

За рівнянням (12) визначаємо

$$\tau = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,01^2}{0,6 \cdot 3,14 \cdot 10^{-6} \sqrt{2,981}} \times$$

$$\times \left(\sqrt{0,02 + \frac{15,7^2 \cdot 0,01^2}{4 \cdot 9,81}} - \frac{15,7 \cdot 0,01}{6 \sqrt{9,81}} \right) = 10,24 \text{ с.}$$

Отже рівняння (10) дає можливість визначити час випорожнення рідини через отвори в боковій стінці вертикальної циліндричної посудини при її обертанні навколо вертикальної осі.

УДК 622.24.051

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ З'ЄДНАННЯ „ШАРОШКА-ЗУБОК” В ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛОТАХ

Ю.Д.Петрина, Р.С.Яким, Т.Б.Пасинович

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024,
e-mail: public@nung.edu.ua

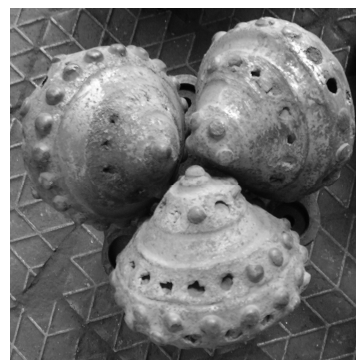
Установлено, що при умови збереження експлуатаційних параметрів упрочненої шарошки найкращою прочністю з'єднання „зубок-шарошка” забезпечує їх запресовка при нагріві шарошки і охолодженні зубка (різниця температур $\Delta T \approx 600\text{K}$). При цьому забезпечення шероховатості отворів в шарошці $R_a \approx 0,63$ мкм і селективному з'єднанні підвищується стійкість з'єднання приблизно на 50% по порівнянню з стійкістю в серійних долотах.

It has been determined that condition of strengthened cone exploitative parameters keeping the highest strength of the joint „tooth-cone” is ensured by their pressing with the cone heating and tooth cooling (temperature difference $\Delta T \approx 600\text{K}$). An the case of keeping the holes roughness in the cone $R_a \approx 0,63$ мкм and selective composition the steadfastness of joint is increasing at least 50 per cent in comparison with the steadfastness in the serial bits.

Довговічність і ефективність тришарошкового бурового долота з твердосплавними вставними зубками залежить від інтенсивності зношування і руйнування озброєння. Характер зношування і руйнування елементів озброєння залежить не тільки від умов роботи долота на вибої, але і від низки технологічних чинників його виготовлення. Тому вивчення впливу технологічних факторів на надійність з'єднання „зубок-шарошка” є актуальним з огляду на пошук резервів підвищення довговічності і ефективності шарошкових доліт. В цьому напрямку отримано значні досягнення такими вченими, як Жидовцев Н.А., Кершенбаум В.Я., Крилов К.А., Петрина Ю.Д. та ін.

Оскільки автори по-різному оцінюють переважаючий вплив того чи іншого чинника умов експлуатації чи умов виготовлення шарошкового долота, існують суперечливі рекомендації щодо напрямку підвищення довговічності з'єднання „зубок-шарошка”.

Випадання твердосплавних зубків призводить до втрати долотом озброєння та катастрофічного зниження працездатності (рис. 1). В [1, 2] вказано, що перед випаданням зубків іноді спостерігається їх розвертання в отворах шарошки. Основними причинами такого явища вважають: ерозійне зношування тіла шарошки;



а)



б)

Рисунок 1 — Випадання твердосплавних зубків з тіла шарошок долота 269,9 ОК-ПВ-3

тріщини на шарошці; тріщини, що виникли внаслідок сірководневого окрихчення металу.

В роботі [3] досліджували технологічні параметри механічної обробки отворів під запресовування зубків. Проте питання впливу розподілу твердості по глибині шарошки з отворами під зубки не розглядалося.

Аналіз взаємодії озброєння шарошкових доліт з вибоєм засвідчив [4], що зубки сприймають складні навантаження. Це призводить до утворення мікротріщин в цементованому шарі шарошки, тому тріщиностійкість матеріалу шарошки є параметром, який визначає довговічність з'єднання „зубок-шарошка”.

Виходячи з того, що надійність з'єднання „шарошка-зубок” підвищується при зближенні механічних характеристик з'єднаних деталей, в роботі [5] запропоновано модифікувати конструкцію зубків. Міцність конструкції зубка забезпечується плавним переходом концентрації твердого сплаву від робочої до кріпильної частини зубка. Проте, відсутність стендових випробувань утруднює оцінку стійкості з'єднання зубків до експлуатаційних навантажень на вибої. В першу чергу, це стосується важких умов буріння, особливо – твердих гірських порід.

