_{7,07}H_{15}$) необхідне для нормального характеру горіння зварювального полум'я наведені в табл. 1.

В табл. 1 наведені орієнтовні склади сумішей газу з парами вуглеводневих сполук, які визначені по методиці запропонованій НТУУ «КПІ», і забезпечують нормальний характер горіння полум'я при зварюванні сталей. Дослідження показали, що витрати парів бензину для отримання нормального полум'я є найменші порівняно з іншими розглянутими рідинами.

На рис. 1 представлена типова схема електролізно-водяного генератора, яка дозволяє регулювати характер горіння зварювального полум'я.

Для регулювання характеру горіння полум'я, воднево-кисневу суміш, яку виробляють електролізером, розділяють на два струменя, один з яких пропускається через барботер з рідинною вуглеводневих сполук, наприклад, з бензином, а другий – через барботер з водою. Обидва струменя окремо подаються на ніпеля пальника.

Таблиця 1

Склад газових сумішей їх об'єм і характер горіння

№ суміші	Перший етап горіння за рахунок кисню суміші	Другий етап горіння за рахунок кисню повітря	Об'ємний склад вихідної суміші, .	β_0	Характер горіння
1	$4\text{H}_2+2\text{O}_2=4\text{H}_2\text{O}$	Продукти дисоціації водяної пари	66,7%Н; 33,3% O ₂ ;	0,5	окиснювальний
2	$4\text{H}_2+2\text{O}_2+2\text{CH}_3\text{OH}=\text{4H}_2\text{O}+4\text{H}_2+2\text{CO}$	$4\text{H}_2\text{O}+4\text{H}_2+2\text{CO}+3\text{O}_2=\text{8H}_2\text{O}+2\text{CO}_2$	50%Н ₂ ;25%O ₂ 25%СН ₃ ОН;	0,33	нормальний
3	$4\text{H}_2+2\text{O}_2+\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=\text{3H}_2\text{O}+4\text{H}_2+2\text{CO}$	$3\text{H}_2\text{O}+4\text{H}_2+2\text{CO}+3\text{O}_2=\text{7H}_2\text{O}+2\text{CO}_2$	57,2%Н ₂ ; 28,6%O ₂ ; 14,2%С ₂ Н ₅ ОН	0,4	нормальний
4	$4\text{H}_2+2\text{O}_2+\text{CH}_3\text{COCH}_3=\text{2H}_2\text{O}+5\text{H}_2+3\text{CO}$	$2\text{H}_2\text{O}+5\text{H}_2+3\text{CO}+4\text{O}_2=\text{7H}_2\text{O}+3\text{CO}_2$	14,2% СН ₃ СОСН ₃ ; 57,2%Н ₂ 28,6%O ₂ ;	0,4	нормальний
5	$4\text{H}_2+2\text{O}_2+0,333\text{C}_6\text{H}_6=\text{2H}_2\text{O}+3\text{H}_2+2\text{CO}$	$2\text{H}_2\text{O}+3\text{H}_2+2\text{CO}+\text{2,5O}_2=\text{5H}_2\text{O}+\text{2CO}_2$	66,3% Н ₂ ; 31,6% O ₂ ; 5,2% С ₆ Н ₆ ;	0,46	нормальний
6	$4\text{H}_2+2\text{O}_2+0,282\text{C}_{7,07}\text{H}_{15}=\text{2H}_2\text{O}+4\text{H}_2+2\text{CO}$	$2\text{H}_2\text{O}+4\text{H}_2+2\text{CO}+\text{3O}_2=\text{6H}_2\text{O}+2\text{CO}_2$	63,7%Н ₂ ; 31,8%O ₂ ; 4,5%С _{7,07} Н ₁₅ ;	0,47	нормальний
7	$2\text{H}_2+\text{O}_2+0,0686\text{C}_{7,07}\text{H}_{15}=\text{1,433H}_2\text{O}+\text{1,081H}_2+\text{0,0828CO}_2+\text{0,403CO}$	$\text{1,433H}_2\text{O}+\text{1,081H}_2+\text{0,0828CO}_2+\text{0,403CO}+\text{0,742O}=\text{2,514H}_2\text{O}+\text{0,4831CO}_2$	65,2%Н ₂ ; 32,6% O ₂ ; 2,2%С _{7,07} Н ₁₅ ;	0,484	нейтральний
8	$\text{C}_2\text{H}_2+\text{O}_2=\text{2CO}_2+\text{H}_2$	$2\text{CO}+\text{H}_2+\text{1,5O}_2=\text{2CO}_2+\text{H}_2\text{O}$	50% С ₂ Н ₂ ; 50% O ₂ ;	1,1	нормальний

