

Техніка і технології

УДК 621.762

ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ НАФТОГАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ ПЛАЗМОВОЮ НАПЛАВКОЮ КОМПОЗИЦІЙНИМИ СПЛАВАМИ НА ОСНОВІ ТУГОПЛАВКИХ СПОЛУК

В.М.Сухорєбрий, С.Й.Тараєвський, О.С.Тараєвський

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43341
e-mail: public@nung.edu.ua*

Разработан технологический процесс на основе нового и износостойкого композиционного материала, образующегося в процессе плазменно – порошковой наплавки частиц карбида титана, платированных никель – молибденовым сплавом. Важным значением плазменной наплавки является качество наплавленного металла. Проведенные исследования показали, что химический состав наплавленного шара соответствует составу шихты, а это подтверждает стабильность плазменной наплавки, а также полное покрытие никель – молибденовым сплавом частиц TiC.

The new wear-resistant composite substance that generates during plasma-powder surfacing of titanium carbide particles, that are platinized with nickel-molybdenum alloy have been developed. Quality of surfacing metal has important significance for plasma-powder surfacing. The conducted research demonstrated that the chemical composition of surfaced layer corresponds to burdens composition and that confirms the stability of plasma surfacing and the entire surfacing with nickel-molybdenum alloy of TiC particles.

Постановка проблеми. Перед нафтогазовою промисловістю стоїть завдання про підвищення ефективності видобування та транспортування нафти і газу в складних природних умовах. У зв'язку з цим велике значення набуває проблема підвищення працездатності нафтогазового обладнання та газотранспортної системи України. Відомо, що в даний час зміцнення бурового інструменту й іншого обладнання здійснюється в основному композиційними матеріалами на основі карбиду вольфраму і кобальтової зв'язки. Зважаючи на дефіцитність вольфраму і кобальту проводяться інтенсивні роботи зі створення композиційних матеріалів на безвольфрамовій основі і використанні прогресивних методів наплавки.

Відомі безвольфрамові тверді сплави, недостатньо ефективні через їх крихкість і недостатню механічну міцність. Найбільш відомі сплави титану КТС, ТНМ, ТН. Однак літературні дані про їх промислові використання в якості наповнювачів композиційних сплавів обмежені, мало вивчені їх фізико-хімічні і технологічні властивості. Тому робота, направлена на можливість використання для наплавки зносостійких матеріалів, які володіють підвищеними

механічними і експлуатаційними характеристиками, має науковий і практичний інтерес.

Огляд літератури. Під час вивчення характеру взаємодії зерен реліту і сплавів типу ВК, ТК, ТТК з рідкими сплавами встановлено, що як і в контакт з сталлю, тугоплавкі сполуки розчинюються в них тим інтенсивніше, чим вища температура і більший час існування рідкої ванни. Наприклад, у разі наплавки шихтою, що містить в якості сплаву – зв'язки порошок ХН80СР4, а в якості зносостійкої складової – реліт або сплав типу ВК, ТК, ТТК під час підвищення температури від 1030°C до 1380°C і збільшення тривалості існування рідкої ванни від 0 до 20 с, зона розчинення зерна реліту становить 0 – 33 мкм. Як наслідок вольфрам переходить у рідкий стан. У процесі кристалізації в зоні розчинення зерна виявляються тверді дрібнозернисті фази, що утворилися карбідо- і борідоутворюючими елементами сплаву ХН80СР4, так і вольфрамом і вуглецем, що розчинилися. Кількість цих фаз зменшується у міру віддалення від зерна реліту, про що свідчить зменшення мікротвердості під час віддалення від границі зерна до металу зв'язки. Важливе значення має вплив хімічного складу

сплаву – зв'язки на нікелевій основі на величину крайового кута змочування реліту і твердих сплавів. Авторами [1,3,5] встановлено, що чиста мідь проявляє найгіршу змочуваність, а під час добавлення до міди нікелю і марганцю змочування сплавів покращується. Характер взаємодії зерен сплаву Т-20 зі зв'язкою ПГ-СРЗ докладно вивчений авторами [4, 6, 7]. У даному випадку наплавлений шар являє собою композиційний сплав, який складається із зерен твердого сплаву ТН-20 і сплаву-зв'язки. Особливих змін у мікроструктурі твердого сплаву не виявлено. Твердість сплаву після наплавки значно знизилась і становила 86-80 одиниць НРА. У зоні сплавлення спостерігалась взаємна дифузія і утворення спільних кристалів, що свідчить про надійність зв'язки сплаву-зв'язки із зернами твердого сплаву. Зерна твердого сплаву здебільшого зберегли гострокутну форму, що свідчить про незначне їх розчинення у зв'язці.

