

УДК 621.791.75

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ ПРИ НАПИЛЕННІ ВОДНЕВО-КИСНЕВИМ ПОЛУМ'ЯМ

І.В. Гайдук, бакалавр, **Ю.С. Попіль**, канд. техн. наук,
В.М. Корж, докт. техн. наук

НТУ України "КПІ"

В роботі викладено методику визначення технологічних параметрів газополуменового нанесення покриття при використанні воднево-кисневого полум'я (ВКП) отриманого при спаленні воднево-кисневої суміші (ВКС), яка виробляється електролізно-водяними генераторами. Дана методика дозволяє на основі експериментальних і розрахункових даних визначити режимні параметри процесу: витрати порошку, газової суміші і діаметра наконечника пальника, з врахуванням ефективного КПД процесу при відповідних властивостях матеріалу, що напилюється та складу пальної суміші.

Проблема. На сучасному етапі розвитку сільськогосподарської техніки відновлення спрацьованих деталей машин та механізмів вимагає більш мобільних та дешевих способів створення спеціальних поверхонь з заданими властивостями. Створення матеріалів з спеціальними властивостями дозволяє отримувати такі поверхні на виробах.

Враховуючи теплофізичні властивості напилюваного матеріалу і джерел енергії, можна вибрати один з газотермічних методів нанесення покриття. Кількість матеріалу в газовому струмені повинна відповідати кількості теплоти для розплавлення, або переходу часток матеріалу в пластичний стан, тому що збільшення матеріалу в двофазному струменю викликає зменшення нагріву і швидкості частки, що призводить до зниження якісних показників покриття.

При розробці технологічних процесів, необхідне є визначення режимів процесу нанесення покриття. В газополуменовому способі нанесення покриття первинними параметрами є дистанція напилення, витрати газової суміші, напилюваного матеріалу та діаметр сопла пальника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У літературі відомі методи визначення параметрів режиму напилення при використанні ацетилено-кисневої суміші та суміші на основі газів-замінників ацетилену[1, 2].

Щодо використання воднево-кисневої суміші, отриманої з електролізно-водяних генераторів, такі дані відсутні.

Сукупність результатів досліджень [3–5] дала змогу розробити рекомендації для визначення параметрів режиму газополуменевого наплення покриттів воднево-кисневим полум'ям, отриманим при згоранні суміші, яка виробляється електролізно-водними генераторами.

Мета статті: визначити оптимальні витрати порошку при відповідних витратах та складу пальної суміші при газополуменевому напленні покриття з використанням воднево-кисневого полум'я.

Результати дослідження. Враховуючи, що задовільну якість покриттів можна отримати при ламінарному характері течії струменя продуктів горіння пальної суміші, середня швидкість витоку не повинна перевищувати критичну швидкість, при якій відбувається перехід від ламінарного до турбулентного характеру текучості струменя продуктів горіння. Для ВКС критична швидкість складає 70 м/с, ВКС+16% парів спирту — 65 м/с і ВКС+5,5% парів бензину — 50 м/с.

Витрати пальної суміші визначаються умовою достатності теплоти для розплавлення напилюваного порошкового матеріалу, яку можна оцінити з рівності тепловмісту розплавленого матеріалу і ефективної теплової потужності полум'я, яке використовується для наплення матеріалу.

$$m_{pm} \cdot c_{pm} = Q_n \cdot V_{pc} \cdot \eta_{ef}, \quad (1)$$

де m_{pm} — маса розплавленого напилюваного матеріалу, кг/год; Q_n — нижча теплоутворююча здатність пальної суміші, МДж/м³; η_{ef} — ефективний ККД процесу нагрівання матеріалу газовим полум'ям; c_{pm} — тепловміст розплавленого матеріалу, МДж/кг; V_{pc} — витрати пальної суміші м³/год, які можна розрахувати, виходячи з відомої формули [6].

$$U_M = 354 \cdot (V_{pc}/d_c^2);$$

$$V_{pc} = (U_M \cdot d_c^2) / 354, \quad (2)$$

де d_c — діаметр сопла пальника для наплення, мм, U_M — середня швидкість витікання пальної суміші із сопла пальника, м/с, яка не повинна перевищувати критичну швидкість текучості струменя продуктів горіння, при якій ламінарне витікання струменя переходить в турбулентне.

Використовуючи довідникові дані [7] про питому теплоємність одиниці маси розплавленого матеріалу і нижчої теплоутворюючої здатності пальних сумішей, які найбільш часто використовуються і вибраного

діаметра сопла стандартного пальника для напилення, можна визначити оптимальні витрати напилюваного порошку.

$$m_{\text{рм}} = \frac{Q_{\text{н}} \cdot U_{\text{м}} \cdot d_{\text{с}}^2 \cdot \eta_{\text{еф}}}{354 \cdot c_{\text{рм}}} \quad (3)$$

Ефективний ККД процесу нагріву напилюваного матеріалу $\eta_{\text{еф}}$ визначається експериментально.