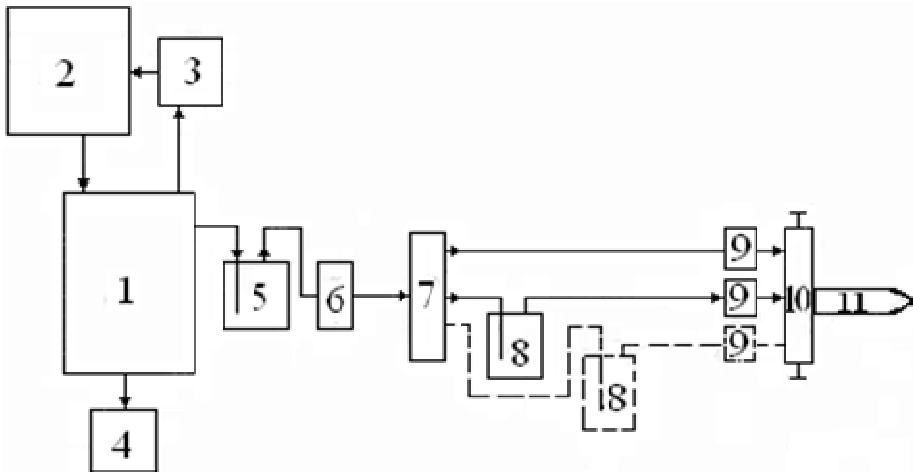


Рис. 1. Схема електролізно-водяного генератора (ЕВГ) з регулюванням характеру горіння полум'я: 1 – електродолізер (газогенератор); 2 – джерело живлення; 3 – електроконтактний манометр; 4 – запобіжний клапан тиску; 5 – водяний затвор; 6 – осушувач; 7 – розподільчий пристрій; 8 – барботер-флюсівник; 9 – запобіжний пристрій; 10 – змішувач; 11 – пальник.

На рис.2 наведені зовнішні вигляди полум'я, яке отримано при горінні воднево-кисневої суміші з парою бензину.

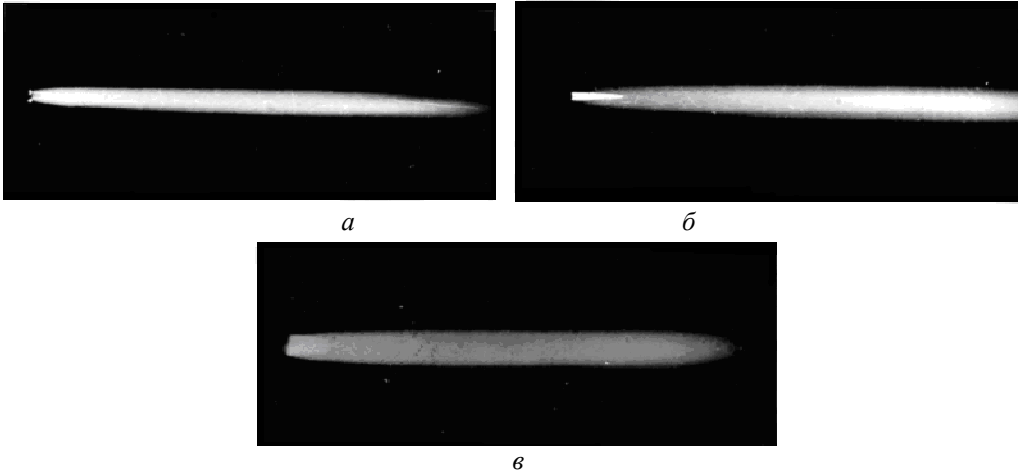


Рис. 2. Зовнішній вигляд полум'я, отриманого при горінні воднево-кисневої суміші з парою бензину: *a* – окиснююче; *б* – нормальне; *в* – вуглецеве