Таким чином, однією з найважливіших проблем технології наплавки композиційних сплавів, на основі тугоплавких сполук, є недопущення розчинності армованих частинок у сплаві-зв'язці. Разом з тим, це явище може бути визнаним як корисне, стверджує автор [5], оскільки при цьому підвищується зносостійкість матриці. Проте, з іншого боку, склад матриці важко регулювати розчиненням армуючими зернами, внаслідок чого підвищується крихкість сплаву.

Метою роботи є дослідження і розробка основ технологічного процесу одержаного покриття плазмовою наплавкою на основі карбиду титану.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: обґрунтувати необхідність плакування порошків карбиду титану нікель-олібденовим сплавом карбід титану – зв'язка ПГАН9 (Ni – Cr – W – Si), дослідження фізико-хімічної взаємодії на границі карбиду титану плакованого нікель-молібденовим сплавом – зв'язка ПГАН9 і стальна підкладка (12x18H10T) в умовах плазмової дуги, розробити оптимальний режим зміни параметрів під час плазмової наплавки присадковим порошковим матеріалом, який подається в дугу транспортуючим газом у середину плазмового пальника.

З метою зміцнення робочих поверхонь деталей машин і механізмів нафтогазового профілю, які працюють в умовах інтенсивного зносу, необхідно нанести на них шар сплаву, що володіє підвищеною твердістю, зносостійкістю, кислотостійкістю, жаростійкістю та іншими властивостями. Такі властивості наплавленого металу забезпечуються введенням у хімічний склад сплаву твердосплавної сполуки, якою є найчастіше зернистий карбід вольфраму (реліт).

Одним із способів зниження розчинності частин зносостійкої складової в металічній матриці є плакування їх сплавами, які повинні бути для них бар'єром проти активної взаємодії з перегрітим металом матриці, не допустити перегрівання зерна і окислення, покращити змочування армованих частинок сплавом-зв'язкою,

а також знизити активність матриці шляхом утворення хімічних зв'язків з металами, що входять до її складу.

Таким чином, попереднє плакування армованих частинок металами і сплавами дозволяє розширити номенклатуру тугоплавких сполук, які можуть бути використані для створення нових композиційних сплавів [3, 5].

Досягнення необхідних властивостей наплавленого металу та зміцнення робочих поверхонь деталей можна забезпечити введенням в його склад відповідних добавок, тобто легування сплаву. Для цього можна використати такі способи:

1. Введення легуючих добавок у вигляді дроту, стрічки або стрижнів.

2. Використання порошкового дроту, дроту з армованим легуючим покриттям і звичайних флюсів.

3. Використання легуваних наплавлених флюсів (керамічних флюсів, механічної суміші феросплавів із флюсом).

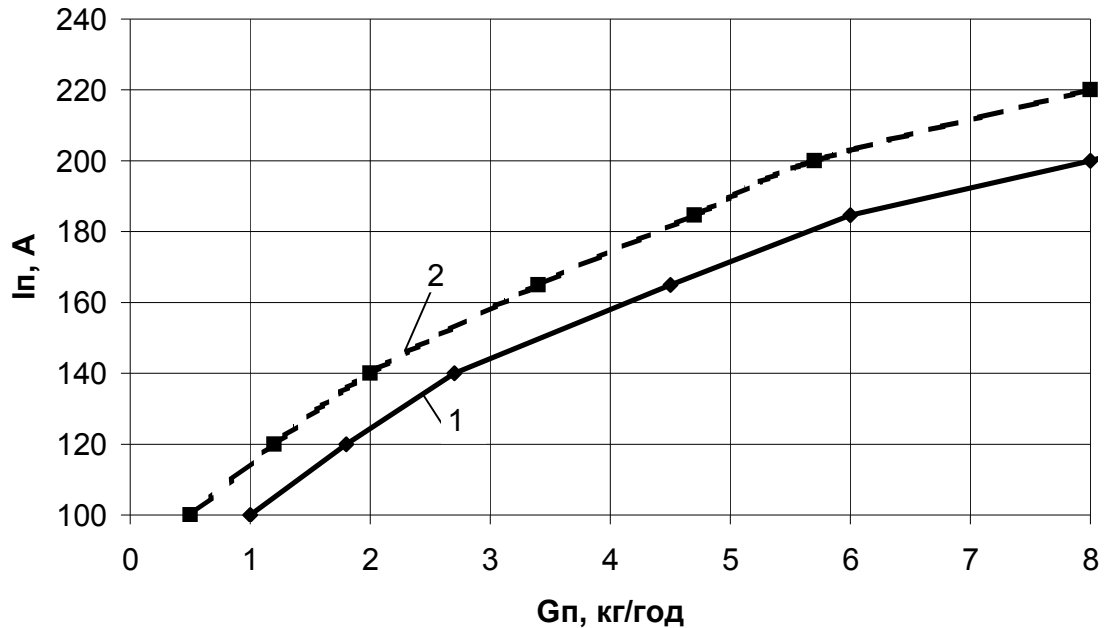
4. Введення легуючих добавок шляхом подавання порошку у хвостову частину зварювальної ванни.

