

ступних дослідженнях запропонований підхід буде використаний при дослідженні триточкового ударного згину балкового зразка (врахування реакцій опор).

#### Література

1. Андрейкив А.Е., Рокач И.В. Упрощенный метод определения зависимости от времени коэффициента интенсивности напряжений при испытании балочных образцов на безопорный ударный изгиб // Физико-химическая механика материалов. – 1989. – № 5. – С.42-51.
2. Андрейкив А.Е., Ковчик С.Е., Ходань И.В., Бойко В. Н. К вопросу о методах определения динамической трещиностойкости конструкционных материалов // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 1997. – №5-6. – С.22-35.
3. Rokach I. V. Modal approach for processing one- and three-point bend test data for DSIF-time diagram determination. Part I – Theory // Fatigue and Fract. Eng. Mat. and Struct. – 1998. – 21. – P.1007-1014.
4. Rokach I. V. Modal approach for processing one- and three-point bend test data for DSIF-time diagram determination. Part II – Calculations and results // Fatigue and Fract. Eng. Mat. and Struct. – 1998. – 21. – P.1015-1026
5. Orynyak I.V., Krasowsky A.Ja. The modeling of elastic response of a three-point bend specimen under impact // Eng. Fract.Mech. – 1998. – 60. – P. 563-575.
6. Landrein P., Lorriot T., Guillaumat L. Influence of some test parameters on specimen loading determination methods in instrumented Charpy impact tests// Eng. Fract.Mech. – 2001. – 68. – P. 1631-1645.
7. Marur P. R. Charpy specimen a simply supported beam or a constrained free-free beam // Eng. Fract.Mech. – 1998. – 61. – P. 369-386.
8. Marur P. R. Dynamic analysis of one-point bend impact test// Eng. Fract.Mech. – 2000. – 67. – P. 41-53.
9. Jen Wang Ke, Lin Hsu Chi, Hua Kao (1977). In: *Adv. Res. Strength and Fract. Mater. 4<sup>th</sup> Int. Conf Fract.*. McGraw-Hill, New York
10. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М: Мир, 1975. – 541 с.
11. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.
12. Ковчик С.С., Ходань И.В., Замора Т.С., Лук'янець Г.В., Зайдель Б.М. Інформаційно-вимірювальна система для динамічних досліджень конструкційних матеріалів // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 1994. – №3. – С.133-166.
13. Grimes R. G., Lewis J. G. Simon H. D. A shield block Lanczos algorithm for solving sparse symmetric generalized eigenproblems // SIAM J. Matrix Analysis Appl. – 1994. – 15(1). – P.228-272.

УДК 622. 242. 6 + 658. 511

## АНАЛІЗ УМОВ ВИГОТОВЛЕННЯ ШТОКІВ БУРОВИХ НАСОСІВ ТА ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ю.Д.Петрина, А.В.Швадчак, Р.С.Яким

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

На основе эксплуатационных испытаний штоков буровых насосов было установлено, что штоки насоса У8-6МА, изготовленные по типовым техническим условиям, выходят из строя не только вследствие гидроабразивного изнашивания, но и при воздействии коррозионного растрескивания рабочих поверхностей, которое интенсифицируется кавитацией в области перехода шток-поршень. Сравнение данных испытаний показали, что упрочнение хромированием при лучших показателях наработки, не гарантирует стабильность среднестатистической наработки штоков насосов. Анализ типового технологического процесса изготовления штоков, показал необходимость ввода эффективной упрочняющей обработки, которая бы максимально соответствовала условиям эксплуатации штоков буровых насосов.

On the basis of the exploitation trials of the boring pump rods it was set that rods of the pump У8-6МА which are made on typical technical conditions fell out not only because of the hydro-abrasive wear but also at influence of corrosive cracking of working surfaces, which are intensified by cavitations in transition area of rod and piston. Comparison of the given trials was shown that consolidating by the chrome-plating at the best indexes of work does not guarantee stability of average work of the rods. Analysis of the typical technological process of making the rods, showed the necessity to input of effective consolidating treatment which would maximally correspond to the external environments of rods of the boring pumps.

