

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ

Яким Р.С., Петрина Ю.Д., Пасинович Т.Б. (ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, Україна)

*It's determined that the grinding of rock bits cones forms negative technological inheritance in the form of burnings and cracks appearing that provokes the fragile destruction of the cemented cones made of 14XH3MA-B steel. The effective way of manufacture problems removal and technological guaranteeing of three-cone rock bits stability is to use the high-effective turning instead of the grinding. With that purpose the technology and instrument for the technology and instrument for the turning of cones cavities of different sizes were approbated.*

Підвищення стійкості шарошкових бурових доліт є однією з важливих проблем нафтогазової та гірничорудної промисловості, оскільки затрати на буріння визначають об'єми видобування та собівартість нафти, газу, руди. Як відомо, особливо значних затрат при бурінні завдають раптові поломки долота з втратою елементів на вибої (рис. 1, а). Разом з тим, стійкість шарошкових доліт забезпечується як конструкторсько-технологічними параметрами, так і фізико-механічними властивостями матеріалів деталей. Тому до технології виготовлення доліт висувається ряд вимог, забезпечення яких є однією з сучасних проблем долотобудування.



Рис. 1. Крихке руйнування шарошки долота 250,8 ТКЗ-ПГВ: а – загальний вигляд зруйнованого долота; б – темплет з розколеної шарошки

В розв'язання цієї проблеми внесено суттєвий вклад [1-3]. Однак, питання впливу технологічного спадку на стійкість шарошкових доліт вивчено недостатньо. Перші роботи [4, 5] торкаються питань обробки заготовок під поковки лап і шарошок доліт. Разом з тим відомо [6], що в поверхневих шарах шліфованих деталей має місце випадковий розподіл значень фізико-механічних властивостей, які обумовлені широким спектром параметрів дислокаційної структури через нерівномірну пластичну деформацію мікроділянок. В результаті втомні тріщини на шліфованих деталях виникають не тільки в місцях, де наявні геометричні концентратори напружень, але і в ділянках з локальними максимальними залишковими напруженнями. Необхідно зауважити, що в наслідок деформації шарошки (сталь 14XH3MA-B) після хіміко-термічної обробки спостерігається постійне відхилення розмірів. Наприклад, для розмірів кулькової бігової доріжки шарошок долота 250,8 ТКЗ-ПГВ може бути

відхилення від 0,9 до 1,2 мм. Все це не дозволяє обґрунтовано підходити до технологічного забезпечення стійкості доліт на етапі їх виготовлення.

Зважаючи на часті випадки крихкого руйнування шарошок бурових доліт (рис 1, *а*) та результати оглядів і аналізів темплетів (рис 1, *б*) було зроблено припущення, що в технологічному процесі їх механічної обробки є операції, які сприяють утворенню тріщин в небезпечних перерізах. Зафіксовано тріщини на кульковій біговій доріжці (рис 1, *б*) глибиною від 0,3 до 0,6 мм. Тому була поставлена задача дослідити технологічні операції механічної обробки на предмет схильності до негативного технологічного спадку. Також необхідно обґрунтовано підібрати ефективну механічну обробку шарошки, яка забезпечує стійкість до тріщиноутворення.

Для розв'язання поставленої задачі було проведено аналіз партії виготовлених доліт за типовою технологією. З цією метою було розібрано декілька доліт та виготовлено темплети для металографічного аналізу.

З метою встановлення причин утворення тріщин, які ймовірно виникли при викінчувальних операціях, були проведені дослідження з виявлення припалів від шліфування. Це здійснювали наступним чином. Спочатку шарошку чи темплет знежирювали бензином і після просушування травили в 5% розчині азотної кислоти в спирті протягом 3-5 с. до потемніння поверхні бігових доріжок. Після цього промивали деталь проточною водою. Просушивши зразки здійснювали їх травлення у 50% розчині соляної кислоти у воді протягом 2-3 с. до просвітлення поверхні бігових доріжок. Ділянки припалів візуально виявляли у вигляді темних плям і штрихів.