5. Подавання шихти, що містить армовані частини, в плазмову дугу. Цей спосіб відзначається технологічними особливостями процесу наплавки, використанням комбінації декількох способів легування одночасно. На практиці використовуються різні види наплавлення композиційних матеріалів на робочій поверхні: газова, дугова, електрошлакова, плазмова, індукційна, контактна і дифузійна.

Як стверджують автори [3, 6] найбільш економічний і за своїми фізико-механічними властивостями значно перевищує карбід вольфраму – це карбід титану, плакований нікель-молібденовим сплавом. Вибір нікель-молібденового сплаву в якості металу матриці покриття був зумовлений тим, що поряд з високими антифрикційними властивостями, жаростійкістю, корозійною стійкістю, високою твердістю і зносостійкістю, він добре змочує карбід титану [2] і одночасно карбід титану мало розчиняється в ньому [6].

Інтенсивний розвиток порошкової металургії і введення нових технологій зумовило широкое використання плазмових пальників і плазмової наплавки, суть якої полягає в наступному: присадковий матеріал подається в дугу транспортуючим газом у середині пальника. Одночасно подаються по своїх каналах плазмуютьоруючий і захисний гази. Наявний присадковий наплавний порошок у плазмовій дузі деякий час нагрівається і навіть розплавляється, що дає можливість здійснювати наплавку з мінімальним проплавленням основного металу із збереженням його основних властивостей.

Найбільш прогресивним і прецизійним процесом нанесення наплавленого шару такого сплаву – плазмова наплавка, оскільки вона дає можливість наплавляти шар заданої товщини (0,5-5,0 мм), як на поверхню деталі, так і на окремі ділянки деталі з лімітованою часткою проплавлення основного металу.



1 — $\gamma_0 = 2\%$; 2 — $\gamma_0 = 10\%$

Рисунок 1 — Діапазон значень I_p , під час яких частка основного металу в наплавленому шарі знаходиться в межах від 2 до 10%

Технологія наплавки. Однією з найбільших переваг технології плазмово-порошкової наплавки є мінімальне проплавлення основного металу. Наплавка здійснювалася на установці, розробленій в інституті електрозварювання АН України ім. Е.А.Патона.

Характерним для цієї установки є те, що пальники такого типу включаються в електричну мережу за комбінованою схемою. Обидві дуги мають автоматичне живлення, а це дозволяє керувати їх горінням незалежно одна від одної. Дуга побічної дії використовується в основному для забезпечення стійкої роботи пальника і нагрівання порошку, дуга прямої дії забезпечує необхідне нагрівання поверхні вибору і забезпечує сплавлення присадкового і основного металу. Використання комбінованої дуги дає змогу підібрати оптимальний режим наплавки, що забезпечує необхідну товщину наплавленого шару, а також мінімальне розплавлення основного металу. Нижче наводиться приклад оптимального режиму зміни параметрів під час плазмової наплавки:

- Струм дуги прямої дії, I_p , А — 120-350
- Струм побічної дуги, $I_{пб}$, А — 50-170
- Подавання порошку, $G_{пр}$, кг/год — 0,5-0,7
- Розхід плазموутворюючого газу, $q_{пл}$, л/хв. — 1,5-6,5
- Розхід транспортуючого газу, $q_{пр}$, л/хв. — 5,0-17,0
- Швидкість наплавки, V_n , м/год — 1,9-29,2
- Амплітуда коливання порошку, f , кол/хв. — 10-90
- Відстань від пальника до виробу, h , мм — 10-30.

