

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ШУЛЯР ІРИНА ОРЕСТІВНА

УДК 621.763:717

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВІДЦЕНТРОВОГО АРМУВАННЯ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ
БУРОВИХ ДОЛІТ**

05.02.08 – технологія машинобудування

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль – 2013

Дисертація є на правах рукопису

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, ст. наук. співробітник, доцент
Роп'як Любомир Ярославович,
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу,
доцент кафедри технології нафтогазового
машинобудування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Михайлов Олександр Миколайович,
Донецький національний технічний університет,
завідувач кафедри технології машинобудування;

доктор технічних наук, професор
Гурей Ігор Володимирович,
Національний університет
«Львівська політехніка»,
професор кафедри технології машинобудування

Захист відбудеться 26 листопада 2013 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 58.052.03 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, корп. 2, ауд. 79.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

Автореферат розісланий 26 жовтня 2013 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

Дячун А.Є.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зростаючі темпи розвитку видобувних галузей вимагають збільшення обсягів буріння, зокрема нафти та газу, в тому числі і сланцевого. В комплексі технічних засобів для буріння серед бурового обладнання одне з чільних місць належить буровим долотам (БД). В практиці долотобудування, як в Україні, так і за кордоном, склалася тенденція до широкого використання твердосплавних породоруйнівних елементів (ПЕ). Найперспективнішими є розробки комбінованих твердосплавних зубців, які забезпечують зниження витрат твердого сплаву зі збереженням характеристик міцності, зносостійкості та робото здатності доліт. Відомі технології виготовлення зубців повною мірою не задовільняють сучасних вимог до надійності породоруйнівних елементів. Знизити витрату твердих сплавів можна, використавши технологічний процес (ТП) відцентрового армування (ВА), який дозволить одержати конструкцію комбінованого (твердий сплав – сталь) зубця (КЗ) з раціональним використанням його твердосплавної складової, що є актуальною проблемою у забезпеченні надійності БД та економії високовартісного твердого сплаву.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Напрямок досліджень, виконаних у дисертаційній роботі, є складовою частиною тематичного плану науково-дослідних робіт Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ). Робота виконана відповідно до наукової тематики кафедри технології нафтогазового машинобудування ІФНТУНГ і базується на результатах держбюджетних тем: «Науково-прикладні основи розробки технологічного забезпечення виробництва та надійності нафтогазового і металорізального обладнання» (2005 – 2010 р.р.) і (№ державної реєстрації 0111U005890) «Синтез комп'ютерних систем та розробка програмного забезпечення для об'єктів нафтогазового комплексу» на 2011–2016 р.р.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є підвищення ефективності виготовлення ПЕ бурових доліт на основі розробки технологічного забезпечення процесу ВА шляхом обґрунтування заміни суцільних ПЕ комбінованими та встановлення закономірностей формування робочої армованої зони.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати умови роботи БД, їх конструкції і технологічні процеси виготовлення ПЕ з точки зору забезпечення зниження витрат твердого сплаву та забезпечення надійності бурових доліт й обґрунтувати використання технології ВА твердим сплавом робочої частини ПЕ.

2. Теоретично обґрунтувати заміну суцільного твердосплавного ПЕ (зубця) комбінованим – із відцентрово армованою робочою частиною та сталевим хвостовиком.

3. Уточнити величини натягів після заміни суцільного твердосплавного ПЕ комбінованим зі сталевим хвостовиком у дво- та трикомпонентному з'єднанні зубця з шарошкою.

4. Уточнити закон розподілу твердих армуючих частинок у перехідній зоні від робочої частини до хвостовика, обґрунтувати величину залишкового

робочого армованого шару для запобігання його провалюванню під дією контактних навантажень з досягненням ПЕ допустимого зносу.

5. Розробити математичну модель процесу ВА з двома взаємно перпендикулярними осями обертання ливарної форми і дослідити траєкторії руху твердосплавних частинок для забезпечення формування робочої зони заготовки деталі із заданим розподілом в ній армуючих частинок.

6. Розробити ефективний ТП відцентрового армування, спроектувати та виготовити необхідне функціонально придатне технологічне обладнання та оснащення і систему автоматизованого керування ТП відцентрового армування.

