

# РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БУРОВИХ ДОЛІТ ІЗ ЗАХИСНИМ ПОКРИТТЯМ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Б.В. Стефанів

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: [office@paton.kiev.ua](mailto:office@paton.kiev.ua)

Розглянуто і вивчено особливості виготовлення бурових доліт і шарошок. Проведений аналіз експлуатації робочих органів корпусів бурових доліт показав, що найчастіше при бурінні відбувається зношування різців, захисного покриття посадочних гнізд і калібруючої поверхні корпусів бурових доліт. Досліджено, що при дуговому наплавленні ТІГ-способом низькі швидкості нагрівання і охолодження металу під час підігріву робочих органів долота дозволяють зменшити залишкові напруги й уникнути утворення тріщин в покриттях і основному матеріалі. Встановлено, що оптимальна товщина наплавлення захисного покриття повинна бути в межах 2,0...3,0 мм, де спостерігається рівномірне розміщення карбідів вольфраму по всьому об'єму наплавленого шару, що дозволяє ефективно протистояти зношуванню робочих органів лопатей і корпусів доліт в умовах знакозмінних та ударних навантажень, гідроабразивного зносу, корозії, ерозії, тощо. Встановлено, що долота з захисним покриттям, маючи високу зносостійкість і корозійну стійкість, підвищують механічну швидкість буріння і вирішують найважливіше завдання щодо зменшення кількості опускально-підіймальних операцій при бурінні газових та нафтових свердловин. В результаті проведених виробничих випробувань виготовлених бурових доліт встановлено, що захисне покриття робочих органів дозволяє подовжити експлуатаційний ресурс. Бібліогр. 18, табл. 1, рис. 8.

*Ключові слова:* долота, шарошки, буріння, зношування, робочий орган, полікристалічний алмазний різець (PDC-polycrystalline diamond cutter), твердосплавне покриття, наплавлення, карбіди вольфраму, мікроструктура, зносостійкість, випробування

Для ефективного буріння надр для видобутку вуглеводнів потрібно правильний вибір долота при певних умовах експлуатації. Основний буровий інструмент – долото для обертального буріння (яке в широкому сенсі слова класифікується як долото з фіксованими різцями або як шарошкове долото) призначене для різних порід і широкого спектру умов. Сьогодні бурові долота на ринку України представлено долотами вітчизняного і закордонного виробництва.

В світі налічується більше трьох десятків компаній, що займаються розробкою і виробництвом бурового інструмента. Провідне місце належить компаніям «Varel International», «Hughes Christensen», «Hallburton», «Smith Bits», «Reed Hycalod», «National Oilwell Varco», «Schlumberger», «Reed Tools Company», «Baker Hughes» і «GemDrill» та інші. Ці компанії поставляють інструменти більш ніж в 86 країн світу. Частка імпортних бурових доліт на українському ринку доліт для нафтогазової промисловості складає близько 12 %, а гірничорудних – 14 %.

Основними характеристиками спрацювання PDC доліт (як власного, так і іноземного виробництва) на родовищах України є: зношування зубків – 17 %, поломка зубків – 30 %, сколювання зубків – 31 %, випадіння зубків – 3 та 19 % – відсутність спрацювання [1].

В Україні бурові долота типу PDC та шарошкові долота виготовляються Інститутом надтвердих

матеріалів [2] і Дрогобицьким долотним заводом «ТОВ «Універсальна бурильна техніка» [3]. Недоліком бурових доліт типу PDC, виготовлених в Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля є недостатній захист робочих органів, а саме лопатей і калібруючої поверхні корпусу без захисного покриття, що суттєво впливає на їх зносостійкість і експлуатаційний ресурс.

На Дрогобицькому долотному заводі ТОВ «Універсальна бурильна техніка» в основному виготовляються тришарошкові бурові долота, в яких шарошки оснащені вставними твердосплавними зубками. Недоліком шарошкових доліт є недостатній захист робочих органів, а саме втрата фрагментів шарошки (розколювання тіла шарошки, відламування цапфи лапи), тіл кочення (заклинювання опор і зупинення обертання шарошок) чи цілої секції (розколювання, зношування, випадання вставного породоруйнівного оснащення шарошок).