На бурових роботах широко використовують двопоршневі насоси двосторонньої дії

шнів, штоків, втулок циліндрових. Тому існує проблема підвищення їх довговічності. У вирі-

Таблиця 1 – Результати випробовувань штоків бурових насосів з Бориславського УБР

Вид зміцнення	Напрацювання штоків, год.	
	УНБ-600	У8-6МА
СВЧ гартування	300 – 380	180 – 220
Об'ємне гартування	280 – 350	160 – 180
Хромування	320 – 400	200 – 250

Таблиця 2 – Результати випробовувань штоків бурових насосів з Стрийського ВБР

Вид зміцнення	Напрацювання штоків, год.	
	УНБ-600	У8-6МА
СВЧ гартування	400 – 460	210 – 260
Об'ємне гартування	380 – 430	180 – 230
Хромування	420 – 500	250 – 300

Таблиця 3 – Результати випробовувань штоків бурових насосів з Долинського ВБР

Вид зміцнення	Напрацювання штоків, год.	
	УНБ-600	У8-6МА
СВЧ гартування	270 – 320	180 – 230
Об'ємне гартування	250 – 300	160 – 200
Хромування	280 – 350	200 – 250

шення цієї проблеми суттєвий вклад внесли такі вчені як Литвинов В.М., Романов А.З., Мкртчян Я.С., Ніколич А.С. Ахадов Г.Г. та ін. Було встановлено [1-6], що в процесі роботи бурового насоса трансмісійна частина зазнає значного навантаження, зі збільшенням подачі розчину це навантаження зростає, і однією з слабких ланок в цій частині є шток. Вихід з ладу штока викликаний втратою стійкості внаслідок зношення його робочих поверхонь. Дана проблема згідно з [4] може бути вирішена прямим використанням досягнутих результатів вдосконалення технології машинобудування. Однак завдання подолання абразивного зношення і створення зносостійких та довговічних компонентів не може бути вирішене без ґрунтовного аналізу конкретних умов виготовлення штоків, оскільки умови виготовлення деталей машин визначають їх експлуатаційні характеристики. Проте, питання впливу умов виготовлення штоків бурових насосів У8-6МА і УНБ-600 на їх експлуатаційні характеристики вивчено явно недостатньо. Тому для заповнення цієї прогалини було поставлено завдання проаналізувати вплив типових технічних умов виготовлення штоків бурових насосів У8-6МА і УНБ-600 на їх середнє напрацювання.

Для проведення випробовувань на ВАТ „Дрогобицький машинобудівний завод” було виготовлено згідно з типовими технічними умовами партію штоків для насоса У8-6МА і партію для УНБ-600. Штоки обох партій виготовили зі сталі 40Х ГОСТ 4543-71, яка відповідає існуючим типовим технічним умовам ТУУ 0153362-011-98. Твердість серцевини штока становила 280-320НВ.

Штоки піддавали різним зміцнюючим обробкам, які допускаються вказаними технічними

умовами з викінчувальною операцією шліфуванням на шорсткість  $Ra = 0,4$  мкм:

1) нагрів СВЧ і гартування робочих поверхонь на глибину 2-5 мм до твердості 50-55HRC;

2) об'ємне гартування здійснювали до твердості 47-51HRC;

3) хромування „хроміном” за ТУ6-02-788-79 на глибину 0,6 мм до твердості 57HRC.

З метою встановлення напрацювання досліджуваних деталей бурових насосів були проведені експлуатаційні випробовування. Загальну термообробку поверхні контролювали твердометром ГОСТ 23677-97 згідно з методикою ГОСТ 9012-59. Контроль однорідності глибини зміцненого шару здійснювали на мікрошліфах, виготовлених за відомою методикою [7] за допомогою окулярного гвинтового мікроскопа ГОСТ 7865-77.

Результати випробовувань, проведених спільно з Бориславським управлінням бурових робіт відкритого акціонерного товариства „Україна”, представлені в табл. 1. Випробовування проводили при питомій вазі бурового розчину 1,16-1,24 г/см<sup>3</sup>, робочій температурі до 363К, тиску 0,9-1,2МПа.

Результати випробовувань, проведених спільно з Стрийським відділенням бурових робіт Бурового управління „Укргаз” дочірньої компанії „Укргазвидобування” Національної акціонерної компанії „Нафтогаз Україна”, представлені в табл. 2. Питома вага бурового розчину становила 1,08-1,28 г/см<sup>3</sup>, робоча температура — 283-323 К, тиск — 0,1-1,2 МПа.