7. Розробити комплексну методику проведення досліджень технології ВА зубців для оптимізації технологічних режимів і програму та методику стендових випробувань.

8. Провести комплекс експериментальних досліджень впливу параметрів ТП ВА на концентрацію армуючих частинок в армованій зоні та знос робочої зони, фізико-механічні та електрохімічні властивості КЗ та їх стійкість до характерних видів зношування. Впровадити результати роботи у виробництво.

Об'єкт дослідження – технологічний процес відцентрового армування породоруйнівних елементів бурових доліт.

Предмет дослідження – ефективність процесу відцентрового армування робочої зони ПЕ для підвищення їх експлуатаційних характеристик.

Методи дослідження. В основу досліджень покладені фундаментальні засади технології машинобудування і механіки, математичне і комп'ютерне моделювання, сучасні стандартні методики металографії, мікроелектрохімічних досліджень, випробовувань на стійкість при характерних видах зношування ПЕ БД.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в подальшому розвитку науково-прикладних основ вдосконалення процесів відцентрового армування деталей. При цьому:

- дістало подальший розвиток теоретичне обґрунтування заміни суцільного твердосплавного зубця на комбінований – із відцентрово армованою робочою частиною та сталевим хвостовиком для дво- та трикомпонентного з'єднання зубця з корпусом БД;

- вперше розроблено математичну модель процесу ВА КЗ з двома взаємно перпендикулярними осями обертання ливарної форми, що дало можливість визначити технологічні параметри для забезпечення потрапляння армуючих частинок твердого сплаву у робочу зону комбінованого зубця;

- вперше виведено аналітичні залежності, розраховано коефіцієнти при незалежних технологічних параметрах процесу відцентрового армування для визначення концентрації твердого сплаву в армованій зоні та зносу робочої зони комбінованих зубців;

- вперше встановлено, що для підвищення якості армованої зони ПЕ шарошок і дисків шарошок БД великих розмірів необхідно здійснювати ВА із кільцевих легкоплавких контейнерів, наповнених частинками твердого сплаву, піс-

ля розплавлення їх оболонок твердий сплав змочується рідкою сталлю по всій поверхні і під дією відцентрових сил переміщається на периферію ПЕ.

Практичне значення одержаних результатів. На підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологічні процеси виготовлення ПЕ методом відцентрового армування, що вирішує питання підвищення їх зносостійкості та економії твердого сплаву. Удосконалено конструкцію установки для ВА, для якої спроектовано і виготовлено вузол введення армуючих частинок у ливарну форму, а також систему автоматизованого керування ТП.

Проведеними стендовими випробуваннями на дослідній станції бурових доліт ВАТ «Дрогобицький ДЗ» встановлено підвищення зносостійкості КЗ в 1,5–1,7 разів порівняно із серійними. Технологію виготовлення відцентрово армованих ПЕ передано і впроваджено в ТзОВ «Інтербур», ТОВ «Універсальна бурова техніка», ПрАТ «ІФ ЛРЗ». Промислові випробування доліт показали збільшення часу їх роботи в 1,3 рази і проходу на долото в 1,6 разів у порівнянні із серійними при бурінні свердловин Небітдагським УБР Туркменістану.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень впроваджено в навчальний процес підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліст спеціальності 7.05050201 «Технології машинобудування» в Інституті інженерної механіки ІФНТУНГ.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати роботи отримано автором самостійно [1]. Здобувачем розроблено технологічний процес для підвищення якості відцентрово армованих заготовок КЗ. У працях, що написані у співавторстві, авторові належить: побудова математичної моделі технологічного процесу одержання композиційного матеріалу [2], визначення оптимальних технологічних параметрів процесу ВА і дослідження руху твердих частинок в об'ємі рідкого сплаву [6]; встановлення впливу армування на міцність [3], обґрунтування доцільності використання КЗ з армованою твердим сплавом робочою зоною та сталевим хвостовиком [7], використання конічного зубця [4] та підбір оптимальних натягів дво- та трикомпонентних з'єднань [8]; розроблення конструкції машини із змінюваною віссю обертання ливарної форми та ТП відцентрового армування на ній [5]. Технічну новизну роботи захищено шістьма авторськими свідоцтвами і патентами на винаходи [9-14]. Постановка задач, аналіз та обговорення результатів досліджень проведено спільно з науковим керівником та частково із співавторами публікацій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати досліджень доповідались на: міжнародних науково-практичних і науково-технічних конференціях «Наука і освіта 2004», (м. Дніпропетровськ, 2004 р.), «Наукові дослідження – теорія та експеримент 2005», (м. Полтава, 2005 р.), «Підвищення ефективності буріння свердловин та інтенсифікації нафто газовидобутку на родовищах України», (м. Івано-Франківськ, 2010 р.), «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта», (м. Новополюськ, 2011), «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем», (м. Чернігів, 2012 р.), «Машиностроение и техносфера XXI века», (м. Севастополь, 2012 р.), «Інноваційні технології буріння свердловин, видобування нафти