В НТУ України “КПІ” була проведена оцінка ефективності використання теплоти при спаленні ВКС, ВКС з домішками 5,5% парів бензину ($C_{7,07}H_{15}$), і ВКС з домішками 16% парів етилового спирту (C_2H_5OH) (табл.), для напилення порошоків міді, сплаву на основі нікеля і залізного порошку пальником “ЄВРО-ДЖЕТ X S-7” зі стандартним набором змінних мундштуків $\varnothing 1,6; 2,0; 2,2$ мм; і електролізно-водяного генератора А1803 продуктивністю до $1,6$ м³/год пальної суміші.

Таблиця. Повна теплова потужність у залежності від складу та характеру течії продуктів горіння

Полум'яутворюючі суміші та характер їх протікання	Діаметр отвору сопла пальника, мм	Витрати газової суміші, м ³ /год		Повна теплова потужність газової суміші Q, МДж/м ³	
		мін	макс	мін	макс
ВКС ламінарний	1,6	0,3	0,6	2,025	4,05
	2	0,4	0,62	2,7	4,185
	2,2	0,4	0,7	2,7	4,725
ВКС турбулентний	1,6	0,6	0,76	4,05	5,13
	2	0,62	0,82	4,185	5,535
	2,2	0,7	1,1	4,725	7,425
ВКС+бензин ламінарний	1,6	0,2	0,4	3,428	6,856
	2	0,3	0,52	5,142	8,9128
	2,2	0,31	0,72	5,3134	12,3408
ВКС+бензин турбулентний	1,6	0,4	0,78	6,856	13,3692
	2	0,52	0,9	8,9128	15,426
	2,2	0,72	1,22	12,3408	20,9108
ВКС+спирт ламінарний	1,6	0,4	0,6	5,88	8,82
	2	0,42	0,78	6,174	11,466
	2,2	0,52	0,9	7,644	13,23
ВКС+спирт турбулентний	1,6	0,6	0,92	8,82	13,524
	2	0,78	1,18	11,466	17,346
	2,2	0,9	1,25	13,23	18,375

Ефективність нагрівання оцінювалась ефективним ККД процесу нагрівання напилюваного матеріалу $\eta_{\text{еф}}$, який являє собою відношення ефективної теплової потужності полум'я q , яке визначається калориметруванням, до повної теплової потужності полум'я q_n , розрахованої по нижчій теплоутворюючій здатності для кожної із використаних пальних сумішей.

$$\eta_{\text{еф}} = q / q_n. \quad (4)$$

Ефективна тепла потужність q визначалась калориметруванням, як кількість теплоти, яка поглинається при нагріві на фіксованих відстанях від кінця пальника по довжині факела мідною пластиною масою 0,95 кг, розміром $3 \times 350 \times 150$ мм однофазним (без порошку) і двофазним факелом полум'я з напилюваними порошками досліджуваних матеріалів грануляцією 20–40 мкм. Витрата порошоків 0,76 кг/год; час наплення 15 с. Температура в калориметрі об'ємом 20 л вимірювалась термометром Бекмана, з точністю вимірювання $\pm 0,01^\circ\text{C}$.

Експериментальне визначення ефективної теплової потужності полум'я як чистої ВКС, так і ВКС, збагаченої парами вуглеводневих з'єднань по довжині факела, показало, що нагрівання пластини залежить як від режиму текучості, так і складу газової суміші. При витратах пальної суміші для ламінарного режиму витікання від 0,3 до 0,6 м³/год і турбулентного від 0,62 до 1,25 м³/год ефективна тепла потужність для однофазного газового потоку ВКП знаходиться в межах від 200 до 210 кВт/год і від 200 до 420 кВт/год відповідно. Виміри проводились на дистанціях наплення від 10 до 300 мм. Добавки парів вуглеводневих з'єднань підвищують ефективну теплову потужність.

Так при згоранні ВКС+5,5% парів бензину при ламінарному режимі витікання вона підвищується від 155 до 520 кВт/год, а при переході в турбулентний режим витікання від 251 до 661 кВт/год. При спалюванні суміші ВКС+16% парів спирту вона практично не змінюється, знаходячись в межах від 212 до 405 кВт/год, при переході в турбулентний режим.

Максимальна ефективність нагрівання досягається на відстані зразка від мундштука пальника до 10 мм, тобто в зоні полум'я, яке зазвичай використовується для зварювання, паяння, різання металів.

На відстані зразка від торця пальника приблизно 150 мм, зазвичай визначеній, як оптимальна дистанція наплення, ефективний ККД процесу нагрівання вище у ламінарного в порівнянні з турбулентним характером текучості струменя продуктів горіння при згоранні чистої

воднево-кисневої суміші і суміші ВКС+5,5% парів бензину і незначно відрізняється при згоранні суміші ВКС+16% парів спирту.