Технологічну ефективність використання водню в якості газа-замінника ацетилену можна оцінити по коефіцієнту заміни ацетилену на водень. Оцінка придатності газу для зварювання та інших процесів газополуменевої обробки металів треба здійснювати, враховуючи не теплотворну здатність вхідного складу паливних газів, а тепловміст продуктів горіння полум'я згідно наступного рівняння.

$$T_{ПМ} m_{ПМ} C_{ПМ} = [T_{гор} - (T_{пл} + 300)] \cdot m_{ci} C_{ci} \quad (4)$$

де $T_{ПМ}$ – температура розплавленого металу зварювальної ванни; $m_{ПМ}$ – маса розплавленого металу, кг; $C_{ПМ}$ – питома тепломісткість металу при температурі $T_{ПМ}$; $T_{гор}$ – температура горіння газокисневої суміші; $T_{пл}$ – температура плавлення металу; m_{ci} – годинна маса рухомих газів – продуктів згорання, кг; C_{ci} – тепломісткість окремих – продуктів горіння полум'я над зварювальною ванною при температурі горіння $T_{гор}$.

В лівій частині рівняння визначається кількість теплоти, яка необхідна для розплавлення металу масою $m_{ПМ}$, а в правій – кількість теплоти в масі продуктів горіння полум'я, котра забезпечує розплавлення металу масою $m_{ПМ}$.

Виходячи з рівності тепловмісту продуктів горіння, можна стверджувати, що коефіцієнт заміни ацетилену на водень складає 2, а не 5,2, як прийнято вважати в технічній літературі. Ці данні підтверджуються узагальненням результатів експериментів, отриманих при відпрацюванні параметрів режиму зварювання сталевих деталей воднево-кисневим полум'ям, отриманим при спаленні суміші, що виробляється ЕВГ.

Для воднево-кисневого полум'я, отриманого при спаленні суміші, яка виробляється ЕВГ замість витрат пального газу в розрахунках доцільно використовувати годинні витрати пальної суміші, тобто сумарні витрати водню та кисню, що отримуються при електролізі.

Проведенні дослідження показали, що для зварювання деталей витрати воднево-кисневої суміші можна визначити по відомій емпіричній формулі:

$$V_{rc} = k \cdot \delta$$

де k – питомі витрати пальної суміші на 1 мм товщина металу, що зварюється ($\text{дм}^3/\text{год}\cdot\text{мм}$); δ – товщина металу, що зварюється, мм.

Проведені в НТУУ «КПІ» дослідження показали, що для низьковуглецевих сталей $k = 280 - 300 \text{ дм}^3/\text{год}\cdot\text{мм}$. Потужність полум'я регулюється зміною продуктивності ЕВГ, яка залежить від сили струму електролізу. По витратах пальної суміші вибирається відповідний номер наконечника пальника. Орієнтовні режими зварювання вуглецевих сталей товщиною до 3 мм приведені в табл. 2.

Дослідження по можливості використання воднево-кисневого полум'я, отриманого при спаленні суміші, що виробляється ЕВГ показали складність провару корню шва при стичному зварюванні сталей без розділки крайок, починаючи від товщини пластини 1,5 – 2 мм, особливо при невідповідності ширини проміжку між пластинами. При зварюванні пластин товщиною більш 3 мм отримати якісний шов проблематично.

Досвід впровадження на підприємствах Москви і Києва технології зварювання тонколистових сталевих конструкцій показав, що використання нормального полум'я, отриманого від спалення воднево-кисневої суміші, що виробляється ЕВГ з парами бензину, при зварюванні з проміжком без розділу крайок і витратах суміші біля $0,6 \text{ м}^3/\text{год}$. можна отримати якісне зварне з'єднання деталі товщиною до 2 мм.