і газу та підготовки фахівців нафтогазової галузі», (м. Івано-Франківськ, 2012 р.), «Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій», (м. Львів, 2012 р.), виставці «Інтелектуальний продукт вчених, винахідників і раціоналізаторів Прикарпаття», (м. Івано-Франківськ, 2010 р.), обласній науково-практичній конференції «Вчені Прикарпаття – сталому розвитку краю», (м. Івано-Франківськ, 2012 р.). У повному обсязі робота доповідалась і отримала позитивний відгук на розширених наукових семінарах кафедр технології нафтогазового машинобудування і комп'ютеризованого машинобудівного виробництва ІФНТУНГ (2013 р.) та на розширеному науково-технічному семінарі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя у 2013 р.

Публікації. Результати наукових досліджень викладено у 24 друкованих працях, а саме: 8 статтях у фахових виданнях (з них 1 одноосібна), 3 авторських свідоцтвах, 3 патентах України на винаходи, 10 тезах у збірниках матеріалів міжнародних науково-технічних конференцій та каталогах виставок.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел із 156 найменувань та додатків на 48 стор. Повний обсяг роботи – 248 сторінок, в тому числі 79 рисунків, 12 таблиць. Обсяг основного тексту дисертації – 169 сторінок.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі проведеного аналізу існуючих конструкцій і технологій виготовлення породоруйнівних елементів, спряження їх з корпусом бурового долота із врахуванням умов роботи, науково обґрунтовано доцільність і перспективність відцентрового армування робочої частини комбінованого породоруйнівного елемента (зубця) твердим сплавом, а хвостову частину виготовляти сталевую. Теоретично узагальнено та розв'язано наукову задачу технологічного забезпечення відцентрового армування комбінованих зубців з двома осями обертання ливарної форми, а також армування деталей із використанням легкоплавких контейнерів, наповнених твердим сплавом, що дає можливість зменшити витрати твердого сплаву у порівнянні із суцільними твердосплавними породоруйнівними елементами до 62 %.

1. На моделях плоского напруженого стану та антиплоскої деформації досліджено напружено-деформований стан дво- та трикомпонентного з'єднання комбінованого зубця з шарошкою із заданими натягами на поверхнях спряження та під осьовим експлуатаційним навантаженням. Вперше для композиційних зубців сформульовано та розв'язано задачі оптимізації щодо підбору оптимальних натягів, які забезпечують найбільше значення допустимого навантаження при виконанні умов міцності складових елементів з'єднання та вимог непроковзування і нерозкриття стиків.

2. Встановлено, що комбіновані зубці зі сталевим хвостовиком і суцільні твердосплавні (у тому числі і для конструкції з'єднання з проміжною втулкою) працюють при аналогічних експлуатаційних навантаженнях. Для економії твердого сплаву рекомендоване використання сталевих хвостовиків у з'єднаннях з підвищеним геометричним натягом без зниження допустимого навантаження. Крім того, встановлено, що уведення проміжної втулки із раціонально регульованими натягами дає 20 % збільшення несівної здатності.

3. Вперше встановлено, що добором нелінійного закону зі спадаючим градієнтом зміни концентрації твердого сплаву у перехідній зоні від робочої частини до хвостової забезпечується підвищення несівної здатності з'єднання комбінованого зубця з корпусом внаслідок усунення різкого стрибка напружень у порівнянні із з'єднанням суцільного твердосплавного зубця з корпусом.