Застосування бурових доліт типу PDC із захисним покриттям робочих органів дозволяє на порядок і більше підвищити проходку в порівнянні шарошковими та долотами без захисного покриття і знизити витрати на опускально-підіймальні операції. Це свідчить про необхідність подальших досліджень в напрямку аналізу і підбору даних буріння, оскільки буріння долотами PDC дає змогу полегшити бурові роботи, скоротити терміни спорудження свердловин, особливо в процесі буріння глибоких свердловин, а відсутність рухомих елементів конструкції доліт виключає виникнення аварійних ситуацій. Конструкція типу доліт PDC забезпечує тривалий ресурс

Стефанів Б.В. – <https://orcid.org/0000-0002-7159-8762>

© Б.В. Стефанів, 2021

експлуатації і високі швидкості буріння за рахунок високої зносостійкості захисного покриття робочих органів і ріжучих елементів PDC-різців, відсутності підшипникової опори, що підвищує проходку бурового інструмента. Незначний вплив динаміки роботи долота на вибій і бурильну колону (порівняно з шарошковими) та висока зносостійкість захисного покриття і різців калібруючої поверхні виключають необхідність проробки і калібрування стовбура свердловини перед опусканням обсадної колони.

Для бурового інструмента основними показниками механічних властивостей зносостійких покриттів є гідроабразивна зносостійкість, твердість і корозійна стійкість, що дозволяє ефективно протистояти ряду проблем зношування робочих органів доліт в умовах знакозмінних та ударних навантажень, гідроабразивного зносу, корозії, ерозії і т.д. Міцність захисного покриття залежить від температури, тиску, механічного навантаження, агресивності середовища і міцності гірських порід. Маючи високу зносостійкість і корозійну стійкість, долота з захисним покриттям підвищують механічну швидкість буріння і вирішують найважливіше завдання щодо зниження вартості метра проходки.

Зважаючи на зазначене вище, мета роботи полягала у розробці технології виготовлення бурових доліт із захисним покриттям робочих органів, що дає змогу подовжити експлуатаційний ресурс.

**Матеріали та методи.** Об'єкт досліджень – ділянки робочих органів корпусів сталевих бурових доліт. Дослідження мікроструктури проводили за стандартною методикою на електронному мікроскопі Tescan Mira 3 LMU та оптичному мікроскопі Неофот 32. Зварювальні апарати Корал-300 та ПРС-3М. Композиційний матеріал – Tero Cote 7888T.

**Результати дослідження.** Для захисту робочих органів бурового інструмента від різних видів зношування широко застосовуються композиційні матеріали на базі сплавів Ni, Fe, NiCr, NiCrBSi, міді тощо, зміцнених карбідами вольфраму [4, 5]. Перш за все це пов'язано з унікальними властивостями армуючої фази таких сплавів – карбідами вольфраму. Карбід вольфраму є одним з найбільш твердих і удароміцних карбідів, і наплавлення твердосплавного покриття (ТП) є швидким способом нанесення карбідо-вольфрамового покриття на ділянки робочих органів, що піддаються дії інтенсивних абразивних навантажень і зберігає механічні властивості в широкому діапазоні температур, стійкий до фрикційної корозії і здатний утворювати міцний зв'язок з металами [6, 7].

Проведені дослідження зносостійкості композиційних матеріалів в умовах гідроабразивного зношування показали, що зносостійкість захисного покриття TeroCote 7888T на основі системи Ni-Cr-B-Si з колотими частинками карбіду вольфраму

перевищує зносостійкість реліту «ЛЗ-11-7» і Diamax M [8]. За результатами досліджень зносостійкості був вибраний сплав TeroCote7888T, на основі якого були проведені дослідження цього матеріалу на корозійну стійкість. Результати проведених досліджень на корозійну стійкість показали [9], що застосування захисного покриття, нанесеного з використанням композиційного матеріалу TeroCote 7888T, дозволяє суттєво знизити швидкість корозії сталевих робочих органів бурових доліт без захисного покриття. Ґрунтуючись на результатах досліджень гідроабразивного і корозійного зношування композиційних матеріалів, головну увагу було приділено даному сплаву, який відноситься до категорії корозійно-зносостійких захисних матеріалів.

