

**КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**

*На правах рукопису*

**БОРУЩАК Богдан Онуфрійович**

УДК 622.24.051

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
ЦЕНТРОБІЖНОГО АРМУВАННЯ  
ЛОПАСНИХ ДОЛІТ**

**Спеціальність: 05.02.08. Технологія машинобудування**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата технічних наук**

**КИЇВ — 1993**

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00802246 (M)

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

БОРУЩАК БОГДАН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 622.24.051

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

ЦЕНТРОБІЖНОГО АРМУВАННЯ ЛОПАСНИХ ДОЛІТ

Спеціальність: 05.02.08. Технологія машинобудування

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

ДИСЕРТАЦІЯ НА ЗДОБУТТЯ ВЧЕНОГО СТУПЕНЮ КАНДИДАТА  
ТЕХНІЧНИХ НАУК

КИЇВ - 1993

Робота виконана в Івано-Франківському інституті нафти і газу на кафедрі технології машинобудування механічного факультету

Науковий керівник

доктор технічних наук,  
професор, Бугай Ю.М.

Офіційні опоненти

доктор технічних наук,  
професор, Равська Н.С.

кандидат технічних наук  
Тихоненко В.В.

Провідне підприємство

Дрогобицький долотний  
завод

Захист відбудеться 1993 року в<sup>о</sup> 15-00 годин на засіданні спеціалізованої Ради К 068.14.15 по присудженню вченого ступеня кандидата технічних наук при Київському політехнічному інституті, ауд. 340, корп. 19.

Адреса інституту: 252056, Київ, проспект Перемоги, 37, КПІ

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Київського політехнічного інституту.

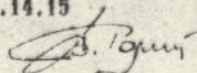
Автореферат був розісланий вересня 1993 року.

Відгуки на автореферат дисертації у двох примірниках, за-тверджені гербовою печаткою установи, просимо направити в адресу Київського політехнічного інституту, вченому секретарю.

Вчений секретар

Спеціалізованої Ради К 068.14.15

канд. техн. наук

 Романенко В.В.

## А Н Н О Т А Ц І Я

Метою дисертаційної роботи є підвищення довговічності оснащення бурового інструменту шляхом розробки нового технологічного процесу і його виготовлення з використанням композиційного армування в двох взаємоперпендикулярних площинах.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішено такі задачі:

- запропоновано спосіб композиційного армування в двох взаємоперпендикулярних площинах;
- розглянуто і проаналізовано існуючі технологічні способи підвищення надійності і довговічності бурових інструментів;
- запропоновано спосіб композиційного армування закритих об'ємів у двох взаємоперпендикулярних площинах з використанням армуючих компонентів з різною питомою вагою;
- створено математичну модель процесу композиційного армування і розглянуто інваріантність траєкторій руху частинок армуючих компонентів;
- сконструйовано і виготовлено лабораторну технологічну установку для отримання дослідних зразків і розроблено методику їх виготовлення;
- запропоновано конструкцію стелу і методику триботехнічних випробувань армованих зразків;
- шляхом дослідження структури і зносостійкості армованих зразків досліджено характер впливу параметрів способу на якість армованої зони;
- розроблено технологічний процес та оптимізовано параметри виготовлення композиційноармованих в двох взаємоперпендикулярних площинах лопасних доліт;
- сконструйовано і виготовлено установку для промислової реалізації процесу композиційного армування в двох взаємоперпендикулярних площинах;
- виготовлено і випробувано в свердловинах експериментальну партію композиційно армованих лопасних доліт.

1) Спосіб композиційного армування закритих об'ємів в двох взаємноперпендикулярних площинах твердими сплавами з різною питомою вагою.

2) Конструкцію лабораторної технологічної установки для дослідження процесу композиційного армування.

3) Конструкцію установки і методику випробувань армованих зразків на абразивну стійкість.

4) Технологічний процес виготовлення суцільнолитих композиційноармованих лопатних доліт та його параметри.

5) Конструкцію установки для промислової реалізації процесу композиційного армування в двох взаємноперпендикулярних площинах.

#### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

##### Актуальність:

Породоруйнувальний буровий інструмент (ПБІ) працює в складних умовах руйнування породи. Значна енергомісткість цього процесу і наявність абразивних частинок спричиняють швидке спрацювання різальних елементів ПБІ. Підвищення довговічності і ефективності бурових інструментів стає можливим за рахунок створення нових матеріалів з комплексними властивостями – високою механічною міцністю, твердістю і високою стійкістю до абразивного і ударно-абразивного спрацювання.

На сучасному етапі таким вимогам найбільш відповідають композиційні матеріали системи метал-твердий сплав.

Оснащення ПБІ такими композиційними матеріалами в промислових масштабах здійснюється трудомісткими способами наплавки та напайки із застосуванням чавуну, кольорових металів та твердих сплавів на основі карбідів вольфраму. Так, лопаті бурових доліт оснащуються твердосплавними пластинками із ВК-8 газовою пайкою чавунним припоси та наплавкою зернистого твердого сплаву реліту. Отримані таким чином робочі елементи долота мають значні внутрішні напруження, що приводить до їх розтріскування, а сам буровий інструмент

є дорогий і дефіцитний.

Найбільш перспективним напрямком створення зносостійких композиційних матеріалів є об'ємне армування сталених відливок зернистими твердими сплавами типу "реліт" способом центробіжного литва у кокіль або в керамічній формі. Але таким чином можна армувати тільки тіла обертання або відкриті об'єми і тільки твердими сплавами з питомою вагою більшою, ніж в сталі. Перевагою цього способу є те, що надання експлуатаційних властивостей ПБІ здійснюється вже на стадії формування заготовки.

Способів або технологій, які б дозволили застосувати тверді сплави із питомою вагою меншою, ніж у сталі, для отримання композиційного матеріалу в об'ємі виробу, що не має форми тіла обертання, на даний час не існує.

Тому проблема розробки нових технологій оснащення ПБІ зносостійкими композиційними матеріалами, що містять безвольфрамовий твердий сплав, на стадії формування заготовок інструменту і, таким чином, підвищення його надійності і довговічності є досить актуальною.

#### Загальна методика дослідів:

При виконанні роботи використовувалися теоретичні та експериментальні методи дослідження. В створенні математичних моделей процесу армування використовувався апарат теоретичної механіки, ливарної гідравліки, векторної алгебри та диференційного числення.

Лабораторні досліді реалізовані з допомогою сучасного апарату планування експерименту та обробки його даних. Характеристики дослідних зразків визначалися стандартними методиками металографії, рентгеноспектрального аналізу та порож методикою випробувань на абразивну стійкість. Технологічні параметри досліджуваних процесів вимірювались і контролювались сучасними вимірвальними приладами.

Результати експериментів оброблялись на персональних ЕОМ "Правець -16" за стандартних методиком.

#### Наукова новизна

- Розроблено спосіб композиційного армування закритих об'ємів.

що дає можливість використати армувчі компоненти з різною питомою вагою.

- Сконструйовано і виготовлено установку для лабораторних досліджень процесів композиційного армування, яка має широкі технологічні можливості.

- Сконструйовано і виготовлено установку та розроблено методику випробувань на стійкість до абразивного спрацювання, яка в значній мірі моделює умови роботи лопастей доліт в свердловині.

- Розроблено принципово новий технологічний процес виготовлення суцільнолитих композиційноармованих лопастних доліт.

- Сконструйовано, виготовлено і випробувано установку для промислової реалізації процесу композиційного армування в двох взаємоперпендикулярних площинах.

### Практична цінність

Практичну цінність дисертації становить:

- промислова технологія виготовлення породоруйнівного бурового інструменту з композиційноармованими робочими елементами;

- установка для промислової реалізації розробленої технології композиційного армування.