4. Здійснено оцінку напружено-деформованого стану армованого частинками твердого сплаву шару на неоднорідній у глибину композиційній основі. Встановлено, що армуванням основи (перехідної зони) можна досягти 10-15%-го підвищення стійкості робочого шару щодо дії локального навантаження. Вперше теоретично обґрунтовано залишкову товщину армованого робочого шару, яка гарантує його непровалювання під дією локального навантаження з досягненням допустимого граничного зносу робочої частини КЗ, – 1,1-1,3 мм.

5. Вперше розроблено математичну модель руху твердих частинок у рідкому сплаві при ВА з двома взаємно перпендикулярними осями обертання

ливарної форми з урахуванням зміни сили лобового опору руху частинки в залежності від її швидкості руху. Встановлено, що за малих швидкостей обертання $\omega_x = \omega_z = 2\pi - 4\pi \text{ 1/c}$ ($n_x = n_z = 60 - 120 \text{ об/хв}$) виявлено виразне несиметричне формування армованої зони внаслідок відхилення пучка траєкторій частинок відносно осі ливарної форми під впливом зміщення миттєвої осі обертання, поля гравітації та сили Коріоліса. Із збільшенням частот обертання відносно обох осей $\omega_z = \omega_x = 10\pi - 100\pi \text{ 1/c}$ ($n_x = n_z = 300 - 3000 \text{ об/хв}$), зміщення армованої зони відносно осі симетрії деталі стає незначним. У ході числового аналізу встановлено, що час досягнення периферії виливка для більших за розмірами армуючих частинок є значно меншим. Аналогічний ефект дає збільшення відношення густини матеріалу армуючих частинок до густини рідкого сплаву. Запропоновано схему введення твердих частинок у рідкий сплав.

6. Науково обгрунтовано методику розрахунку для визначення основних технологічних параметрів процесу ВА з двома взаємно перпендикулярними осями обертання та підтверджено експериментальними дослідженнями технологічні параметри термічного циклу відцентрового армування. Для ВА комбінованих породоруйнівних елементів (зубців) рекомендовано такі технологічні параметри: кількість твердого сплаву на один зубок – 3,8-4,0 г; частота обертання форми: навколо горизонтальної осі – ($\omega_x = 7,3\pi \text{ 1/c}$) $n_x = 220 \text{ об/хв}$, навколо вертикальної осі – ($\omega_z = 23,3\pi \text{ 1/c}$) $n_z = 700 \text{ об/хв}$; температура нагрівання ливарної форми – $T_\phi = 270 \text{ }^\circ\text{C}$; температура нагрівання твердих частинок – $T_a = 210 \text{ }^\circ\text{C}$; температура розплаву матричної сталі $\dot{Q}_i = (1600-1630) \text{ }^\circ\text{C}$.

7. Розроблено схему групового технологічного процесу відцентрового армування заготовок комбінованих породоруйнівних елементів, спроектовано та виготовлено функціонально придатне технологічне обладнання, розроблено вузол для введення армуючих частинок у ливарну форму. З використанням системи автоматизованого керування параметрами технологічного процесу ВА виготовлено дослідну партію комбінованих зубців.

8. Розроблено інженерну методику проектування технологічного процесу відцентрового армування комбінованих зубців та вінців бурових доліт великих розмірів. Стендові випробовування комбінованих зубців в умовах, наближених до процесу буріння, показали підвищення їх стійкості в 1,5–1,7 рази у порівнянні із серійними, що забезпечить підвищення довговічності бурових доліт загалом. Технологія виготовлення відцентрово армованих деталей передана ТзОВ «Інтербур», ПрАТ «ІФ ЛРЗ», (м. Івано-Франківськ) та ТзОВ «Універсальна бурова техніка», (м. Дрогобич). Результати промислових випробовувань дослідних взірців доліт ЦА.М-ГВ 215,9 з породоруйнівними елементами, отриманими методом відцентрового армування, показали збільшення часу роботи долота в 1,3 рази і проходу на долото в 1,6 раз в порівнянні із серійними долотами при бурінні свердловин Небітдагським УБР Туркменістану (отриманий економічний ефект для трьох доліт – 19408 грн; очікуваний річний – 323468 грн). Резуль-

тати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі ІФНТУНГ.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ Фахові видання

1. Шуляр І. О. Технологічні шляхи підвищення якості армованої зони виливків бурового інструменту / І. О. Шуляр // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів, 2013. – № 1 (63). – С. 70–78.