Стійкість і показники буріння буровими сталевими долотами із захисним покриттям прямо залежить від здатності елементів озброєння у вигляді полікристалічних алмазних різців і твердосплавних вставок чинити опір абразивному зносу ділянок лопатей навколо цих елементів, які прагнуть зруйнувати систему кріплення цих породоруйнівних елементів (рис. 1). Зокрема, абразивне зношування сталевих ділянок лопатей, розташованих навколо ріжучих і калібруючих елементів, а також припою, який утримує їх від виривання, сприяє оголенню, збільшенню розміру виступу і поступового випадання окремих елементів.

Для визначення товщини захисного покриття робочих органів доліт були проведені дослідні роботи щодо наплавлення композиційного сплаву TeroCote 7888T. Наплавлення вико-



Рис. 1. Схема розташування робочих органів долота: 1 – різець; 2 – твердосплавна вставка калібруючої поверхні; 3 – міжлопатевий простір для виносу шламу; 4 – захисне покриття промивного каналу; 5 – твердосплавна насадка промивного каналу; 6 – захисне покриття робочих органів лопатей

нували ТІГ-способом на зразках, виготовлених зі сталі 30Х, товщиною 14 мм. При нанесенні зносостійкого шару до 1,5 мм (рис. 2, а) на зразки спостерігається хаотичне розміщення частинок карбідів вольфраму, а при 2,0...3,0 мм (рис. 2, б) – рівномірне розташування карбідів вольфраму по всьому об’єму наплавленого шару. При збільшенні товщини покриття 3,5 мм (рис. 2, в) основна маса частинок карбідів вольфраму розташовуються в нижніх і середніх зонах, в верхніх зонах – практично відсутня. Все це можна пояснити фізичними властивостями композиційного матеріалу, оскільки в матричному матеріалі міститься 65 % карбідів вольфраму. Великий вміст карбідів вольфраму не дає змогу матричному матеріалу змочуватися і розтікатися на поверхні основного металу.

На основі результатів проведених робіт можна констатувати, що оптимальна товщина наплавлення повинна бути в межах 2,0...3,0 мм, де спостерігається рівномірне розміщення карбідів вольфраму по всьому об’єму наплавленого шару, тоді як в меншій – частинки карбідів вольфраму розташовуються в верхній зоні, а в більшій – частинки карбідів вольфраму в основному розташовуються в середній і нижній зонах наплавлення. Товщина наплавленого зносостійкого шару в межах 2,0...3,0 мм дозволяє ефективно захистити поверхню робочого органу сталевого бурового долота від корозійного, ерозійного та абразивного зношування при бурінні газових і нафтових свердловин.

Для технології виготовлення бурових доліт із захисним покриттям робочих органів необхідно виконання ряду технологічних операцій. Від власних розробок на базі ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України була створена технологічна схема:

- проектування конструкції долота з урахуванням умов свердловини;
- виготовлення деталей долота на п’ятикоординатному обробному центрі (ЧПУ);

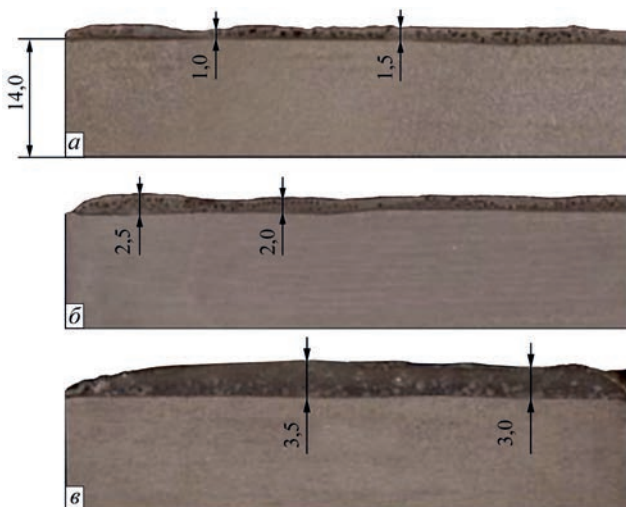


Рис. 2. Нанесення зносостійкого покриття на зразки: а – 1,0...1,5; б – 2,0...2,5; в – 3,0...3,5 мм

- наплавлення зносостійкого твердосплавного матеріалу на робочі органи;
- встановлення та паяння різців і твердосплавних вставок;
- обробка поверхонь долота до розміру;
- випробування.