Результати випробовувань, проведених спільно з Долинським управлінням бурових робіт відкритого акціонерного товариства „Укрнафта” представлені в табл. 3. Питома вага бурового

Таблиця 4 – Основні види зношення штоків бурових насосів

Основні види зношення	Характерні ознаки	Основні фактори, що спричиняють зношення	Умови інтенсивного прояву видів зношення
Абразивне	Подряпини та гострі риски на поверхні тертя	Вплив абразивних частинок бурового розчину, що защемлені між рухомим штоком та манжетною	При роботі насосів на високоабразивних розчинах
Гідроабразивне	Гладкі рівчаки, місцеві промиви на поверхнях, що контактують	Дія потоку чи змащувальної плівки бурового розчину, що містить абразивні частинки	При швидкостях високоабразивного струменя чи плівки бурового розчину, що перевищує 10м/с
Ударно-абразивне	Рвані рівчаки, виступи, задирки	Удар при заклинюванні абразиву між контактуючими поверхнями	При роботі насосів на середніх і високоабразивних розчинах при швидкостях потоку менше 10м/с
Корозійно-механічне і окислювальне	Сліди корозії на робочій поверхні	Вплив водяного та особливо мінералізованого середовища, що перекачується насосами і мастила, що використовується в системі охолодження	При роботі насосів на технічній воді, водяних і особливо мінералізованих розчинів, а також при довготривалих зупинках насосів
Механічне, втомні	Деформація, викривлення, зародження і розвиток тріщин	Вплив високих змінних напружень від тиску. Вплив високих пульсуючих навантажень під дією сил тиску, удару, тертя	При роботі насосів на середніх і особливо високих тисках

Таблиця 5 – Групи зношення та явища, що характеризують зношення

Групи зношення	Зношення	Явища, що характеризують зношення
Механічна	Абразивне	Різання чи дряпання з відділенням стружки, передформування поверхневих шарів під дією абразиву чи твердих продуктів зношення, що відокремилися в процесі роботи, під дією ударних напружень
	Втомне	Викривлення під дією поверхневих контактних напружень
	В результаті диспергування	Втомне руйнування контактуючих поверхонь в результаті повторно-пластичного деформування
	В результаті кавітаційно-ерозійної дії	Відрив і зношення окремих зерен металу внаслідок гідравлічних ударів при кавітації рідини
Молекулярно-механічна	В результаті схоплення металів	Молекулярне схоплення поверхонь з глибинним вириванням частинок металу.
Корозійно-механічна	Окислювання	Окислення поверхневих шарів металу киснем повітря
	Корозійне	Утворення продуктів хімічної взаємодії металу з агресивними агентами середовища і їх відділення