2. Бугай Ю. Н. Автоматизация получения композиционных материалов для объемного упрочнения / Ю. Н. Бугай, Э. Б. Милевский, И. О. Загайдук // Автоматизация производственных процессов в машиностроении: республиканский межведомственный научно-технический сборник. – Львов, 1983. – Вып. 22. – С. 20–22. *(Автору належить побудова математичної моделі технологічного процесу одержання композиційного матеріалу).*

3. Роп'як Л. Я. Про згин пластинки на неоднорідній вінклерівській основі / Л. Я. Роп'як, І. О. Шуляр, І. П. Шацький // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль, 2007. – Т. 12, № 3. – С. 22–26. *(Автору належить постановка задачі та дослідження армування основи).*

4. Дослідження впливу форми зубка на міцність його з'єднання з корпусом шарошки / С. Д. Вуйцик, С. С. Вуйцик, Д. С. Вуйцик, І. О. Шуляр [та ін.] // Нафтогазова енергетика: всеукр. науково-технічний журнал. – Івано-Франківськ, 2010. – № 2 (13). – С. 9–11. *(Автору належить загальна постановка задачі та встановлення кута нахилу конічної поверхні зубця).*

5. Шуляр І. О. Технологія і устаткування для отримання армованих виливків відцентровим литвом із змінним положенням осі обертання форми [Електронний ресурс] / І. О. Шуляр, Л. О. Борушак, В. Г. Панчук // Науковий Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – Краматорськ. – 2012. – № 2 (10Е). – С. 154–163. Режим доступу до журн.: [www.dgma.donetsk.ua/science.../science_vesnik/..._2012/nomer_2\(10E\)_2012.html](http://www.dgma.donetsk.ua/science.../science_vesnik/..._2012/nomer_2(10E)_2012.html). *(Автору належить постановка задачі та розроблення конструкції машини із змінною віссю і технологічного процесу відцентрового армування).*

6. Шуляр І. Дослідження руху твердих частинок у рідкому сплаві при відцентровому армуванні з двома взаємно перпендикулярними осями обертання ливарної форми / І. Шуляр, М. Маковічук, Л. Роп'як // Наукові нотатки. – Луцьк, 2013. – № 40. – С. 321–330. *(Автору належить постановка задачі та визначення оптимальних технологічних параметрів процесу армування).*

7. Шацький І. П. Раціональний підбір натягу у з'єднанні зубця з шарошкою / І. П. Шацький, І. О. Шуляр, В. А. Корнута, Л. Я. Роп'як // Прогресивні технології і системи машинобудування: міжнар. зб. наук. праць. – Донецьк, 2013. – Вип. 1 (45) – 2 (46). – С. 279–285. *(Автору належить постановка задачі та обґрунтування доцільності використання комбінованих зубців).*

8. Шуляр І. О. Розрахунки з'єднань із натягом у шарошках, оснащених композиційними зубцями зі сталевим хвостовиком / І. О. Шуляр, І. П. Шацький, В. А. Корнута, Л. Я. Роп'як // Науковий вісник ІФНТУНГ: всеукр. науково-технічний журнал. – Івано-Франківськ, 2013. – № 1 (34). – С. 126–133. *(Автору належить постановка та розв'язання задач оптимізації натягів).*

Патенти

9. А. с. 1001573 СССР, МКИ³ В 22 D 19/02. Спосіб получения

армированных отливок / [Ю. Н. Бугай, Э. Б. Милевский, Р. Т. Карпик, И. О. Загайдук, В. П. Прозоров, В. И. Пенбек, Т. Г. Бунятов, Р. Р. Зейналов (СССР)]. – № 3216252/22-02; заявл. 15.12.80; не подлежит опублик. в открытой печати. (*Автору належить загальна ідея винаходу*).

10. А. с. 93393 СССР, МКИ³ Е 21 В 10/06. Шарошечное долото / [Ю. Н. Бугай, Э. Б. Милевский, П. И. Войтенко, И. О. Загайдук, А. С. Кодак (СССР)]. – № 2983696/22-03; заявл. 24.09.80; опублик. 07.06.82, Бюл. № 21. (*Частка всіх авторів однакова*).