Підготовку до аналізу мікроструктури проводили травленням поверхні мікрошліфів у 4% спиртовому розчині азотної кислоти. Для виявлення макроструктури зразки піддавали гарячому травленню в 50 % розчині соляної кислоти при температурі 353 К протягом 40 хв.

При зовнішньому огляді на шарошці № 2 виявлено тріщину на кульковій біговій доріжці замкового підшипника по всьому діаметру.

В результаті досліджень шарошок і темплетів на предмет наявності припалів від шліфування було виявлено наступне. На кулькових бігових доріжках замкового підшипника в шарошках № 1 і 2 наявні припали у формі чорних смуг з різко вираженими границями на сірому фоні протравленої поверхні. На кулькових бігових доріжках шарошки № 2 виявлено штрихові припали у вигляді контрастних темних штрихів на сірому фоні протравленої поверхні (рис. 2, *а*).



Рис. 2. Тріщина на кульковій біговій доріжці шарошки № 2 долота 250,8ТКЗ-ПГВ: *а* – загальний вигляд (макротемплет); *б* – травлений темплет для металографічних аналізів; *в* – вигляд поверхневої тріщини на темплеті в зоні бігової доріжки (? 2); *г* – тріщина в перерізі кулькової бігової доріжки на темплеті (? 100)

В перерізі темплета шарошки № 2 виявлена тріщина від поверхні кулькової бігової доріжки на глибину 2,1 мм (рис. 2, *б*, *в*, *г*). Тріщина виникла через напруження

сформовані шліфуванням, дефектів металу та знеуглечення в зоні тріщини не виявлено (рис. 2 в, г).

В перерізі темплета з шарошки № 3 зі сторони поверхні кулькової бігової доріжки виявлені штрихоподібні світлі смуги глибиною до 2 мкм (рис. 3). В світлих смугах спостерігаються короткі прямі шліфувальні тріщини, які розташовані перпендикулярно до напрямку шліфування.

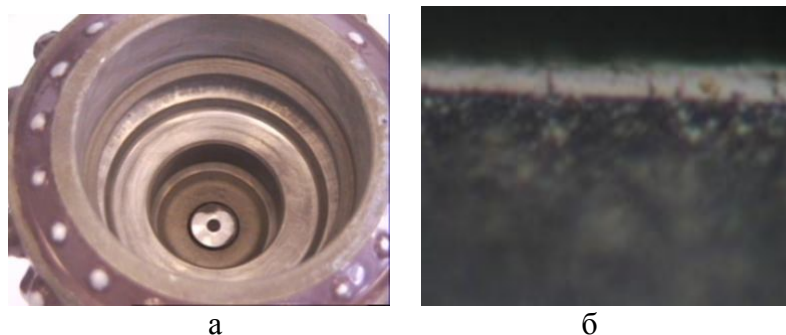


Рис. 3. Припали від шліфування на кульковій бігівій доріжці шарошки № 3: а – загальний вигляд; б – припали і тріщини в перерізі кулькової бігової доріжки на темплеті (? 1000)

Мікроструктура цементованого шару: мартенсит 1-2 бала, залишковий аустеніт 1-2 бала, карбіди 2-3 бала. Мікроструктура серцевини шарошки: сорбітоподібний перліт чи сорбіт з дрібними включеннями фериту. В мікроструктурі серцевини шарошки феритно-перлітної смугастості не виявлено. Отже, мікроструктури цементованого шару і серцевини шарошки відповідають всім вимогам, які висуваються до таких деталей.

На макрошліфі після травлення не виявлено пористості, точкової неоднорідності і ліквіаційних дефектів. Після макротравлення спостерігаються слабо виражені напрями волокон, які розташовані вздовж осі шарошки, що свідчить про позитивний технологічний спадок, отриманий при гарячому куванні заготовки.