Розхід аргону для захисту підтримувався постійним — 15 л/хв. Дослідження проведені на взірцях із вуглецевої сталі розміром 150x150x20 мм.

Про ступінь проплавлення основного металу (поверхні взірця зі сталі 45) судили за часткою основного металу в наплавленому валику γ_0 , що визначається, як відношення площі проплавлення до загальної площі поперечного перерізу валика.

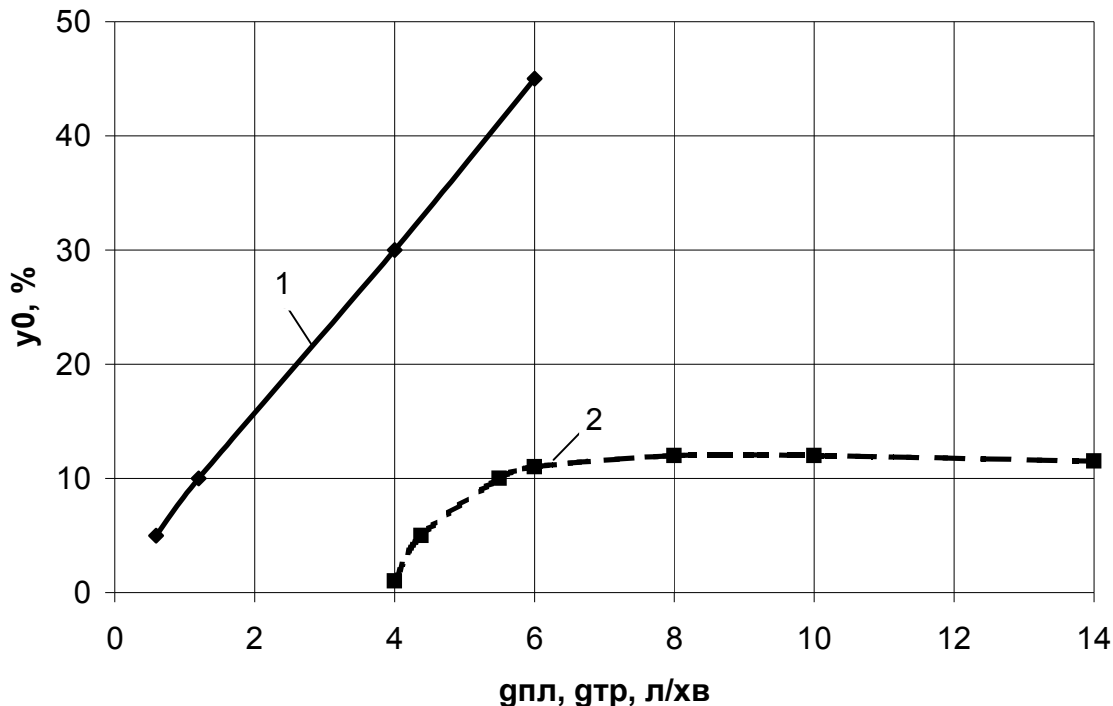
Струм дуги прямої дії має найбільший вплив на частку основного металу в наплавленому валику.

Вплив струму I_p особливо помітний під час наплавки з малою часткою порошку (до 2 кг/год), а також під час підвищеної продуктивності наплавки, проявляється в меншій степені. На рис.1 зображено діапазон струмів, для яких величина γ_0 знаходиться в межах від 2 до 10% (рис. 1).

Струм побічної дуги практично не впливає на проплавлення основного металу, однак внаслідок дуже малого струму $I_{пб}$, знижується стабільність роботи пальника.

Вплив на величину γ_0 має також зміна розходу плазмоутворюючого газу. Це пов'язано головним чином з тиском плазмової дуги на зварювальну ванну, оскільки ефективна теплота потужність дуги під час зміни $q_{пл}$ змінюється тільки на 10-15%, але швидкість потоку плазми в дузі змінюється більше ніж у 2 рази. На практиці $q_{пл}$ встановлюють у межах 1 – 2 л/хв.

Розхід транспортуючого газу в інтервалі від 5 до 9 л/хв, впливає на γ_0 аналогічно плазмоутворюючому газу, але значно слабше (рис.2).