Встановлено [6], що значення концентрації напружень в зоні входу зубка в шарошку значною мірою залежить від характеристик міцності матеріалу шарошки. Проте, не розглядається вплив параметрів технологічного процесу з'єднання зубка з шарошкою на надійність його з'єднання.

Вивчення технологічного процесу з'єднання зубка з шарошкою дало можливість запропонувати таке складання [7]: зубки охолоджувати до температури рідкого азоту – 77 К, а корпуси шарошок нагрівати до 990 К. Проте, як показує практика хіміко-термічної обробки долотних сталей, нагрівання шарошки до вказаної температури, яка перевищує температуру кінцевого низького відпуску, негативно впливає на стійкість до гідроабразивного руйнування в ділянці з'єднання. Помічено [1], що гідроабразивна ерозія призводить до випадання зубків.

Для усунення викладених суперечностей була поставлена задача – дослідити можливості вдосконалення технологічного процесу складання, а саме: вивчити вплив технологічних і конструкційних параметрів з'єднувальних спряжених поверхонь отвору шарошки і зубка з метою підвищення довговічності озброєння бурових шарошкових доліт.

Гіпотезою дослідження є твердження про те, що оптимізація параметрів технологічного процесу з'єднання „зубок-шарошка” дає можливість підвищити довговічність озброєння долота. При цьому припускається, що діючі експлуатаційні навантаження на зубок та на зону спряження „зубок-шарошка” спричинюють нівелицію натягів у спряженому з'єднанні за рахунок несприятливої технологічної спадковості процесів складання.

Зусилля запресовування (розпресовування) з'єднання підраховували за формулою

$$P = \pi f p_k d l,$$

де: f – коефіцієнт тертя (вибирається з [8]),

l – довжина з'єднання, мм,

p_k – контактний тиск, МПа (визначається згідно [9]),

Встановлено (рис. 2), що міцність пресового з'єднання з найменшим досліджуваним перепадом температур в 200 К є приблизно на 47% вищою порівняно зі звичайною запресовкою.

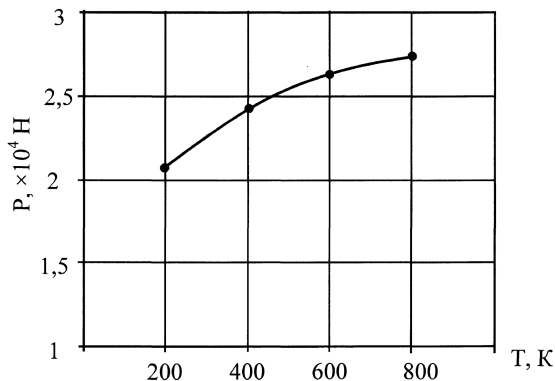


Рисунок 2 – Залежність зусилля розпресовування від перепаду температур корпусу шарошки і зубців при їх з'єднанні

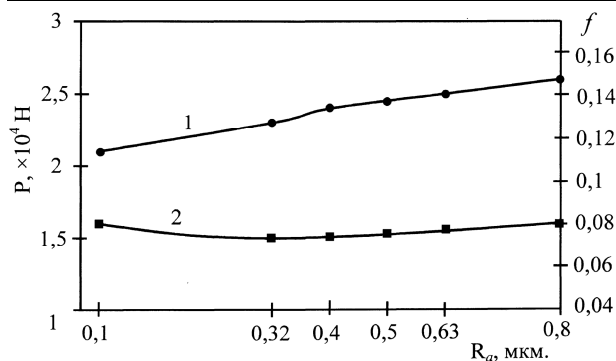
Шорсткість спряжених поверхонь пресового з'єднання значно впливає на його міцність, оскільки в процесі роботи вузла змінюється напружений стан з'єднання. Отже, величина шорсткості впливає на довговічність твердо-сплавного озброєння.

Мікронерівності добре впливають на міцність з'єднання, діючи подібно до шипів, збільшуючи цим площу зв'язку між спряженими поверхнями. Але, як встановлено дослідями [10], підвищення параметра шорсткості вище 0,05 мкм знижує несучу здатність з'єднання внаслідок зменшення коефіцієнта тертя на поверхні контакту.