### Реалізація роботи

Розроблений технологічний процес композиційного армування реалізовано на дослідному виробництві СКТБ "Надра" Івано-Франківського інституту нафти і газу. Виготовлено партій композиційноармованих доліт і випробувано на бурових Немирів-Язівської геологорозвідувальної партії. Одержано економічний ефект від виготовлення 74 крб. і при експлуатації 520 крб. Розроблений технологічний процес рекомендується для впровадження на машинобудівних заводах для серійного виготовлення лопастних доліт.

### Апробація роботи

Основні результати роботи доповідались на I Всесоюзній на-

уково-технічні конференції "Композиційні матеріали в породоруй-  
ничих інструментах" (Івано-Франківськ, 1987); науково-техніч-  
ній конференції "Перспективи розвитку, удосконалення конструкції  
і підвищення надійності бурового нафтопромислового обладнання  
(Перь, 1988); 10-й науково-технічній конференції молодих вчених  
і спеціалістів в підвищенні ефективності геологорозвідувальних  
робіт на нафту і газ" (Львів, 1989).

Публікації: По темі дисертації опубліковано 8 робіт, в тому  
числі 3 авторських свідоцтва СРСР.

#### Структура та обсяг роботи:

Дисертація складається з вступу, чотирьох глав, загальних  
висновків, чотирьох додатків та списку використаних джерел з 127  
наліччувань. Обсяг роботи: 190 сторінки м.п. тексту, 60 малюнків,  
12 таблиць.

#### ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Практичні дані свідчать, що в умовах значних динамічних на-  
вантажень і наявності абразиву найбільш працездатними є доласні  
долота з оснащенням із композиційного матеріалу системи метал-  
зернивий твердий сплав. (Такі композиційні матеріали мають хороші  
диференціальні властивості, такі як високі механічна міцність,  
пластичність і висока абразивна стійкість). Отримують таке компо-  
зиційне оснащення в промислових умовах способами газової або ін-  
дукційної наплавки та напайки з використанням чавунного або на-  
тунного припою та твердого сплаву на основі карбіду вольфраму.  
Однак вказані матеріали є дорогими і дефіцитними, технологія ос-  
нащення трудомістка і екологічно шкідлива, а шар композиційного  
матеріалу в умовах динамічних навантажень швидко розтріскується

і сколюється з поверхонь лопастей. Усунути вказані недоліки можна шляхом розробки такої технології, яка б забезпечила отримання не поверхневого композиційного шару на лопастях доліт, а в робочих об'ємах останніх, а також використати для армування менш дефіцитні тверді сплави.

Існуючі способи композиційного об'ємного армування не можуть забезпечити отримання армованої зони заданої форми і об'єму, оскільки лопатне долото не має форми тіла обертання.

Шляхом підбору правильної послідовності технологічних прийомів та вибору оптимальних значень параметрів розроблено спосіб об'ємного армування лопатних доліт з використанням твердих сплавів з різною питомою вагою, суть якого полягає в наступному.

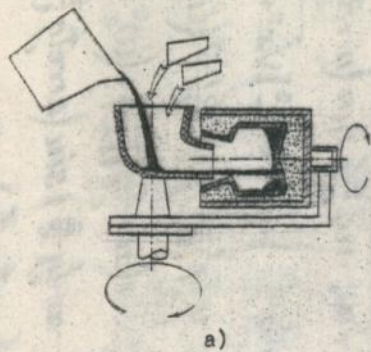
Керамічну ливарну форму, нагріту до температури 200-400°С обертають відносно двох взаємоперпендикулярних осей з лінійними швидкостями її периферійних точок відповідно 0,8...1,1 та 1,4...1,9 м/с, засипають у неї твердий сплав з питомою вагою меншою, ніж у основного металу, і заливають рідкий метал, одночасно вводячи твердий сплав з питомою вагою більшою, ніж у основного металу, витримують до повної кристалізації металу в армованій зоні і збільшують швидкості обертання форми до 2,6...3,2 м/с, які підтримують постійними до повної кристалізації металу відливки (рис. 1, а). Вказані технологічні прийоми і значення параметрів дозволяють рівномірно розмістити гранули твердого сплаву в армованому об'ємі відливок, що не мають форми тіл обертання, за рахунок розміщення зерен твердого сплаву з питомою вагою більшою, ніж в основного металу, в периферійних об'ємах відливки, а зерен твердого сплаву з питомою вагою меншою, ніж в основного металу, у внутрішніх об'ємах і при поверхнях відливки, близьких до осі її обертання, з того боку, що співпадає з напрямом обертання ливарної форми.