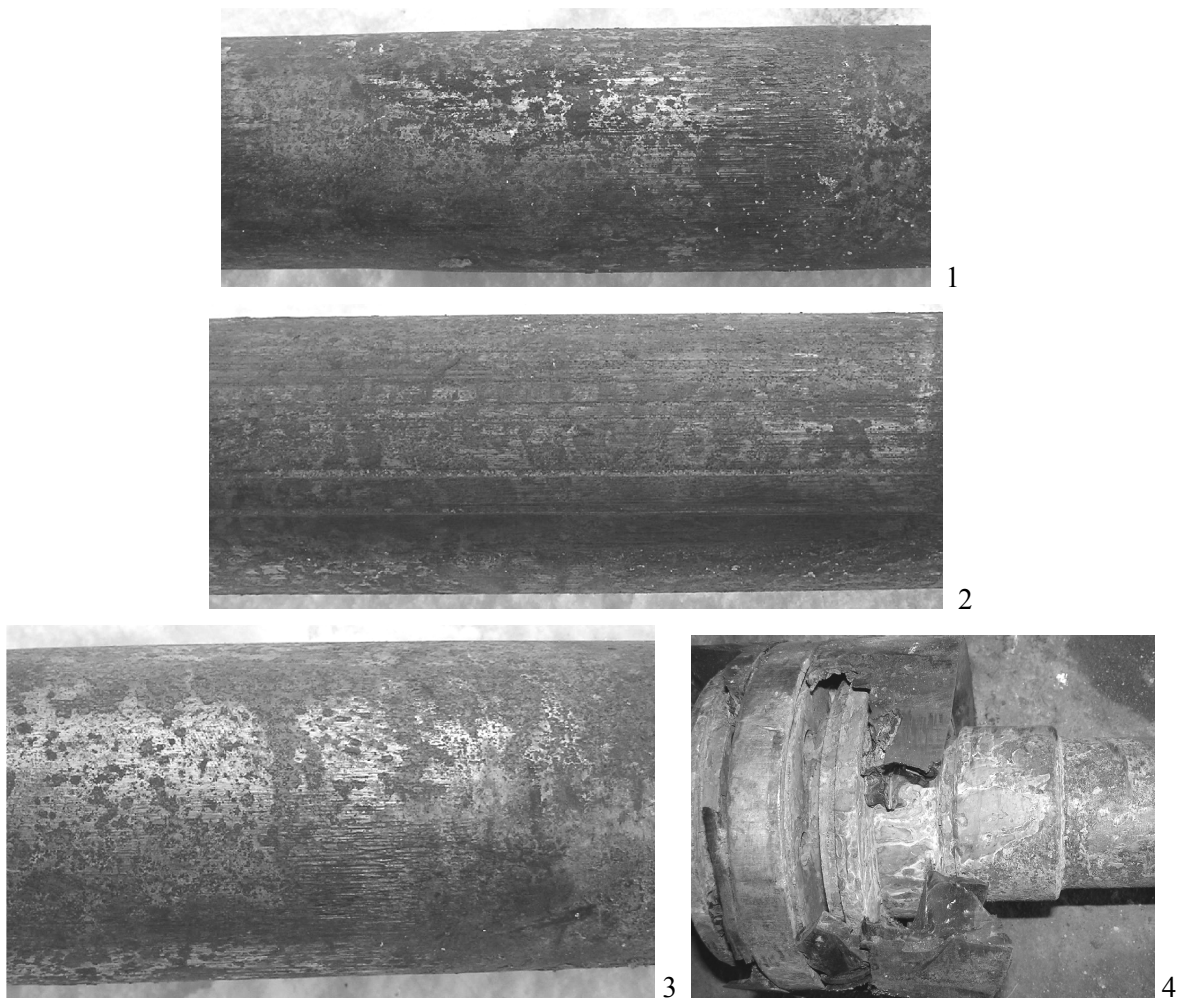
го розчину становила 1,1-1,3 г/см<sup>3</sup>, робоча температура — 283-333 К, тиск — 0,1-1,3 МПа.

На основі виявлених і систематизованих авторами [3, 8, 9, 10] видів зношення деталей машин, а також здійснених досліджень можна проаналізувати умови роботи штока та встановити найбільш ймовірні причини втрати його працездатності. З цією метою ми систематизували основні види та групи зношення штока бурового насоса (табл. 4, 5).

Огляд штоків, що втратили працездатність, засвідчив, що штоки для насоса УНБ-600 схи-

льні до корозійно-механічного, гідроабразивного зношення. У штоків насоса У8-6МА – механізм зношення складніший: крім корозійно-механічного, гідроабразивного, спостерігається зношення внаслідок реверсивного тертя штока і ущільнюючих манжет, а також кавітаційне (рис. 1).

Кавітаційне зношення виникає в процесі зворотно-поступального руху поршня, про що свідчать пітінги, каверни, ерозія поверхні штока у місці його з'єднання з поршнем. Є час-



*1 – абразивно-втомне; 2 – абразивне; 3 – гідроабразивне,  
4 – корозійно-механічне, ускладнене кавітаційним*

**Рисунок 1 – Види зношення штока бурового насоса У8-6М**

тими випадки, коли неможливо від'єднати від штока відпрацьований поршень.

Деталі, виготовлені за різними технологічними умовами (поверхнєве зміцнення), показали, що об'ємно гартовані деталі більш схильні до корозійно-механічного крихкого руйнування.

Деталі, зміцнені СВЧ гартуванням, мають неоднорідності в зміцненій поверхні, що спричинене недогрівом чи перегрівом зони термічного впливу. Внаслідок цього робочі поверхні мають ділянки з неоднорідною твердістю. В зонах з меншою твердістю спостерігається інтенсифікація різальної дії абразиву. У зонах з надлишковою твердістю спостерігаються пітінги крихкого руйнування. По границях ділянок з різним перепадом твердості спостерігаються задирки чи мікросколювання.