1 – $I_n = 150$ А; 2 – $I_{поб} = 100$ А

Рисунок 2 – Залежність частки основного металу в металі наплавки від витрат плазмоутворюючого ($q_{пл}$) і транспортуючого ($q_{тр}$) газу

Слід відзначити той факт, що під час подальшого підвищення $q_{тр}$ не призводить до збільшення проплавлення основного металу.

Порівнюючи ці дані з результатами швидкості потоків плазми в дузі внаслідок різних витрат транспортуючого газу можна переконавшись, що в цьому випадку спостерігається повна відповідність між впливом розходу аргону на швидкість плазми і величину γ_0 . Із збільшенням розходу транспортуючого газу збільшуються витрати порошку в результаті підвищення початкової швидкості частинок і погіршення їх нагрівання в дузі. Тому величина $q_{тр}$ не повинна бути дуже великою, а отже величина транспортуючого газу повинна підтримуватись у межах 7-10 л/хв.

Амплітуда і частота коливання в розглянутих межах не буде впливати на проплавлення основного металу. Наприклад, зі зміною амплітуди від 2,5 до 16 мм, величина γ_0 змінюється в межах 12-17%.

Суттєвий вплив на величину γ_0 (внаслідок постійних останніх параметрів процесу) має величина подавання порошку (рис. 3).

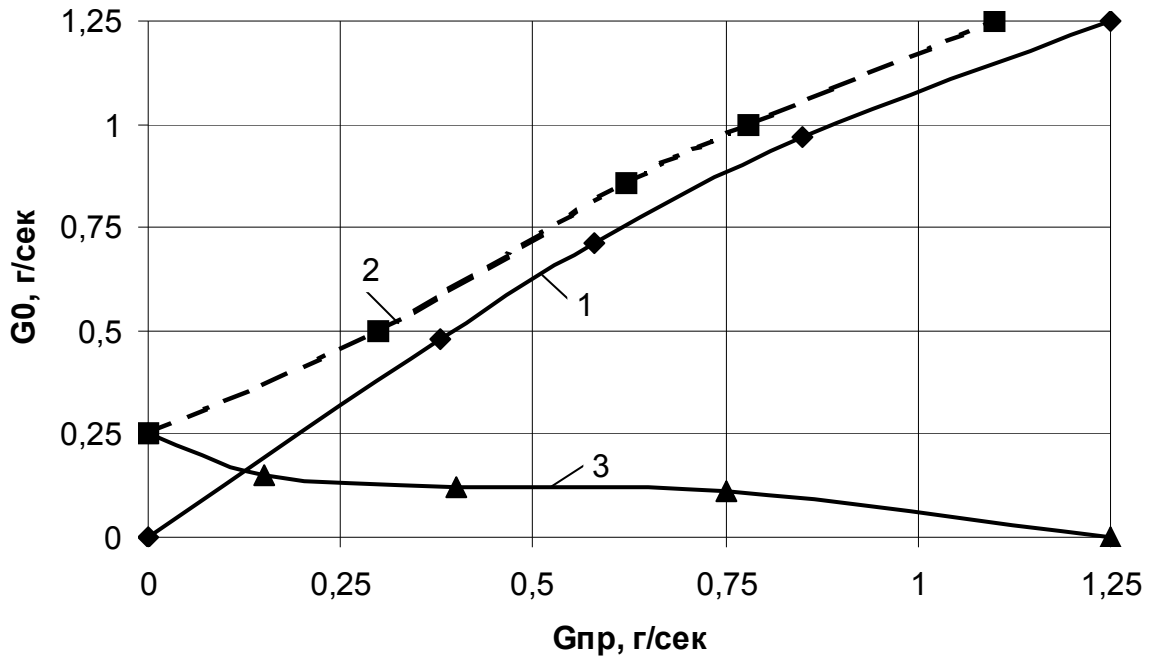
Велике значення має зв'язок між товщиною наплавленого шару, часткою основного металу в розплавленому металі і продуктивністю процесу (рис. 4).

Із наведених даних дослідження процесу плазмової наплавки можна зробити висновок, що вибір оптимальних режимів наплавки зводиться до визначення величини струму прямої

дії, величини подавання порошку і швидкості. Значення останніх параметрів режиму наплавки ($I_{поб}$, $q_{пл}$, $q_{тр}$, h) повинні підтримуватись постійними.