Теоретичними дослідженнями отримано наведені нижче математичні залежності між технологічними параметрами процесу і траєкторією руху зерен реліту.

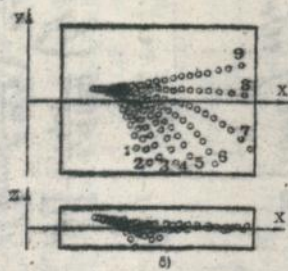
$$\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} = & -\frac{2u}{g_r} \left[ \omega_e \omega_r \sqrt{x^2+z^2} \cos(\operatorname{arctg} \frac{x}{z}) + (\omega_e^2 + \omega_r^2) \cdot \right. \\ & \left. \sqrt{x^2+z^2} \cos(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r} - \operatorname{arctg} \frac{z}{x}) \cdot \cos(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) + \right. \\ & \left. + 2\sqrt{\omega_e^2 + \omega_r^2} \frac{dy}{dt} \cdot \cos(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) \right] - \frac{1,6125}{r} \left( \lg 2 \cdot \frac{dx}{dt} \right)^2 \cdot \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 + \\ & + 2\sqrt{\omega_e^2 + \omega_r^2} \frac{dy}{dt} \cdot \cos(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) + \omega_e \omega_r \sqrt{x^2+z^2} \cos(\operatorname{arctg} \frac{x}{z}) + \\ & + (\omega_e^2 + \omega_r^2) \sqrt{x^2+z^2} \cos(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r} - \operatorname{arctg} \frac{z}{x}) \cdot \\ & \cdot \cos(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2y}{dt^2} = & -\frac{2u}{g_r} \left[ (\omega_e^2 + \omega_r^2) y - 2\sqrt{\omega_e^2 + \omega_r^2} \left( \frac{dz}{dt} \cos(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{dx}{dt} \sin(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) \right) \right] - \frac{1,6125}{r} \left( \lg 2 \cdot \frac{dy}{dt} \right)^2 \cdot \left( \frac{dy}{dt} \right)^2 - \\ & - 2\sqrt{\omega_e^2 + \omega_r^2} \left( \frac{dz}{dt} \cos(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) + \frac{dx}{dt} \sin(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) \right) + \\ & + (\omega_e^2 + \omega_r^2) y; \end{aligned}$$

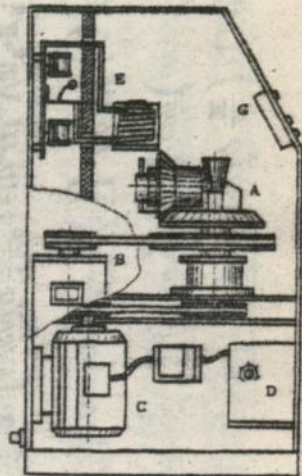
$$\begin{aligned} \frac{d^2z}{dt^2} = & -\frac{2u}{g_r} \left[ 2\sqrt{\omega_e^2 + \omega_r^2} \frac{dy}{dt} \sin(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) - \omega_e \omega_r \cdot \right. \\ & \left. \sqrt{x^2+z^2} \cdot \sin(\operatorname{arctg} \frac{x}{z}) + (\omega_e^2 + \omega_r^2) \sqrt{x^2+z^2} \cos(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r} - \right. \\ & \left. - \operatorname{arctg} \frac{z}{x}) \sin(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) \right] - \frac{1,6125}{r} \left( \lg 2 \cdot \frac{dz}{dt} \right)^2 \cdot \left( \frac{dz}{dt} \right)^2 + \\ & + 2\sqrt{\omega_e^2 + \omega_r^2} \frac{dy}{dt} \sin(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) + (\omega_e^2 + \omega_r^2) \sqrt{x^2+z^2} \cdot \\ & \cdot \cos(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r} - \operatorname{arctg} \frac{z}{x}) \sin(\operatorname{arctg} \frac{\omega_e}{\omega_r}) - \omega_e \cdot \omega_r \cdot \\ & \cdot \sqrt{x^2+z^2} \sin(\operatorname{arctg} \frac{x}{z}) - g \end{aligned}$$



a)