Таблиця 2

Зварювання вуглецевих сталей товщиною до 3 мм

Параметри зварювання, присадковий матеріал, обладнання	Товщина металу, що зварюється, мм				
	0,5	1	1,5	2	3
Витрати пальної суміші, $\text{дм}^3/\text{год}$.	140–150	280–300	420–450	560–600	840–900
Номер наконечника	1	1–2	2	2–3	3–4
Тиск пальної суміші в ЕВГ, кПа, не більше	107	109	114	117	121
Діаметр присадкового дроту, мм	1,2	1,6	1,6	2	2
Зазор при складанні стичних з'єднань	0	0–0,5	0,5–1,0	1,0–1,5	1–2
Марка присадкового дроту	СВ 08ГС СВ 08Г2С				
Тип пальника	Г2-04 або Г3-03				
Спосіб зварювання	Лівий		Лівий і правий		

Дослідження по можливості використання воднево-кисневого полум'я, отриманого при спаленні суміші, що виробляється ЕВГ показали складність провару корню шва при стичному зварюванні сталей без розділки крайок, починаючи від товщини пластини 1,5 – 2 мм, особливо при невідповідності ширини проміжку між пластинами. При зварюванні пластин товщиною більш 3 мм отримати якісний шов проблематично.

Досвід впровадження на підприємствах Москви і Києва технології зварювання тонколистових сталевих конструкцій показав, що використання нормального полум'я, отриманого від спалення воднево-кисневої суміші, що виробляється ЕВГ з парами бе-

нзину, при зварюванні з проміжком без розділу крайок і витратах суміші біля $0,6 \text{ м}^3/\text{год}$. можна отримати якісне зварне з'єднання деталі товщиною до 2 мм.

Проведені дослідження дозволили розробити технологію зварювання одножильних мідних дротів ПЭТВ-943, ПЭП, ПЭВ діаметром 0,1–0,86 мм з багатожильними дротами СФ, МГТФМ, МГТФ, МГТФЛ перерізом $0,12 \dots 0,75 \text{ мм}^2$, яка була впроваджена в серійному виробництві катушок контакторів на КП ім. Артема (Київ). Зварювання одножильних дротів з багатожильними складається з попереднього зкручування дротів, що з'єднуються, на довжині 7-10 мм, нагрівання місця зкрутки полум'ям пальника, з одночасною вогневою зачисткою від емалевої ізоляції та утворення шарового зварного з'єднання. Параметри режиму зварювання знаходяться в межах: тиск газової суміші 150-300 кПа, витрати суміші 25-120 $\text{дм}^3/\text{год}$., час зварювання 0,3-1,0 с в залежності від перерізу і кількості дротів в зварному з'єднанні.

Аналіз результатів досліджень технологічних можливостей воднево-кисневого полум'я та досвід його використання для зварювання показали, що найбільш оптимальною галуззю його промислового використання є зварювання деталей товщиною до 3 мм.

Найбільш ефективним є використання ВКП отриманого при спаленні суміші, що виробляється ЕВГ, для паяння деталей малих товщин і перерізів легкоплавкими і середньо плавкими припоями. При цьому значно поліпшується екологія на виробничих дільницях.

Технологія паяння капілярних трубопроводів з хромонікелевих сплавів срібними та не вміщуючих срібло припоями типу ПАН-11, паяння мідних латунних трубопроводів холодильних систем траулерів латунними припоями були впроваджені на підприємствах Києва. Паяння корпусів котушок рельсових гальм зі сталі легкоплавкими прутковими припоями типу ПОС-61 та ПОС-40 діаметром 2 мм впроваджені на АТП м. Москви.

Досвід використання ВКП показав, що використання його замість ацителено-кисневого не знижує якості з'єднання при паянні легкоплавкими і середньо плавкими припоями при умові регулювання характеру горіння шляхом додавання в суміш, що виробляється ЕВГ парів вуглеводневих сполук.