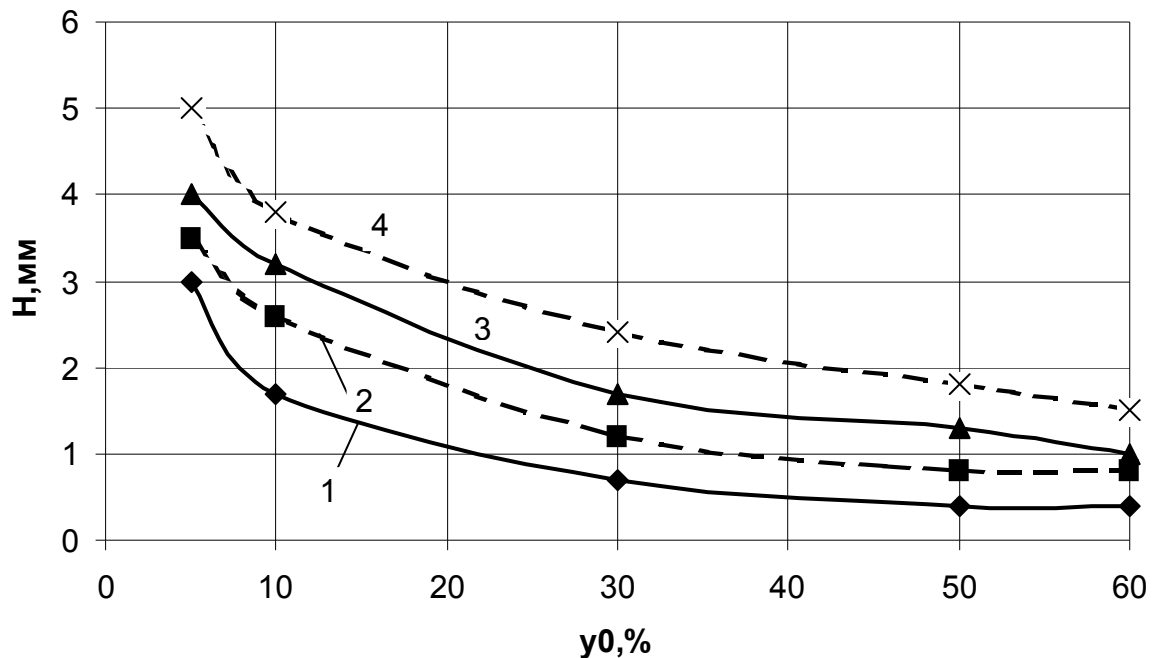
Важливим значенням плазмової наплавки є якість наплавленого металу. Проведені дослідження показали, що хімічний склад вже в першому наплавленому шарі відповідає складу шихти, а це підтверджує стабільність плазмової наплавки і повне покриття нікель-молібденовим сплавом частинок TiC, що входять у порошкову шихту для плазмової наплавки. Відомо, що армовані частинки з покриттям подаються з присадковим порошком-зв'язкою в плазмову дугу. Пролітаючи через стовп плазми частинки нагріваються, сплаваються щільне покриття, яке охороняє зерно від перегріву і окислення. Далше частинки з розплавленим шаром покриття потрапляють на зміцнюючу поверхню, де метал перемішується з тонким шаром рідкого основного металу і після кристалізації утворюють матрицю композиційного сплаву.

Висновок. Отже, завдяки плазмовій порошковій наплавці ми маємо можливість вводити в наплавляючу шихту присадкового матеріалу до 60% маси недефіцитного карбиду титану, плакованого нікель-молібденовим сплавом, а це на 50% знижує вартість витрат порівняно з іншими видами наплавки, зокрема на основі карбідних сплавів, що використовуються для зміцнення робочих поверхонь нафтогазового обладнання.



1 — $G_{пр}$; 2 — $G_0 + G_{пр}$; 3 — G_0
 $I_{пр} = 150$ А; $I_{ноб} = 90$ А; $q_{пл} = 2$ л/хв.; $q_{гр} = 9$ л/хв.; $V_n = 2,34$ м/год; $f = 60$ коливань/хв.