11. А. с. 1569201 СССР, МКИ³ В 24 В 39/00. Устройство для упрочнения длинномерных цилиндрических деталей / [И. Ю. Гладий, И. М. Стоцкий, Ю. Д. Петрина, Л. Я. Роп'як, Ю. С. Пыриг, И. О. Загайдук, Я. В. Витвицкий (СССР)]. – № 4478821/31-27; заявл. 02.09.88; опублик. 07.06.90, Бюл. № 21 (*Частка всіх авторів однакова*).

12. Пат. 39303 Україна, МПК G 01 N 27/30. Мікроелектрод для електрохімічних вимірювань / Л. Я. Роп'як, Д. Ю. Петрина, І. О. Шуляр, В. В. Кустов, В. М. Гусак; заявник і патентовласник ІФДТУНГ. – № 2000010334; заявл. 20.01.00; опублик. 15.06.01, Бюл. № 5. (*Автору належить загальна ідея та застосування мікроелектрохімічних досліджень для армованих матеріалів*).

13. Пат. 68266 Україна, МПК Е 21 В 10/00. Спосіб кріплення зубків у шарошках бурових доліт / [І. О. Шуляр, А. К. Смаглюк, С. Д. Вуйцік, Д. С. Вуйцік, С. С. Вуйцік, Л. Я. Роп'як]; заявник і патентовласник: Шуляр І. О. –50 %, решта – по 10 %. – u201108805; заявл. 13.07.11; опублик. 26.03.12, Бюл. № 6. (*Автору належить загальна ідея винаходу та встановлення проміжної втулки*).

14. Пат. 72194 Україна, МПК В 22 D 13/02. Машина для відцентрового литва і армування виливків / І. О. Шуляр, Л. О. Борушак, С. Л. Борушак; заявник і патентовласник: Шуляр І. О. –50 %, решта – по 25 %. – u201200992; заявл. 31.01.12; опублик. 10.08.12, Бюл. № 15. (*Автору належить загальна ідея та механізм переміщення лійки*).

Матеріали і тези конференцій

15. Шуляр І. О. Розширення технологічних можливостей способу відцентрового литва / І. О. Шуляр, Л. О. Борушак: Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта 2004» (м. Дніпропетровськ: тези доп. – 10–25 лют. 2004 р.). – Дніпропетровськ, 2004. – Т. 63. – С. 43–44. (*Автору належить постановка задачі та аналіз факторів, що впливають на точність і якість отриманих заготовок при відцентровому литві*).

16. Шуляр І. О. Вплив способу отримання виливків з алюмінієвих сплавів на точність форми їх поверхні / І. О. Шуляр, Л. О. Борушак // Наукові дослідження – теорія та експеримент 2005 : міжнар. наук.-практ. конф., 16–20 трав. 2005 р.: тези доп. – Полтава, 2005 – С. 70–71. (*Автору належить постановка задачі та аналіз точності отримання деталей типу втулки*).

17. Шуляр І. О. Способи отримання виливків для озброєння шарошко-вих і дискових доліт / І. О. Шуляр // Підвищення ефективності буріння свердловин та інтенсифікації нафтогазовидобутку на родовищах України: наук.-техн. конф., 16–18 лист. 2010 р. : тези доп. – Івано-Франківськ, 2010. – С. 70–71.

18. Шуляр І. О. Технологічний процес армування озброєння бурових доліт / І. О. Шуляр, О. М. Богаченко // Інтелектуальний продукт вчених, винахідників і раціоналізаторів Прикарпаття. (Каталог найвагоміших перспективних винаходів, корисних моделей, промислових зразків галицьких кмітливців). – Івано-Франківськ, 2010. – С. 14–15. (*Автору належить постановка задачі та*

розробка нових методів армування озброєння).

19. Шуляр И. О. Получение заготовок с градиентными свойствами центробежным армированием / И. О. Шуляр // Материалы VII междунар. науч.-техн. конф. «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта», 22-25 нояб. 2011 г.: тезисы докл. – Новополюцк, 2011. – С.129–130.