б)



в)

Рис. I

На персональному комп'ютері промодельовано рух зерен твердого сплаву в рідкій сталі і побудовано графіки, які ілюструють вплив кутових швидкостей ливарної форми на траєкторію руху зерен твердого сплаву "реаліт" (рис.1б) при різних комбінаціях кутових швидкостей.

Для проведення методичних лабораторних експериментів сконструйовано і виготовлено установку, будову якої показано на мал.1в. Установка містить центробіжну машину А з автономними приводами В і С обертання ливарної форми відносно двох взаємноперпендикулярних осей, блок електронного управління приводами Д та індукційну піч Е для плавки металу з конденсаторами, які змонтовані в одному корпусі. Керування роботом установки здійснюється пультом С.

Конфігурація армованих відливок та схема вирізання зразків для лабораторних досліджень зображені на рис.2а. В наших експериментах армувались відливки з сталі 20ХН зернистими твердими сплавами марок "реаліт" і ТН-20 кількома різними способами.

Дослідженнями структури армованих зразків встановлено, що якість армування першочергово визначається таким комплексним показником, як концентрація твердого сплаву, а також мікроструктура сталеної матриці.

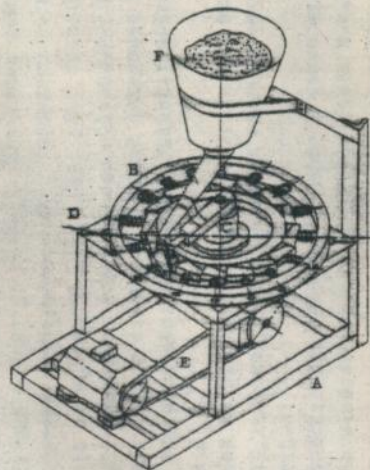
Оптимізація технологічних параметрів процесу армування здійснена з допомогою математичного апарату планування багатфакторного експерименту.

Відомо, що основним критерієм працездатності бурових інструментів різального типу є стійкість їхнього оснащення до абразивного спрацювання. Для того, щоб провести порівняльні випробування армованих зразків на абразивну стійкість, було сконструйовано і виготовлено установку, конструкція якої зображена на мал. 2б. Основними її вузлами є рама А, на якій змонтовано клинопружинний механізм навантаження випробуваних зразків В, шпindelний вузол С затискного пристрою D, регульований привід Е обертання зразка та бункер F з пристроєм подачі абразиву в зону випробування.

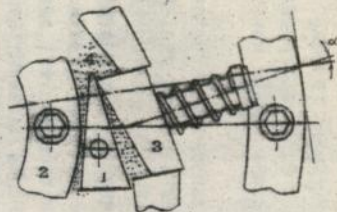
Згідно запропонованої методики випробування зразок 1 втілюється між центральним круговим елементом 2 та клиноподібними підпружиненими вставками 3 із гартованої сталі в незакріплену абразивну масу (кварцевий пісок) 4, яка постійно обновлюється (рис.2в). Кут втілення зразка 1 та швидкість його руху вибирають такими ж, як і для периферійних частин лопастей долота при його



в)



б)



в)

Рис.2

роботі в свердловині. Така методика дозволяє максимально наблизити умови випробувань до реальних умов роботи долота в свердловині в широкому діапазоні значень експлуатаційних режимів.

На рис. 3а показано інтенсивність спрацювання зразків, армованих релітом і ТН-20 (відповідно криві 1 і 2) в однакових умовах залежно від часу випробувань.