Твердість поверхні шліфованого цементованого шару коливається в межах від HRC 56 до HRC 62. У всіх трьох шарошках на поверхні кулькової бігової доріжки виявлені припали від шліфування. Тріщин від отворів під твердосплавні зубки не зафіксовано.

Отже, постає обґрунтована проблема пошуку альтернативного методу обробки до існуючого в технологічному процесі неефективного шліфування. Тому використовуючи системний підхід для пошуку і прогнозування нових методів, способів і засобів обробки [7], а також розроблені рекомендації в [8, 9] вдалося вдосконалити технологію фінішної обробки цементованих поверхонь опори шарошки за рахунок заміни операції шліфування на тонке точіння. Сьогодні, за рахунок використання сучасного технологічного обладнання можливо у повній мірі реалізувати можливості даної технології. До такого обладнання відносяться вертикальні одношпіндельні токарні центри VSC з системою ЧПК SIMENS 840D виробництва фірми „EMAG” (рис 4). Дані верстати, оснащені для виконання операції „Викінчувальне розточування внутрішньої порожнини шарошок бурових доліт після хіміко-термічної обробки”, дозволяють забезпечувати високу продуктивність праці. Зокрема, при використанні VSC-250 для обробки шарошок 250,8 ТКЗ-ПГВ та 98,4 МЗ-ЦН за годину обробляються відповідно 12 і 32 шт, а при використанні VSC-500 для обробки шарошок 393,7 С-ЦГВУ та 444,5 МСЗ-ЦГВУ за годину обробляються відповідно 3 і 4 шт. Згідно програми шпіндель



Рис. 4. Загальний вигляд токарного центру VSC-500 виробництва фірми „EMAG”, налагодженого для обробки порожнин шарошок бурових доліт

забирає заготовку, яка розміщена на транспортері, і після обробки порожнини шарошки ставить назад. Точність позиціювання шарошки в патроні для обробки складає 0,05 мм. Центр обладнаний також пристроєм контролю розмірів за допомогою вимірного щупа „Marpos”.

Для забезпечення якісного налагодження обробки порожнин різних типорозмірів шарошок були проведені випробовування стійкості різальних пластин для обробок деталей на верстатах: VSC-250 (табл. 1) та VSC-500 (табл. 2).

Таблиця 1. Результати випробувань пластин на стійкість при обробці порожнин шарошок долота 250,8 ТКЗ-ПГВ на верстаті VSC-250

| № | Назва пластини                          | Матеріал пластини | Середня кількість оброблених шарошок, шт. |                 |
|---|-----------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|-----------------|
|   |                                         |                   | Чорнова обробка                           | Чистова обробка |
| 1 | XCNGA 120408 S2E (2 різальні вершини)   | KBN 25B           | 200                                       | 280             |
| 2 | CNGA 120408 S0102A (1 різальна вершина) | BNC 200           | 115                                       | 145             |
| 3 | CNGA 120408 S0102A (1 різальна вершина) | BNC 300           | 105                                       | 145             |

Таблиця 2. Результати випробувань пластин на стійкість при обробці порожнин шарошок долота 444,5 МСЗ-ЦГВУ на верстаті VSC-500

| № | Назва пластини                          | Матеріал пластини | Середня кількість оброблених шарошок, шт. |                 |
|---|-----------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|-----------------|
|   |                                         |                   | Чорнова обробка                           | Чистова обробка |
| 1 | DCMW 11T308 S0102E (1 різальна вершина) | CB 20             | 30                                        | 40              |
| 2 | 2NC-DCMW 11T308 (2 різальні вершини)    | BNC 200           | 50                                        | 80              |
| 3 | 2NC-DCMW 11T308 (2 різальні вершини)    | BNC 300           | 52                                        | 83              |

В результаті якісного аналізу оброблених порожнин шарошок на вищезгаданому обладнанні встановлено, що ні припалів, ні інших дефектів, спричинених механічною обробкою, немає. Зважаючи на те, що обробка всіх поверхонь бігових доріжок шарошки при точінні на верстатах VSC фірми „EMAG” ведеться з одного установу, на відміну від шліфування, яке проводиться на різних верстатах, то тут досягається також вища точність і якість шарошки. При складальних операціях секцій доліт вдалося усунути проблеми, пов'язані з додатковими операціями шліфування окремих внутрішніх поверхонь шарошки.