Вибір типів бурових доліт на стадії проектування проводилося двома способами: за механічними та абразивними властивостями гірських порід і за промисловими даними. Проектування конструкції бурового долота відбувалося з урахуванням шести чинників впливу, а саме: характеристики розбурюваних порід згідно [10], діаметр бурового долота, навантаження, число обертів, об’єм промивної рідини, тиск на вибої. Звісно, дані параметри далеко не повністю описують всі можливі чинники впливу, проте вони були вибрані нами тому, що саме вони фіксуються у бурових журналах. Для доліт вітчизняного виробництва додатковим параметром був тип буріння (1 – роторний; 2 – турбінний).

На етапі проектування бурових доліт використовувалася інформація про експлуатаційні показники. Така інформація отримана з даних напрацювання аналогічних конструкцій в реальних умовах буріння. Моделювання бурових доліт діаметром 165,1 мм (рис. 3) здійснювалося за результатами попередньо проведених нами робіт щодо підземного і поверхневого буріння м’яко-середніх, середніх та твердих гірських порід для видобутку розсіяного метану і природного газу [11]. За результатами проведених робіт в ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України були розроблені конструкції бурових доліт і калібраторів та одержано патенти на їх винахід [12, 13].

Виготовлення бурового долота включало токарну і фрезерну обробку корпусу, свердління центрального каналу корпусу та розточування каналів для підведення промивної рідини до охолодження лопатей і різальним

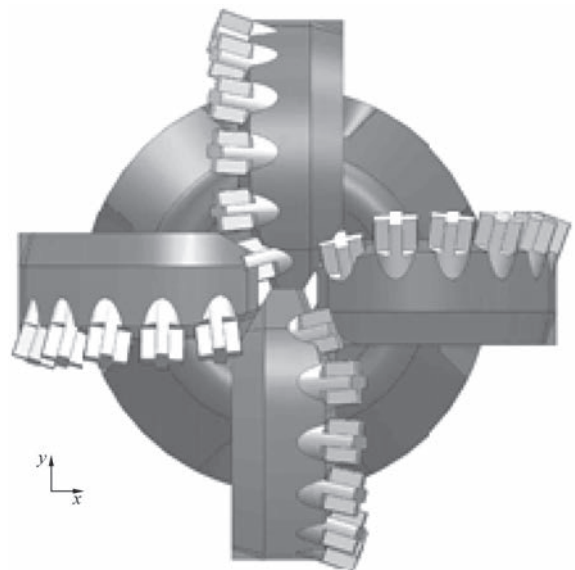


Рис. 3. Моделювання різців лопатей корпусу долота

кромкам алмазно-твердосплавних різців. Роботи виконувалися на п'ятикоординатному обробному центрі (ЧПУ). Були виготовлені заготовки корпусу для цільнофрезерованих (рис. 4) та корпусу і лопатей комбінованих (рис. 5) бурових доліт. Комбіновані долота відрізняються від цільнофрезерованих тим, що корпус долота з'єднується з лопатями методом зварювання, що дає змогу зменшити собівартість виготовлення доліт.

Зварювання лопатей з корпусом бурового долота проводилося аргонодуговим зварюванням в чистому аргоні марки А несплавним електродом на апараті «Корал-300». Корінь шва варили присадним дротом марки ВНС-17 (03Х11Н10М2Т) діаметром 2 мм. При цьому зварювальний струм  $I = 140 \dots 150$  А, напруга  $U = 11 \dots 12$  В. Посилення катета зварювального шва виконувалося із застосуванням присадного дроту марки 18Х4ГМА, діаметром 3 мм ( $I = 160 \dots 170$  А,  $U = 12 \dots 13$  В). Для зняття зварювальних напружень в швах проводили відпуск долота в печі з температурою нагріву  $640^\circ\text{C}$  протягом 2 год. Охолодження долота відбувалося на повітрі. Твердість після відпуски становила  $HB 179$ .