Обробкою результатів випробувань на абразивну стійкість отримано рівняння математичної моделі процесу композиційного армування відливок лопасних доліт твердими сплавами "реліт" і ТН-20 відповідно:

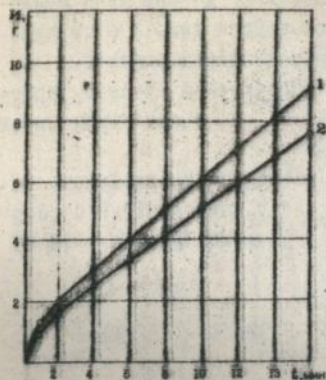
$$Y_1 = 31,59 - 5,454X_1 - 1,421X_2 - 4,629X_3 - 9,571X_4 - 1,379X_1X_2$$

$$Y_2 = 40,713 + 1,913X_1 + 0,821X_2 + 1,783X_3 - 2,463X_4 - 1,021X_1X_2 - \\ - 0,762X_1X_4 + 1,942X_3X_4 + 1,342X_1X_2X_3 + 3,367X_2X_3X_4$$

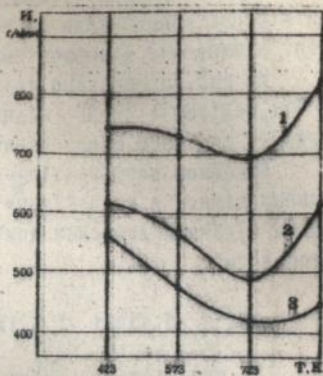
На рис. 3.б, в показано вплив таких технологічних параметрів, як температура нагріву керамічної форми, грануляція твердого сплаву та його концентрація на стійкість армованої зони до абразивного спрацювання.

Таким чином, лабораторними експериментами визначено ступінь впливу технологічних параметрів процесу та їх взаємодій на якість армування.

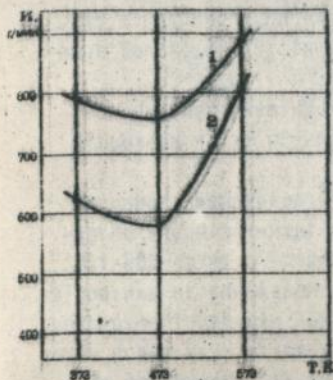
Технологічний процес композиційного армування лопасних доліт реалізовано з допомогою комплексу технологічного обладнання, який включає установку електрошлакового литва АШУ-100, ковш шлакоуловлювач, електропіч, пульт управління та центробіжну машину, яка призначена для надання ливарній формі обертання відносно вертикальної і горизонтальної осей та введення у форму рідкої сталі та армувальних компонентів (рис. 4а). Основними функціональними вузлами машини є основа 1, на якій змонтовано шпindelний вузол 2, привід 3 вертикального обертання форми і обертובה рама 4 з вузлом 5 і приводом 6 горизонтального обертання опоки, та заливним пристроєм, що складається з тигля 7, воронки 8, пристрою 9 для введення армувальних компонентів, а також пульт 10. Конструкцією машини передбачена можливість незалежно го безступінчатого регулювання частот обертання ливарної форми



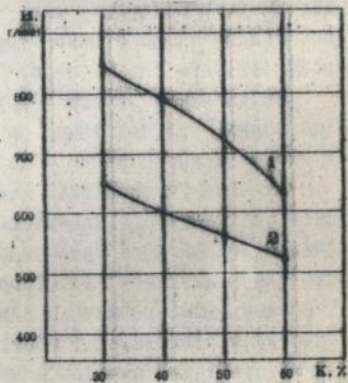
а)



б)

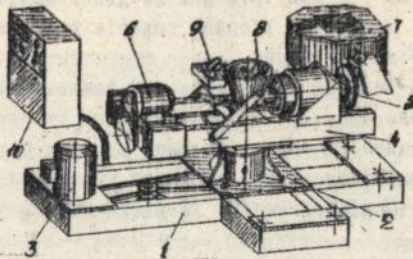


в)



г)

Рис. 3



а)