Величина змінання мікронерівностей залежить від натягу в з'єднанні, висоти нерівностей, їх форми, профілю і густини розподілу, твердості і міцності матеріалу спряжених поверхонь, співвідношення між твердістю охопленої та охоплюючої деталей, а також від умов складання.

При складанні під пресом, нерівності послідовно зрізаються при повздовжньому переміщенні і зминаються набагато більше, ніж при складанні з нагрівом або охолодженням деталей (коли нерівності зминаються в радіальному напрямку).

Відомо [11], що при механічному запресовуванні найбільша міцність з'єднання досягається при малій шорсткості спряжених поверхонь. На рис. 3 представлено результати аналогічних досліджень. Зубок використовували в стані поставки, а шорсткість отворів шарошки змінювали. Глибина забивання зубків у всіх дослідженнях становила ≈ 7 мм. Отримані результати свідчать про позитивний вплив зниження шорсткості на зусилля розпресовування зубка.



1 – складання нагрівом шарошки і охолодженням зубка з запресовуванням;
2 – складання запресовуванням

Рисунок 3 – Залежність зусилля розпресовування і коефіцієнта тертя від шорсткості отворів шарошки

При стендових випробовуваннях експериментальних зразків шарошкових доліт 269,9 ОК-ПВ-3 спостерігали крихке руйнування зубків, загальний знос шарошки. При цьому випадання зубків складало близько 2%, що приблизно на 50% нижче за серійні шарошкові долота.

Отже, в результаті проведених досліджень встановлено, що за умови збереження експлуатаційних параметрів зміцненої шарошки, найвищу міцність з'єднання „зубок-шарошка” забезпечує їх запресовування з нагрівом шарошки і охолодженням зубка (різниця температур $\Delta T \approx 600\text{K}$). При цьому, дотримуючись шорсткості отворів в шарошці $R_a \approx 0,63$ мкм та селективного складання, підвищується стійкість з'єднання приблизно на 50% порівняно з стійкістю в серійних долотах.

Отримані результати дають можливість, при виготовленні шарошкових доліт з твердосплавним озброєнням, підвищити надійність та довговічність з'єднання „зубок-шарошка”. Стендові випробовування експериментальної партії доліт показали високі перспективи впровадження в технологічний процес виготовлення доліт запропонованої технології.

Надалі актуальним є вивчення тріщиностійкості приповерхневих шарів шарошки після різних режимів хіміко-термічної обробки.

Література

1 Международная инженерная энциклопедия. Серия: Нефтегазовая техника и технология (Международный транслятор-справочник). Т.1. Шарошечные долота / Под ред. Кершенбаума В.Я., Торгашова А.В., Мессера А.Г. – М.: Нефть и газ, 2003. – 257 с.

2 Baker Hughes Mining Tools (Blast hole bit handbook), 1989. – 37 p.

3 Вплив глибини цементованого шару шарошки на точність форми оброблювального отвору під запресовку зубків / Борушак Б.О., Петрина Ю.Д., Борушак Л.О., Лик В.Т. // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Нафтогазопромислове обладнання. – Івано-Франківськ, 1998. – Випуск 36 (Том 4). – С. 100-108.

4 Крылов К.А., Стрельцова О.А. Повышение долговечности и эффективности буровых долот. – М.: Недра, 1983. – 206 с.

5 Артим В.І. Підвищення працездатності шарошкових доліт, оснащених вставними композиційними зубками: Дис. ... канд. техн. наук: 05.15.07. – Івано-Франківськ, 1999. – 135 с.

6 Долговечность шарошечных долот / Жидовцев Н.А., Крешенбаум В.Я., Гиндзбург Э.С., Бикбулатов И.К., Бородина Е.Н. – М.: Недра, 1992. – 272 с.

7 Петрина Ю.Д. Розробка науково-прикладних основ підвищення довговічності бурових доліт шляхом раціонального використання матеріалів: Автореф. дис... доктора техн. наук: 05.15.07 / Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу. – Івано-Франківськ, 1996. – 46 с.

8 Давиденков Н.Н. Избранные труды в 2-х томах. Т.1 Динамическая прочность и хрупкость металлов. – К.: Наукова думка, 1981. – 699 с.

9 Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.

10 Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие: В 2-х кн. Кн. 2. – М.: Машиностроение, 1988. – 544 с.

11 Якушев А.И., Бежелукова Е.Ф., Плутанов В.Н. Допуски и посадки ЕСДП СЭВ. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 255 с.