При паянні деталей з конструкційних сталей в газову суміш доцільно додавати пари бензину. При паянні міді і мідних сплавів – парів бензину або спирту. При паянні деталей з нержавіючої сталі – парів спирту.

Товщина металу, що може бути розрізана в технологічних процесах газокисневого різання і якість нанесеного шару покриття при газополуменевому напиленні, суттєво залежить від газодинамічних та теплових характеристик газового струменя продуктів горіння в зоні догорання полум'я.

Глибина нагрівання металу при газокисневному різанні і температура часток, що напилюються при газополуменевому напиленні, в значній мірі залежить від довжини активних температурних інтервалів факелу полум'я, в яких температура в струмені продуктів горіння вище за температуру плавлення або горіння металу.

Довжина факелу залежить від числа Рейнольдса, яке характеризує розвиток ламинарних і турбулентних течій газу в факелі полум'я.

Тому особливість використання воднево-кисневого полум'я в технологічних процесах газокисневого різання та газополуменевому напиленні, полягає у необхідності врахування характеру течії струменю пальної суміші при виході з сопла зварювального пальника.

При відносно низьких швидкостях витoku струменю довжина факелу збільшується пропорційно числу Re (рис. 3, *a*). Така залежність характерна для ламінарної течії, яка зберігається до $Re \approx (4 \dots 5) \cdot 10^3$. При збільшенні швидкості витoku (при $Re > 4 \cdot 10^3$) відбувається перехід до турбулентної течії струменю продуктів горіння у факелі полум'я і скороченню довжини факела. Залежність довжини факелу полум'я від середньої швидкості струменю ВКП показано на рис. 3, *б*. Довжина факелу полум'я при спаленні чистої ВКС, в залежності від характеру течії, на практиці, представлено на рис. 4.

Ефективність нагрівання часток матеріалу до температури плавлення при конвективному теплообміні між продуктами горіння полум'я і матеріалом, що напилюється, можливо, якщо температура продуктів горіння в факелі буде більше за температуру плавлення на 250–300°C [5].

Враховуючи це, довжина активного температурного інтервалу при газокисневому різанні сталевих деталей і при напиленні порошоків з латуні, бронзи та інших мідних сплавів, буде визначатись ізотермою температури 1250°C, для самофлюсуючих та термореагуючих сплавів з порошкових матеріалів – 1500°C, а для порошоків з сплавів на основі заліза – 1750°C.

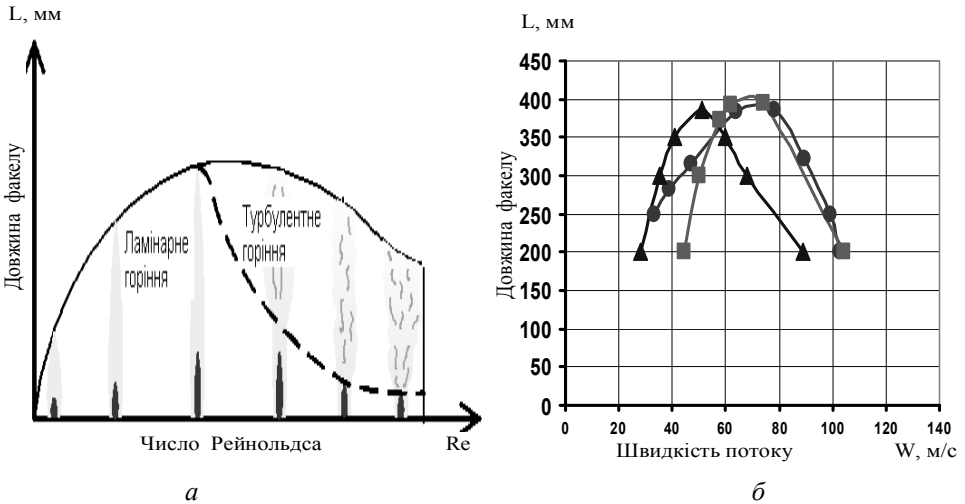


Рис. 3. Залежність геометричних розмірів факелу полум'я: *a* – від числа Рейнольдса; *б* – від швидкості витікання газового потоку: ● – ВКС+бензин; ■ – ВКС+спирт; ▲ – ВКС