За результатами проведених робіт [14, 15] щодо нанесення захисного покриття робочих органів корпусів



Рис. 4. Корпус цільнофрезерованого долота

бурових доліт був обраний композиційний матеріал TeroCote 7888 Т, який добре змочує основний метал та не має дефектів при нанесенні наплавлювального шару на набігаючій і збігаючій ділянок посадкових гнізд отворів алмазно-твердосплавних різців (АТР). При розробці технології нанесення корозійнозносостійкого шару на ділянки робочих органів доліт було віддано перевагу дуговому наплавленню. Суть процесу наплавлення полягає в використанні теплоти для розплавлення присадного матеріалу і його з'єднання з основним металом корпусу долота. Необхідність використання місцевого підігріву робочих органів корпусу долота обумовлена малими значеннями рідкоплинності та розтікання композиційного матеріалу, який вміщує близько 65 мас.% частинок з карбідів вольфраму порівняно з його основою – високотемпературним сплавом металічної системи Ni–Cr–B–Si. Використовуючи можливості дугового наплавлення, на поверхні лопатей можна отримати наплавлений шар необхідної товщини, хімічного складу з потрібними властивостями.

Перед нанесенням захисного покриття на ділянки робочих органів потрібно щільно установити в гнізда отворів лопатей графітові пробки, які дають змогу при наплавленні захистити ці отвори від затікання наплавленого зносостійкого сплаву; провести попередній підігрів робочих органів корпусу до температури  $400 \dots 500^\circ\text{C}$ . При наплавленні ділянок робочих органів (рис. 6, а) були використані два джерела теплової енергії: електромагнітного поля високочастотного змінного струму (індукційне) для попереднього підігріву корпусу, та теплоти, яка виділяється при ТІГ-способі наплавлення – нанесення присадного сплаву TeroCote 7888Т при температурі  $1200 \dots 1250^\circ\text{C}$  (таблиця).

Середня товщина наплавленого шару робочих органів лопатей становила  $2 \dots 3$  мм.

Паяння алмазно-твердосплавних різців в гнізда отворів робочих органів лопатей корпусу долота проводилося при температурі  $650 \dots 680^\circ\text{C}$  (рис. 6, б), оскільки більша температура нагрівання починає



Рис. 5. Комбіноване долото: а – корпус; б – лопаті

**Режими дугового наплавлення**

Напруга, В	Рід струму	Струм, А	Витрата аргону, дм <sup>3</sup> /хв	Швидкість наплавлення, м/год	Джерело живлення
10...12	Постійний, пряма полярність	80...100	2,5...3,0	2...4	ПРС-3М

впливати на міцнісні властивості полікристалічних алмазних різців [16, 17]. Все це може привести до графітизації полікристалічних синтетичних алмазів, утворення тріщин, викликаних різницею коефіцієнтів теплового розширення алмазу і кобальту, і, як наслідок, руйнування алмазного шару.

Для визначення мікроструктури захисного покриття були виготовлені мікрошліфи зі сталі 30X з наплавленим шаром (рис. 7). Металографічні дослідження показали, що при наплавленні ТІГ-способом під час формування наплавленого шару відбувається рівномірне розподілення частинок карбіду вольфраму по всьому об'єму композиційного матеріалу TegoCote 7888T, яке обумовлює рівномірне розподілення твердості по глибині покриття.