20. Шуляр І. О. Відцентрове армування озброєння бурових інструментів / І. О. Шуляр, В. В. Кустов, Л. Я. Роп'як // Матеріали II міжнар. наук.-прак. конф. «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем», 23–25 трав. 2012 р.: тези доп. – Чернігів, 2012. – С. 29. *(Автором розроблена конструкція установки для армування з двома осями обертання).*

21. Шуляр І. О. Моделювання руху твердих частинок у рідкому сплаві при відцентровому армуванні деталей / І. О. Шуляр, М. В. Маковійчук, Л. Я. Роп'як // Машиностроение и техносфера XXI века: XIX междунар. науч.-техн. конф 17–22 сент. 2012 г.: тезисы докл. – Севастополь, 2012. – С. 83. *(Автором розроблена модель руху твердих частинок в об'ємі рідкого сплаву).*

22. Аналіз несучої здатності трикомпонентних з'єднань композиційних зубців з шарошкою долота / І. О. Шуляр, І. П. Шацький, В. А. Корнута, Л. Я. Роп'як // Інноваційні технології буріння свердловин, видобування нафти і газу та підготовки фахівців нафтогазової галузі: міжнар. наук.-техн. конф., 3–6 жовт. 2012 р.: тези доп. – Івано-Франківськ, 2012. – С. 22–23. *(Автору належить формулювання задач оптимізації з'єднань).*

23. Шацький І. П. Раціональний підбір натягів у з'єднаннях композиційних зубців з шарошкою / І. П. Шацький, В. А. Корнута, І. О. Шуляр // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій: 3-я міжнар. наук.-техн. конф., 7–9 лист. 2012 р.: тези доп. – Львів, 2012. – С. 105–106. *(Автору належить постановка задачі та дослідження несучої здатності з'єднань з натягом).*

24. Шуляр І. О. Удосконалення конструкції комбінованих твердосплавних зубків / І. О. Шуляр, І. Г. Барило, П. І. Войтенко // Вчені Прикарпаття – сталому розвитку краю : обласна наук.-прак. конф., 25–26 груд. 2012 р.: тези доп. – Івано-Франківськ, 2012. – С. 202–203. *(Автору належить постановка задачі та вдосконалення форми перехідної зони комбінованих зубців).*

АНОТАЦІЯ

Шуляр І. О. Підвищення ефективності технологічного процесу відцентрового армування породоруйнівних елементів бурових доліт. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2013.

Робота присвячена підвищенню ефективності відцентрового армування породоруйнівних елементів бурових доліт. Обґрунтовано заміну суцільного твердосплавного зубця комбінованим із робочою армованою твердим сплавом зоною та сталевим хвостовиком і визначено натяги у дво- і трикомпонентному з'єднаннях з корпусом долота. Уточнено закон розподілу армуючих частинок у

перехідній зоні зубця, обґрунтовано величину залишкового шару робочої частини для запобігання провалювання під дією експлуатаційного навантаження.

Розроблено математичну модель процесу відцентрового армування з двома взаємно перпендикулярними осями обертання ливарної форми. Здійснено модернізацію обладнання і розроблено систему автоматизованого керування технологічним процесом. За результатами досліджень, проведених з використанням планування експерименту, отримано моделі другого порядку для концентрації та зносу, оптимізовано параметри технологічного процесу.

Удосконалено конструкції з'єднань зубця з корпусом. Розроблено технологію відцентрового армування з використанням легкоплавких контейнерів та інженерну методику визначення параметрів технологічного процесу відцентрового армування. Розроблено програму та методику стендових випробовувань комбінованих зубців і проведено їх порівняльні із суцільними твердосплавними випробовування на знос.

Ключові слова: відцентрове армування, технологічний процес, породоруйнівний елемент, з'єднання з натягом, армуючі частинки, зношення.

АННОТАЦІЯ

Шуляр И.О. Повышение эффективности технологического процесса центробежного армирования породоразрушающих элементов буровых долот. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. – Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, Тернополь, 2013.