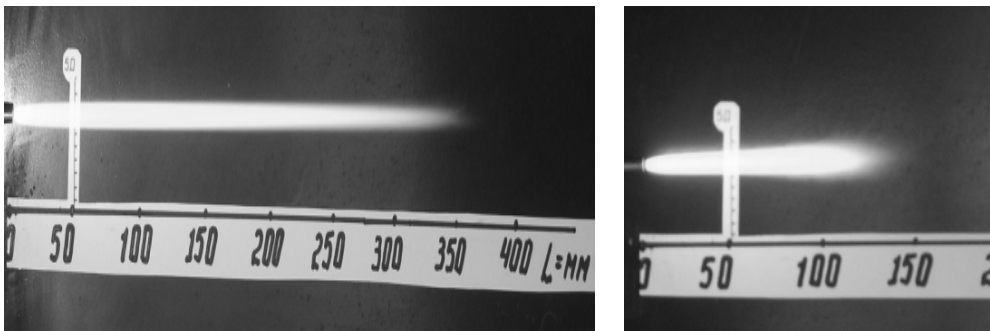
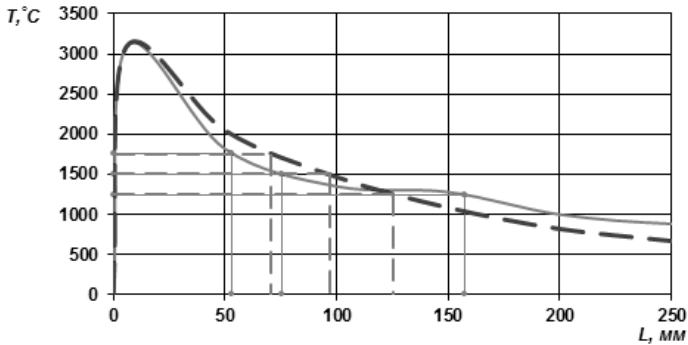


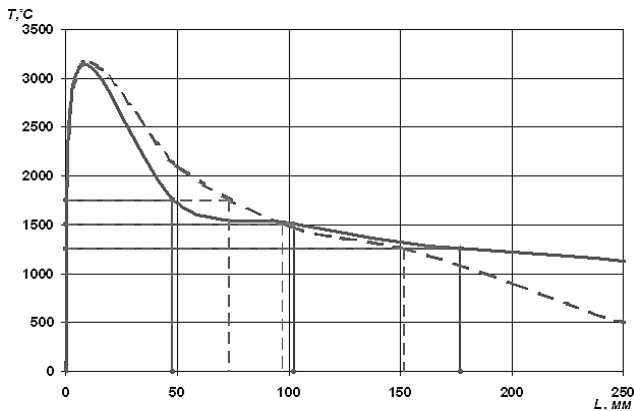
Рис. 4. Довжина факелу полум'я при спаленні ВКС від характеру течії: *a* – ламінарна течія; *б* – турбулентна течія;

Аналіз проведених досліджень показує, що задовільну якість покриття можна отримати при ламінарній течії продуктів горіння суміші. Для цього швидкість витоку суміші не повинна перевищувати критичної швидкості, при якій відбувається перехід ламінарної течії продуктів горіння в турбулентне. Для ВКС критична швидкість складає 70 м/с, для ВКС+16% парів спирту – 65 м/с і ВКС+5,5 % парів бензину – 50 м/с.