Мікроструктура наплавленого шару сталевого долота містить твердий розчин на основі нікель-хром, зміцненого карбідами вольфраму, і вмістом депресантів кремнію та бору. Присутність бору та кремнію в складі присадних дротів надає їм самофлюсуючі властивості при наплавленні на сталь. Карбіди вольфраму неправильної форми (різних розмірів) розподілені по всьому полю мікрошліфу. З літератури відомо, що якісне зносостійке покрит-



Рис. 6. Нанесення покриття на робочі органи долота: а – лопать; б – долото після паяння алмазно-твердосплавних різців і вставок

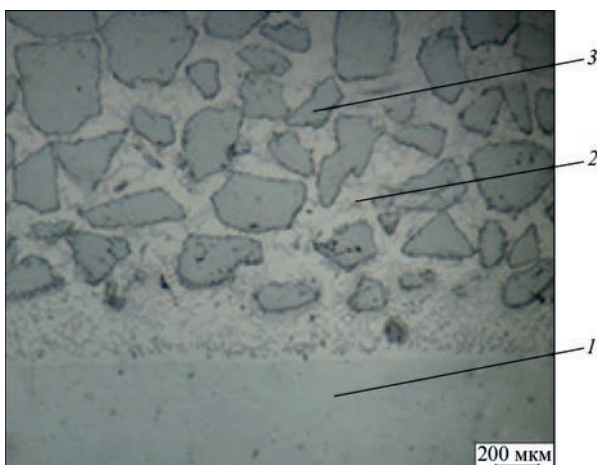


Рис. 7. Мікроструктура покриття сталевого долота: 1 – сталь 30X; 2 – матриця на основі сплаву NiCrBSi; 3 – карбіди вольфраму



Рис. 8. Бурові долота із захисним покриттям: 1 – комбіноване; 2 – цільнофрезероване; 3 – калібратор

тя повинно мати рівномірне розподілення твердих фаз з відстанню між цими фазами меншою, ніж розмір абразивних частинок [18].

Отримана структура наплавленого шару покриття дозволяє ефективно захистити поверхню робочих органів бурових доліт від ерозійного та абразивного зносу, викликаного впливом таких матеріалів, як пісок, гравій, земля, мінерали і т.д. В'язка матриця наплавленого сплаву поглинає ударні навантаження і покращує опір корозії, в той час як спеціальна форма карбідів вольфраму унеможливує вирвати їх з матриці. Дослідження показали, що при наплавленні ТІГ-способом низькі швидкості нагрівання і охолодження металу під час підігріву робочих органів долота дозволяють зменшити залишкові напруження й уникнути утворення тріщин в покриттях і основному матеріалі.

Після кожного випадку використання долота обслуговуються і ремонтуються. Ремонт проводиться на ділянці ремонту робочих органів доліт за тією ж технологією, що і виготовлення нових бурових доліт. Партія бурових доліт і калібраторів із захисним покриттям робочих органів діаметром 165,1 мм, виготовлених в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, успішно пройшли випробування при бурінні свердловин на нафтогазоконденсатних родовищах Харківської області (рис. 8).

## Висновки

1. Встановлено, що оптимальна товщина наплавлення захисного покриття повинна бути в межах 2,0...3,0 мм, де спостерігається рівномірне розміщення карбідів вольфраму по всьому об'єму наплавленого шару.

2. За результатами виробничих випробувань сталевих бурових доліт встановлено, що застосування даних доліт із захисним покриттям робочих органів дозволяє збільшити експлуатаційний ресурс при бурінні газових і нафтових свердловин.

## Список літератури

1. Драганчук О.Т., Пригоровська Т.О. (2008) Аналіз відпрацювання доліт типу PDC на родовищах України і світу. *Нафтогазова енергетика*, 4, 9, 33–39.