Работа посвящена повышению эффективности технологического процесса центробежного армирования породоразрушающих элементов буровых долот с двумя взаимно перпендикулярными осями вращения литейной формы. Теоретически обоснована замена сплошного твердосплавного зубка на комбинированный с армированной рабочей зоной и стальным хвостовиком. На моделях плоского напряженного состояния и антиплоской деформации исследовано напряженно-деформированное состояние двух- и трехкомпонентного соединений комбинированного зубка с корпусом долота, решены задачи оптимизации выбора натягов, обеспечивающие наибольшее значение допустимой нагрузки при выполнении условий прочности компонентов и требований непроскальзывания и нераскрытия стыков. Для комбинированного зубка обоснован нелинейный со спадающим градиентом закон распределения армирующих частиц в переходной зоне от рабочей армированной зоны к хвостовой части, а также толщина остаточного рабочего армированного слоя для предотвращения его продавливания под действием контактных нагрузок при достижении породоразрушающим элементом допустимого и предотвращения катастрофического износа.

Разработана математическая модель процесса центробежного армирования при вращении литейной формы вокруг двух взаимно перпендикулярных

осей с использованием нелинейных дифференциальных уравнений, в которой учтено изменение коэффициента сопротивления движению твердосплавных частиц в расплавленной стали в зависимости от их относительной скорости. По полученной модели исследованы траектории движения твердосплавных частиц с целью обеспечения формирования рабочей зоны заготовки детали с заданным распределением в ней армирующих частиц, а также для определения и оптимизации технологических параметров процесса центробежного армирования. Предложена схема введения армирующих частиц в литейную форму. Осуществлена модернизация оборудования и разработана система автоматизированного управления технологическим процессом центробежного армирования. По результатам исследований, проведенных с использованием планирования эксперимента, получены регрессионные модели второго порядка для описания концентрации армирующих частиц в рабочей зоне, а также износа рабочей зоны в зависимости от частот вращения литейной формы вокруг горизонтальной и вертикальной осей, температур нагрева формы и армирующих частиц соответственно и определены оптимальные параметры технологического процесса центробежного армирования породоразрушающих элементов буровых долот.

По результатам микроэлектрохимических измерений установлен эффект самозатачивания рабочей центробежно-армированной части породоразрушающих элементов за счет растворения стальной матрицы.

Усовершенствованы конструкции соединений с натягом зубка с корпусом путем использования зубка с конической поверхностью, которая сопрягается с цилиндрической, а также с введением промежуточной конической втулки, которая развальцовывается при ее запрессовке в корпус долота. Разработана технология центробежного армирования с использованием легкоплавких контейнеров, наполненных частицами твердого сплава, устанавливаемых в зоне породоразрушающих элементов бурового долота, которые расплавляются при заливке в форму жидкой стали. Предложена инженерная методика определения параметров технологического процесса центробежного армирования. Разработана программа и методика стендовых испытаний, проведены сравнительные испытания на износ комбинированных и сплошных твердосплавных зубков, а также промышленные испытания буровых долот. Результаты исследований внедрены в производство и учебный процесс.

Ключевые слова: центробежное армирование, технологический процесс, комбинированный зубок, соединение с натягом, армирующие частицы, износ.

ABSTRACT

Shuliar I. O. Improving efficiency centrifugal reinforcement process cutters drill bits. – Manuscript.

Thesis for academic degree of candidate of technical sciences in specialty 05.02.08 – technology of mechanic engineering. – Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Ternopil, 2013.

The paper deals with the efficient improvement of the centrifugal reinforcement process of the cutters of drilling bits. The replacement of solid carbide spurs by steel-shank combined ones is explained. The tightening observed in two-and three-element connection with bits is stated. The distribution of reinforcing particles in the transition zone of the spur is specified. The diameter of the residual working layer, which prevents dangerous wearing, is explained.

The mathematical model of the centrifugal reinforcement with two mutually perpendicular axes of the mold is set out. The equipment scheme is redeveloped. The automated control system of centrifugal reinforcement is designed. In the framework of the research studies carried out with the use of experimental design the models of the second order are presented, and the parameters of the technological process are optimized.

The spur connection is improved. The technology of using fusible container centrifugal reinforcement is introduced. The engineering technique of parameters estimating of the technological process of centrifugal reinforcement is presented. Both the programme and technique of bench tests of combined spurs are developed. Comparative trials are held within the context of wearing with solid carbide spurs.

Keywords: centrifugal reinforcement, technological process, cutter, tightening, reinforcing particles, wear.