Рисунок 3 — Залежність продуктивності розплавлення основного (G_0) і присадкового ($G_{пр}$) металу від подавання порошку



1 — 1 кг/год; 2 — 2 кг/год; 3 — 4 кг/год; 4 — 6 кг/год

Рисунок 4 — Товщина наплавленого шару (H) і частка основного металу (γ_0) внаслідок різної продуктивності наплавки

Література

1. Гладкий П.В., Фрумін І.І. Плазменная наплавка / Автоматическая сварка. – 1965. – №3. – С.56-60.
2. Гладкий П.В. Распределение температуры и скорости плазмы в дуге при плазменно-порошковой наплавке / Автоматическая сварка. – 1990. – №2. – С.72-73.
3. Гладкий П.В., Переpletчиков Е.Ф., Фрумін І.І. Плазменная наплавка с присадкой порошков / Сб. “Резка, наплавка и сварка сжатой дугой”: Мат. к 2-му Все союз. совещанию по резке, наплавке и сварке сжатой дугой / Под ред. Васильева К.В. – 1968. – С. 28-34.

- необхідно доповнювати застосуванням фізичних методів очищення привибійної зони, при-
4. Заверуха О.В., Сухорєбрий В.Н. Формирование наплавочного слоя на основе карбида титана при наплавлении плазменной дугой / Тез. докл. науч.-техн. конф. “Концентрированные потоки энергии в технологии обработки и соединения материалов”. – Пенза, 1989. – С. 44-45.
 5. Сидоров А.Й. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. – М.: Машиностроение, 1987. – С. 98-124.
 6. Хасуй А. Техника наплавления. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 74-88.
 7. Фрумін І.І. Современные типы наплавочного металла и их классификация / Сб. “Теоретические и технологические основы наплавки. Напавленный металл”. – К.: Наукова думка, 1977. – С. 3-17.

УДК 622.276.6

РОЗРОБКА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЦИКЛІЧНОЇ ДЕПРЕСІЙНО-РЕПРЕСІЙНОЇ ДІЇ НА ПРИВИБІЙНУ ЗОНУ ПЛАСТА

Я.Б. Тарко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42195
e-mail: jart_b@ukr.net

Обоснована целесообразность очистки призабойной зоны пласта путем создания циклов высоких депрессий и репрессий давления. Описаны технические средства гидроимпульсного воздействия на пласт и технология проведения работ в скважинах.

There has been grounded the advisability of well-bore zone treatment with cyclic creation of high pressure depressions and repressions. The technical means for hydro-impulse effect on layer and technology of works' realization in the wells have been described.

В останні роки все більшого поширення набувають технології підвищення продуктивності свердловин, що ґрунтуються на проведенні очищення привибійної зони пласта шляхом створення на вибої циклів високих депресій та репресій тиску [3, 4]. Як відомо, основною причиною зниження продуктивності свердловин, поряд зі зменшенням пластового тиску в покладах та обводненістю пластів, є кольматация привибійної зони. Це явище носить комплексний характер і є наслідком складних фізичних, хімічних і молекулярних процесів.

У зв'язку з цим, розроблені різноманітні фізико-хімічні методи, які направлені на розплавлення, розчинення та видалення продуктів кольматации з пласта. У фізичних способах, серед яких можна, в першу чергу, відзначити імпульсні гідродинамічні та вибухові методи, очищення привибійної зони відбувається за рахунок розущільнення структур кольматанту та винесення його з пласта в процесі інтенсивної фільтрації флюїду у свердловину. У будь-якому способі хімічної чи теплової дії, після розчинення або розплавлення кольматанту, кінцева ефективність оброблення цілком залежить від повного і своєчасного вилучення продуктів реакції та кольматации з пласта. Тому ці технології

чому, як до так і після проведення основних робіт.

Аналіз гідродинамічних методів впливу на привибійну зону пластів показує, що більшість відомих технологій ґрунтуються на проведенні депресійно-репресійної та імпульсній дії і, не дивлячись на значну кількість розроблених пристроїв різних конструкцій та принципів дії, на практиці знайшли застосування лише деякі з них [2]. На першому принципі розроблені струминні пристрої типу УОС [4] та устаткування для створення миттєвих депресій тиску типу УСМД [3, 5-7].

На рис. 1 зображена принципова схема пристрою УСМД-1М, в якому реалізовані технічні рішення [5]. Пристрій складається з корпусу 1, що має в середній частині радіальні отвори та встановлені нижче зворотні клапани 2, які пропускають рідину та газ із затрубного простору в труби та виключають їх рух у зворотному напрямку. Усередині корпусу розміщена підпружинена циліндрична втулка-плунжер 4 з двома рядами радіальних отворів, верхні з яких у початковому (верхньому) положенні втулки-плунжера не співпадають з радіальними отворами корпусу та співпадають з ними у ни-