2. Бондаренко Н.А. (2018) Высокоэффективный алмазный инструмент ИСМ для бурения нефтяных и газовых скважин. Обзор. *Сверхтвердые материалы*, **5**, 79–92.
3. Яким Р.С. (2014) Оцінка надійності та критерії підвищення якості тришарових бурових доліт для буріння особливо міцних порід. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*, **4**, 53, 43–51.
4. *Износостойкие материалы. Прутки для газовой и TIG-сварки* [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docplayer.ru/32381351-Iznosostoykie-materialy-i-tvyordye-splavy-na-osnove-kobalta.html>.
5. *Материалы для пайки и наплавки TeroCote* [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.castolin.com.ua>.
6. Самсонов Г.В., Витрянюк В.Н., Чаплыгин Ф.И. (1974) *Карбиды вольфрама*. Киев, Наукова думка.
7. Pierson, H.O. (1996) *Handbook of Refractory Carbides and Nitrides*. New Jersey, Noyes Publications.
8. Стефанів Б.В. (2016) Исследование износостойкости защитных покрытий в условиях гидроабразивного износа. *Автоматическая сварка*, **2**, 25–29.
9. Стефанів Б.В., Ниркова Л.І., Ларіонов А.В., Осадчук С.О. (2020) Корозійна стійкість композиційного матеріалу, наплавленого з використанням гнучкого шнура TeroCote 7888T. *Автоматичне зварювання*, **2**, 29–32. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.02.05>
10. Сайфутдинов А.Б., Шарнин М.Ю. (1998) Эффективность использования долот PDC. *Нефтяное хозяйство*, **9**.
11. Хорунов В.Ф., Максимова С.В., Стефанів Б.В. (2010) Изготовление буровых долот для добычи рассеянного метана в шахтных выработках. *Автоматическая сварка*, **6**, 48–51.
12. Патон Б.С., Стефанів Б.В., Хорунов В.Ф. та ін. (2009) *Бурове алмазне долото*. Україна Пат. 92268, (51) МПК E21B 10/46 E21B 10/5; заявл. 05.05.2009; опубл. 11.10.2010, Бюл. № 19.
13. Патон Б.С., Стефанів Б.В., Хорунов В.Ф. та ін. (2009) *Калібратор*. Україна Пат. 92820, (51) МПК E21B 10/26 E21B 7/28; заявл. 10.03.2009; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23.
14. Стефанів Б.В., Хорунов В.Ф., Сабадаш О.М. и др. (2014) Особенности восстановления поврежденного промывочного канала стального бурового долота. *Автоматическая сварка*, **11**, 54–58.
15. Стефанів Б.В., Хорунов В.Ф., Сабадаш О.М. и др. (2015) Особенности реставрации рабочих органов матричных корпусов буровых долот. *Там же*, **8**, 51–54.
16. Стефанів Б.В. (2013) Разработка технологии пайки алмазно-твердосплавных резцов. *Там же*, **2**, 38–42.
17. Стефанів Б.В. (2013) Особенности индукционной пайки алмазно-твердосплавных резцов с лопастью корпуса составного бурового долота. *Там же*, **8**, 50–54.
18. *Износостойкие материалы* [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.svarka52.ru/upload/osnovnoi\\_katalog\\_po\\_paike\\_i\\_Terocote\\_BRAZING\\_1.pdf](http://www.svarka52.ru/upload/osnovnoi_katalog_po_paike_i_Terocote_BRAZING_1.pdf).