Висновки. Встановлено, що шліфування шарошок бурових доліт формує негативний технологічний спадок у вигляді припалювання, утворення тріщин, що у свою чергу призводить до крихкого руйнування цементованих шарошок зі сталі

14ХНЗМА-В. Ефективним способом усунення проблем виготовлення і технологічного забезпечення стійкості шарошкових бурових доліт є заміна шліфування на високоефективне точіння. З цією метою апробована технологія і інструмент для токарної обробки порожнин шарошок різних типорозмірів.

Надалі перспективним є пошук резервів вдосконалення технології обробки хіміко-термічно оброблених цапф лап шарошкових бурових доліт.

**Список літератури:** 1. Халилов А. А., Халилов У. А. Технология изготовления нефтепромыслового инструмента. – М.: Машиностроение, 1981. – 143 с. 2. Анализ технологических операций изготовления шарошечных долот и пути увеличения точности их выходных параметров. / С. Б. Гатамов, Э. Р. Аллахвердов, В. Д. Гаджиев, З. И. Тагиев. // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1981. – № 1. – 27 – 28. 3. Неупокоев В. Г. Вопросы теории и практики проектирования, производства и эксплуатации буровых шарошечных долот. – Самара: Издательство Самарского научного центра Российской академии наук, 2000. – 376 с. 4. Вплив технологічного спадку на стійкість шарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина. // Машинознавство. – 2008. – № 5. – С.12 – 17. 5. Теоретичні основи технологічного забезпечення довговічності відповідальних деталей обладнання нафтогазової промисловості / Ю. Петрина, Р. Яким, А. Швадчак. // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій: праці 1-ої Міжнародної науково-технічної конференції (Львів 22-24 жовтня 2008 р.) – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, – 2008. – С. 175. 6. Влияние шлифования на свойства поверхностных слоев стали / В. Ф. Безъязычный, Б. М. Драпкин, М. А. Прокофьев, М. В. Тимофеев. // Физика и химия обработки материалов – 2003. – № 6. – С. 51 – 55. 7. Ярославцев В. М. Разработка методологии поиска новых методов обработки и ее практическая реализация. // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. – Серия: „Машиностроение” – 2007. – № 2 (67). – С. 56 – 70. 8. Рыжов Н. М., Герасимова Н. Г., Шведский В. В. Чистовое точение цементированных сталей резцами из эльбора-Р. // Станки и инструмент. – 1978. – № 6. – С.34 – 36. 9. Повышение надежности тяжелонагруженных зубчатых передач / М. Д. Генкин, М. А. Рыжов, Н. М. Рыжов. – М.: Машиностроение, 1981. – 232с.

Надійшла до редколегії 29.04.2009

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ ТРЕХШАРОШЕЧНЫХ БУРОВЫХ ДОЛОТ**

**Яким Р.С., Петрина Ю.Д., Пасинович Т.Б.**

Установлено, что шлифование шарошек буровых долот формирует негативную технологическую наследственность в виде прижогов, возникновения трещин, что в свою очередь ведет к хрупкому разрушению цементированных шарошек из стали 14ХНЗМА-В. Эффективным способом устранения проблем изготовления и технологического обеспечения стойкости шарошечных буровых долот есть замена шлифования на высокоэффективное точение. С этой целью апробирована технология и инструмент для токарной обработки полости шарошек разных типоразмеров.

*буровое долото, стойкость, технологическая наследственность*