Проведені досліді показали можливість використання при розрахунках параметрів режиму напилення, для оптимальних дистанцій напилення, з ламінарним характером протікання продуктів горіння воднево-кисневої суміші такі значення ефективного ККД процесу нагріву при напиленні. При напиленні мідного порошку (або порошку на основі міді) $\eta_{\text{еф}} \approx 0,003$, порошку на нікелевій основі $\eta_{\text{еф}} \approx 0,0033 \dots 0,004$.

При використанні залізного порошку і порошоків з екзотермічними реакціями горіння заліза в кисні ефективний ККД процесу може досягати $\eta_{\text{еф}} \approx 0,007$.

При використанні ламінарного характеру текучості продуктів горіння суміші ВКС+пари бензину ефективний ККД процесу при напиленні мідного порошку $\eta_{\text{еф}} \approx 0,004$, порошку на нікелевій основі $\eta_{\text{еф}} \approx 0,0035$, залізного порошку $\eta_{\text{еф}} \approx 0,0032$.

При використанні суміші ВКС+пари спирту ефективний ККД процесу для всіх досліджуваних вище порошоків склав $\eta_{\text{еф}} \approx 0,002$.

Наведені вище значення ефективного ККД можна використовувати для визначення витрат напилюваного порошку за формулою (3).

Висновки. Регулювання продуктивністю процесу напилення з використанням воднево-кисневого полум'я можна здійснювати за рахунок добавок вуглеводневих сполук в пальну суміш. При однакових витратах пальної суміші вуглеводневі сполуки збільшують ефективну теплову потужність, що призводить до збільшення продуктивності процесу та ефективності нагрівання напилюваних часток. Для отримання струменя ламінарного режиму витікання вимагається від 0,3 до 0,9 м³/год як чистої ВКС, так і ВКС з добавками вуглеводневих сполук при діаметрах сопла 1,6–2,2 мм, при цьому дистанція напилення 150–250 мм, а витрати порошку становлять від 0,3 до 0,76 кг/год.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Антонов И.А. Газопламенная обработка металлов. — М.: Машиностроение, 1976. — 264 с.
2. Витязь П.А., Ивашко В.С., Манойло Е.Д. и др. Теория и практика газопламенного напыления. — Мн.: Наука і техніка, 1993. — 295 с.
3. Корж В.Н., Попиль Ю.С. Влияние углеводородных добавок на структуру водородно — кислородного пламени и распределение температуры по длине факела // Автомат. сварка. — 2004. — № 11. — С. 36–40.
4. Корж В.Н., Попиль Ю.С. Условия получения газопламенного покрытия при использовании водородно-кислородного пламени // Автомат. сварка. — 2005. — № 9. — С. 25–31.

5. Корж В.Н., Попиль Ю.С. Регулирование тепловой мощности водородно-кислородного пламени при газопламенной обработке // Автомат. сварка. — 2008. — № 2. — С. 45–47.
 6. Глизманенко Д.Л., Евсеев Г.Б. Газовая сварка и резка металлов. — М.: Машгиз, 1954. — 532 с.
 7. Хасуй А., Моригаки О. Наплавка и напыление. — М.: Машиностроение, 1985. — 240 с.
-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ПРИ НАПЫЛЕНИИ ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНЫМ ПЛАМЕНЕМ

Представлена методика определения технологических параметров газопламенного нанесения покрытий с использованием водородно-кислородного пламени. Данная методика позволяет на основе экспериментальных и расчетных данных определить режимные параметры процесса: расход порошка, газовой смеси и диаметра наконечника горелки, с учётом эффективного КПД процесса при изменении свойств порошка и состава водородно-кислородной смеси.

DEFINITION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF HYDROGEN-OXYGEN FLAME FOR SPRAY COATINGS

There is a method of determination of technological parameters of spray coating using hydrogen-oxygen flame in work. This method allows on the basis of experimental and calculation information to define the parameters of regime of the process, such as gas expenditures, powder and diameter of tip of gas-ring, taking into account effective KPD when properties of powder and consistence of hydrogen-oxygen flame are changed.

УДК 621.431.7/436+621.004.61/01-19:631.3

КОНЦЕПЦІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Л.Н. Болдар, канд. техн. наук,

Луганський НАУ

Обґрунтована нова концепція забезпечення життєвого циклу сільськогосподарської техніки, обладнаної двигунами внутрішнього згорання, за умов її технічного сервісу та використання вітчизняних наукових розробок.

Проблема. Як відомо, на сьогоднішній день кількість і якість сільськогосподарської (с/г) техніки в Україні не відповідає технологічній потребі [1]. Зниження якості вітчизняної с/г техніки, зокрема облад-