## References

1. Draganchuk, O.T., Prygorovska, T.O. (2008) Analysis of drilling bit wear of PDC type in deposits of Ukraine and world. *Naftogazova Energetyka*, **4**(9), 33–39 [in Ukrainian].
2. Bondarenko, N.A. (2018) High-efficient diamond tool ISM for drilling of oil and gas wells: Review. *Sverkhvyordye Materialy*, **5**, 79–92 [in Russian].
3. Yakym, R.S. (2014) Evaluation of reliability and criteria of quality improvement of tricone drill bits for drilling of extra hard rocks. *Rozvidka ta Rozrobka Naftovykh i Gazovykh Rodovyshch*, **4**(53), 43–51 [in Ukrainian].
4. *Wear-resistant materials. Rods for gas and TIG welding*. <https://docplayer.ru/32381351-Iznosostoykie-materialy-i-tvyordye-splavy-na-osnove-kobalta.html>.
5. *Materials for brazing and surfacing. TeroCote*. <http://www.castolin.com.ua>.
6. Samsonov, G.V., Vitryanyuk, V.N., Chaplygin, F.I. (1974) *Tungsten carbides*. Kiev, Naukova Dumka [in Russian].
7. Pierson, H.O. (1996) *Handbook of Refractory Carbides and Nitrides*. New Jersey, Noyes Publications.
8. Стефанів Б.В. (2016) Investigation of wear resistance of protective coatings under conditions of hydroabrasive wear. *The Paton Welding J.*, **9**, 26–29.
9. Стефанів Б.В., Ниркова Л.І., Ларіонов А.В., Осадчук С.О. (2020) Corrosion resistance of composite material deposited by TIG method using flexible cord TeroCote 7888T. *Ibid.*, **2**, 29–32. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.02.05>
10. Sajfutdinov, A.B., Sharnin, M.Yu. (1998) Efficiency of drill bits PDC. *Neftyanoe Khozaystvo*, **9** [in Russian].
11. Khorunov, V.F., Maksymova, S.V., Stefaniv, B.V. (2010) Manufacture of drill bits for production of dispersed methane in mine working. *The Paton Welding J.*, **6**, 48–51.
12. Paton, B.E., Stefaniv, B.V., Khorunov, V.F. et al. (2009) *Diamond drill bit*. Ukraine Pat. 92268, (51), Int. Cl. E21B 10/46 E21B 10/5; fill. 05.05.2009; publish. 11.10.2010
13. Paton, B.E., Stefaniv, B.V., Khorunov, V.F. et al. (2009) *Calibrator*. Pat. Ukraine 92820, (51), Int. Cl. E21B 10/26 E21B 7/28; fill.10.03.2009; publish. 10.12.2010 [in Ukraine].
14. Stefaniv, B.V., Khorunov, V.F., Sabadash, O.M. et al. (2014) Features of reconditioning steel drill bit watercourse. *The Paton Welding J.*, **11**, 50–54.
15. Stefaniv, B.V., Khorunov, V.F., Sabadash, O.M. et al. (2015) Peculiarities of restoration of working parts of drilling bit matrix bodies. *Ibid.*, **8**, 47–50.
16. Stefaniv, B.V. (2013) Development of the technology of brazing diamond-hard alloy cutters. *Ibid.*, **2**, 37–41.
17. Stefaniv, B.V. (2013) Peculiarities of induction brazing of diamond-hard alloy cutters to blade of body of complex drill bit. *Ibid.*, **8**, 49–53.
18. *Wear-resistant materials*. [http://www.svarka52.ru/upload/osnovnoi\\_katalog\\_po\\_paike\\_i\\_Terocote\\_BRAZING\\_1.pdf](http://www.svarka52.ru/upload/osnovnoi_katalog_po_paike_i_Terocote_BRAZING_1.pdf).

## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF DRILL BITS WITH PROTECTIVE COATING OF WORKING BODIES

B.V. Stefaniv

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine, 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.

E-mail: [office@paton.kyiv.ua](mailto:office@paton.kyiv.ua)

The peculiarities of manufacturing drill bits and cutters are considered and studied. The carried out analysis of operation of working bodies of drill bit frames showed that during drilling most often a wear of cutters, a protective coating of sitters and a calibrating surface of frames of drilling bits occur. It was investigated that in arc surfacing using TIG method, low rates of heating and cooling of metal during preheating of working bodies of a bit allow reducing residual stresses and avoiding the formation of cracks in coatings and base material. It was established that the optimal thickness of surfacing the protective coating should be within 2.0...3.0 mm, where a uniform distribution of tungsten carbides throughout the volume of the deposited layer is observed, which effectively resists wear of the working bodies of blades and frames of bits in the conditions of alternating and shock loads, hydroabrasive wear, corrosion, erosion, etc. It was established that bits with a protective coating, having a high wear and corrosion resistance, increase the mechanical speed of drilling and solve the most important task of reducing the number of lowering and lifting operations when drilling gas and oil wells. As a result of carried out production tests of manufactured drill bits, it was found that protective coating of working bodies allows extending the service life. 18 Ref., 1 Tabl., 8 Fig.

*Keywords:* bits, cutters, drilling, wear, working body, polycrystalline diamond cutter (PDC), hard-alloy coating, surfacing, tungsten carbides, microstructure, wear resistance, tests

Надійшла до редакції 21.06.2021