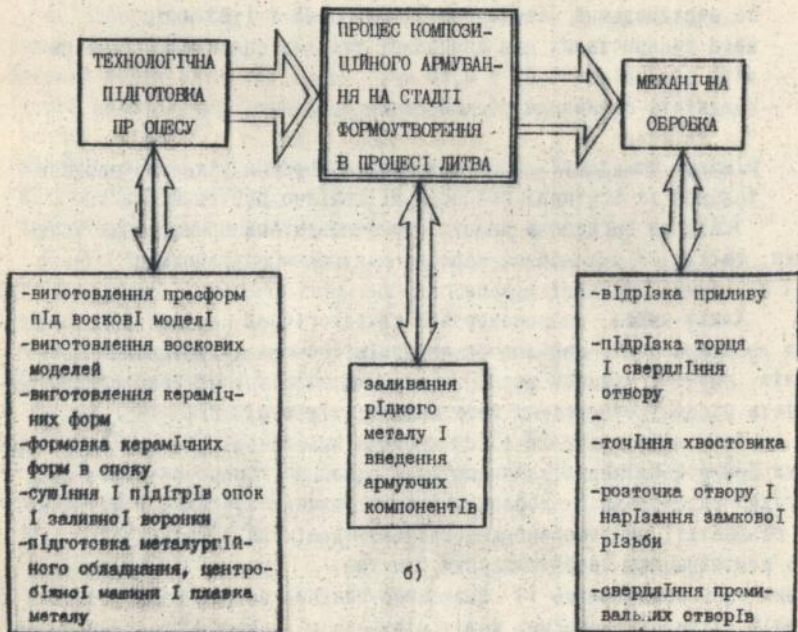


Рис. 4

від 20 до 800 хв. , а пристрій для введення армувальних компонентів забезпечує засипання твердих сплавів двох видів з інтервалом часу, від 0 до 40 секунд.

Структура технологічного процесу композиційного армування зображена на рис.46.

Стадія технологічної підготовки процесу полягає у виготовленні керамічних форм з розміщеними в них твердосплавними елементами, підготовці зернистого твердого сплаву та рідкого металу.

Технологічні параметри процесу армування доліт 2Л-132ЦА такі:

- маса плавки 5,2 кг;
- швидкість обертання ливарної форми відносно горизонтальної та вертикальної осей відповідно 3,45 і 1,85 м/с;
- маса використаних при армуванні твердих сплавів ТН-20 і реліту відповідно 0,36 і 0,18 кг;
- швидкість заливання рідкої сталі 0,32 кг/с;
- час витримки 10 с;
- кінцеві швидкості обертання ливарної форми відносно горизонтальної та вертикальної осей відповідно 5,9 та 2,8 м/с.

Оскільки заготовка долота отримана литвом по випробуваних моделях, то стадія механічної обробки полягає у розточуванні отвору та нарізанні замкової різьби.

Таким чином, запропонований технологічний процес виготовлення лопатних доліт забезпечує економію дорогих і дефіцитних матеріалів, зменшує відходи металу в стружку, забезпечує вищу продуктивність праці і екологічно безпечіший, ніж серійний.

Дослідні долота 2Л-132ЦА пройшли випробовування на свердловинах Немирів-Язівської експедиції об'єднання "Спецгеологорозвідка" згідно спеціально розроблених і затверджених програми і методики. В результаті випробовувань дослідних доліт не виявлено оголення та викривування твердосплавних пластин, а спрацювання армованої зони супроводжувалось її незначним самозагостренням. Завдяки вищій стійкості лопатних доліт отримано збільшення проходки на 35% і механічної швидкості буріння на 15%.

Економічний ефект, отриманий при виготовленні дослідних доліт 2Л-132ЦА, становить 74 крб., а в процесі експлуатації - 520 крб. на одне долото в порівнянні з серійним 2Л-132 (в цінах 1990 року).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологічний процес композиційного армування лопасних доліт з використанням безвольфрамових твердих сплавів, забезпечувачий підвищення довговічності і ефективності породоруйного інструменту.