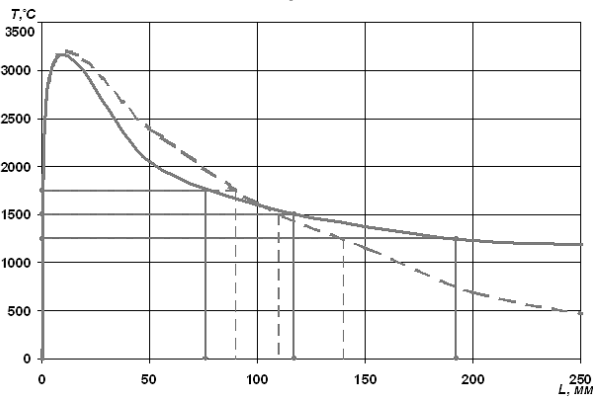
На рис. 5 представлено розподіл температури T по довжині факелу L при різних характерах течії струменю продуктів горіння.



а



б



в

Рис. 5. Розподілення температури по довжині факелу при різних характерах течії струменю продуктів горіння суміші: а – ВКС; б – ВКС + 5,5 % парів бензину; в – ВКС + 16 % парів спирту; — — — — ламінарній характер течії продуктів горіння; - - - - - турбулентний характер течії продуктів горіння

Дослідження швидкості часток по довжині газового факелу показали наявність трьох зон: зони розгону, де частка набуває швидкості від мінімальної до максимальної; зона стабільної швидкості, де швидкість змінюється в межах 5–10 % і зона гальмування, де швидкість частки зменшується.

Максимальної швидкості частки набувають при ламінарному характері течії продуктів горіння для ВКС та суміші ВКС +16 % парів етилового спирту на відстані від зрізу сопла пальника 300мм. При горінні суміші ВКС+5,5 % парів бензину 250 мм. При переході газового струменю продуктів горіння в турбулентний характер течії, зона розгону скорочується до 100–150 мм, що практично в два рази менше ніж при ламінарному. Зона стабільної швидкості частки займає практично всю робочу довжину факелу, що залишилась після зони розгону, і максимальні швидкості часток на 10–30 % нижчі.

Найбільша швидкість порошкового матеріалу досягається при грануляції 20...40 мкм і ламінарному характері течії продуктів спалення суміші ВКС+5,5 % парів бензину.

Дослідно-промислова перевірка рекомендованих технологій була проведена при відновленні посадочних місць підшипників на валах малогабаритних електродвигунів (рис. 6, а), та нанесенні покриття на штампи, для надання поверхні необхідної шорсткості та корозійної стійкості (рис.6, б,в).

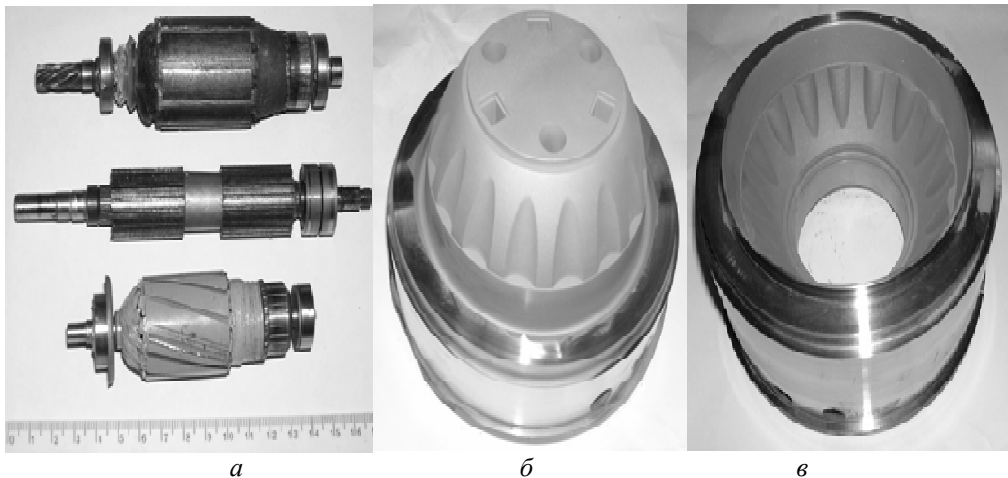


Рис. 6. Зразки напилених деталей: а – газополуменеве напilenня з послідовним оплавленням самофлюсуючих сплавів посадкових місць підшипників на валах малогабаритних електродвигунів; б, в – нанесення покриття на штампи, для надання поверхні необхідної шорсткості та корозійної стійкості.

Висновки. Воднево-кисневе полум'я, отримане при спаленні суміші, що виробляється електролізно-водними генераторами доцільно використовувати при зварюванні сталевих деталей малих розмірів і перерізів товщиною до 3–4 мм, паянні твердими та м'якими припоями деталей з кольорових та сталевих металів товщиною до 5мм, в якості підігрівачого полум'я при газокисневому різанні деталей товщиною до 50 мм та газополуменовому напilenні легкоплавких та самофлюсуючих порошкових матеріалів.

Список літератури

1. Корж В.Н. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем / В.Н. Корж, Ю.С. Попиль. – К. : Екотехнология, 2010. – 194 с.
2. Барабаш В.В. Газотермическое напыление покрытий с использованием водородно-кислородной смеси / В.В. Барабаш, В.Н. Хромов, В.В. Верцов, В.Н. Корнев // Инженерия поверхности и реновация изделий: 2-а межд. научно-техн. конф. 28–30 мая 2002, г. Ялта : тезисы докл. – К.: АТМ, 2002. – С. 217–220.
3. Тиканов А.А. Электролизно-водные генераторы кислородно-водородной смеси в технологии пайки и сварки / А.А. Тиканов, Е.В. Ларин, Н.А. Феоктистов // Естественные и технические науки: зб. наук. праць. – М.: Спутник, 2008. – №6. – С.292–297.
4. Хромов В.Н. Восстановление радиаторов систем охлаждения газопламенной пайкой водородно-кислородным пламенем / В.Н. Хромов, А.Л. Семешин, Р.А. Латыпов // Сварочное производство: журнал. – М.: Машиностроение, 2000. – № 9. – С. 44–49.
5. Применение газов-заменителей ацетилена при газопламенной обработке металлов. Справочные материалы для газопламенной обработки металлов / под ред. И. А. Антонова. – М.: Машиностроение, 1964. – 150 с.

Стаття надійшла до редакції 25.03.2014

В. Н. КОРЖ, Ю. С. ПОПИЛЬ, Н. Ю. ПОПИЛЬ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНОГО ПЛАМЕНИ ПРИ СВАРКЕ, ПАЙКЕ, РЕЗАНИИ И НАПЫЛЕНИИ ПОКРЫТИЙ

Рассмотрены вопросы использования водородно-кислородного пламени, полученного при сжигании смеси, которая производится электролизно-водными генераторами для газовой сварки, пайки, газо-кислородной резки и газопламенного напыления покрытий. Приведены примеры промышленного использования этого пламени при изготовлении различных изделий.

Ключевые слова: газопламенное напыление покрытий, электролизно-водный генератор, газовая сварка, пайка, резка.

V. N. KORZH. U. S. POPIL, N. U. POPIL

UTILIZATION OF HYDROGEN-OXYGEN FLAME IN WELDING, SOLDERING, CUTTING SPRAYING OF COVERAGES

This paper discusses scientific fundamentals of using the oxy-hydrogen mixture produced by water electrolysis based gas generators in welding brazing, soldering, cutting and flame sprayings technologies. Successful implementations of these technologies in industrial applications are highlighted with examples covering various product categories.

Ключевые слова: flame sprayings technologies, water electrolysis based gas generator, welding brazing, soldering, cutting.

Корж Віктор Миколайович – д-р техн. наук, професор кафедри інженерії поверхні зварювального факультету НТУУ «КПІ».

Попіль Юрій Станіславович – канд. техн. наук, доцент кафедри інженерії поверхні зварювального факультету НТУУ «КПІ».

Попіль Наталія Юрїївна – студентка 5-го курсу, бакалавр кафедри зварювального виробництва зварювального факультету НТУУ «КПІ».