2. Встановлено інтервали варіювання технологічних параметрів. Виявлено, що першочерговий вплив на якість армованої зони мають частоти обертання опоки, температура попереднього нагріву форми і грануляція вводимих армувальних компонентів.

3. Розроблена методика і установка для проведення лабораторних досліджень композиційного армування.

4. Лабораторними дослідженнями встановлено вплив технологічних параметрів на:

- фазовий склад металозв'язки;
- тонку кристалічну структуру армованої зони;
- розподіл твердого сплаву в армувочному об'ємі;
- мікроструктуру перехідної зони металозв'язка-твердий сплав;
- величину питомого абразивного зношування;
- концентрацію твердого сплаву в армованому об'ємі;

5. Розроблено промисловий технологічний процес композиційного армування заготовок лопасних доліт і установка для його реалізації.

6. Розроблений технологічний процес дав можливість знизити собівартість виготовлення лопасного долота на 74 крб і підвищити прохід і механічну швидкість буріння виготовлених лопасних доліт на 35% і 15% відповідно.

7. Загальний економічний ефект одержується за рахунок зменшення собівартості виготовлення і збільшення проходу лопасного долота і складає 594 крб. (в цінах 1990 року).

Друковані праці по темі дисертації:

1. А.с. 1610684 (СССР), В.22Б 13/00 Способ получения армированных изделий /Б.О.Боруцак, Л.О.Боруцак, Ю.Н.Бугай, Ю.Д.Петрина. - Публ. в откр. печати запрещена. Приоритет 20.07.1988г. Особистий вклад автора: встановлення технологічних параметрів процесу.

2. А.с. 1585061 (СССР). В.226 13/02 Устройство для центробежного литья /В.Н.Бугай, Ш.Д.Петрина, Б.О.Боруцак, А.О.Боруцак, А.И.Бидочко. - Опубл. 15.08.90, Бил. N30.

Особистий вклад автора: розробка конструкції, компоновки і конструкторської документації.

3. А.с. 1772685 (СССР) G01N 3/56 Стенд для испытания режущих элементов породоразрушающих инструментов на ударно-абразивное изнашивание /В.Н.Бугай, Ш.Д.Петрина, Б.О.Боруцак, А.О.Боруцак, С.М.Мазурик и Н.В.Павликивская. - Опубл. 30.10.92 Бил. N40.

Особистий вклад автора: розрахунок і конструювання установки.

4. Боруцак Б.О., Бугай В.Н., Петрина Ш.Д., Боруцак А.О. Математическое моделирование процесса центробежного армирования. N568 - Деп. Уч91 от 29.04.91.

Особистий вклад автора: аналіз характеру руху твердого сплаву в рідкому металі, опис руху твердого сплаву диференціальними рівняннями.

5. Технология и оборудование для реализации процессов вибра- и виброцентробежного армирования/Боруцак Л.О., Боруцак Б.О. Тезисы докладов I Всесоюзной научно-технической конференции "Композиционные материалы в породоразрушающих инструментах" г. Ивано-Франковск 1987 г.

6. Лабораторный стенд и методика моделирования процесса виброцентробежного армирования/Боруцак Б.О., Питулей Л.Д. Тезисы докладов I Всесоюзной научно-технической конференции "Композиционные материалы в породоразрушающих инструментах", г. Ивано-Франковск 1987 г.

7. Технология и оборудование для обемного армирования лопастных долот/Бугай В.Н., Петрина Ш.Д., Боруцак Л.О., Боруцак Б.О., Грибик С.М. Тезисы докладов научно-практической конференции "Перспективы развития, совершенствования конструкции и повышение надежности бурового и нефтепромыслового оборудования", г. Пермь, 1988 г.

8. Совершенствование технологии изготовления бурового инструмента /Бугай В.Н., Боруцак Л.О., Боруцак Б.О. Тезисы докладов 16 научно-технической конференции молодых ученых и специалистов УкрНИИГРИ "Вклад молодых ученых и специалистов в повышение эффективности геологоразведывательных работ на нефть и газ", г. Львов, 1989 г.







AB 28.059