Для штоків, зміцнених хромуванням властиве утворення волосовин, задирок і розшарування, що призводить до швидших виходів з ладу при утворенні пітінгів порівняно з штоками, зміцненими іншими методами. Необхідно відзначити, що штоки, зміцнені хромуванням, показали найкращі характеристики при експлуатації на насосах УНБ-600. Це пояснюється

вищою стійкістю зміцненого хромуванням поверхневого шару до корозійно-механічного руйнування. Однак порівняльні випробовування засвідчили, що зміцнення хромуванням не забезпечує гарантованого стабільного середньостатистичного напрацювання штоків насосів в корозійно-втомних умовах, у середовищах з підвищеною концентрацією абразиву. Це пояснюється тим, що в умовах абразивного зношення електрохімічне покриття хромом забезпечує високі показники довговічності деталей тоді, коли глибина допустимого абразивного зношення не перевищує значення товщини шару хрому [10]. При огляді відпрацьованих штоків бурового насоса У8-6МА було виявлено як загальне зношення робочої поверхні, так і локальне у вигляді рисок, подряпин, рівчаків глибиною 2-5 мм і більше, що значно перевищує товщину хромового покриття.

Необхідно зауважити, що втрата корозійної стійкості деталей зумовлена утворенням дефектів не тільки через експлуатаційну, але й технологічну спадковість. Аналіз типового технологічного процесу хромування штоків засвідчив, що не завжди можна добитися рівномір-

ного розподілу хрому, а також товщини та щільності покриття (рис. 1), що у свою чергу знижує корозійну стійкість [11].

Аналіз втрати працездатності досліджуваних деталей показав, що на відміну від штоків насоса УНБ-600 штоки насоса У8-6МА мають нижчі показники напрацювання. Штоки цих насосів зазнають гідроабразивного впливу, працюють в умовах реверсивного тертя за присутності абразиву, а також зазнають крихкого руйнування внаслідок пониження корозійної витривалості сталі, оскільки при зростанні інгібіторів загальної корозії в буровому розчині знижується циклічна міцність деталей зі сталі [12].

Незважаючи на систему фільтрації і очистки бурового розчину, тверді частинки гірської породи неминуче залишаються в глинистому розчині, який є робочим середовищем для деталей гідравлічної частини бурового насоса. Виходячи з цього, шток повинен тривалий час працювати при визначеному мінімальному вмісті твердих частин дрібної фракції (10-15мкм). Це сприяє інтенсивному зношенню штока, оскільки мікротвердість абразиву в буровому розчині сягає до 12500МПа (кварц) [4].

На зносостійкість штока, окрім механічних властивостей робочих поверхонь, великий вплив має мікрорельєф поверхні, оскільки він визначає можливість попадання в зону контакту абразиву, інгібіторів бурового розчину, в результаті чого процес дряпання інтенсифікується розклинюючою дією бурового розчину.

Отже, циклічна дія гідродинамічних навантажень, присутність корозійного середовища призводять до значного спаду довготривалої міцності – корозійного розтріскування робочих поверхонь штоків. В ділянці переходу шток-поршень відбувається інтенсифікація руйнування поверхні штока дією кавітації.

Проведені дослідження засвідчують недосконалість типових технічних умов виготовлення штоків до насосів У8-6МА. Тому стоїть питання внесення якісних обґрунтованих змін в технологічний процес виготовлення цих деталей. З цією метою в подальшому необхідно дослідити перспективні методи поверхневого зміцнення і оптимізувати технологічний процес відповідно до експлуатаційних вимог, які ставляться до штока бурового насоса.

### Література

1. Литвинов В.М. Повышение надежности нефтепромысловых насосов. – М.: Недра, 1978. – 191 с.

2. Романов А.З., Малкин И.Б., Рудаевский И.Е. Зарубежные буровые насосы и сменные детали их гидравлической части // Обзорная инф. Нефтепромысловое машиностроение. Сер. ХМ-3. – М.: Центральный институт научно-технической информации и технико-экономических исследований по химическому и нефтяному машиностроению. – 1985. – 44 с.

3. Мкртычан Я.С. Повышение эффективности эксплуатации буровых насосных установок. – М.: Недра, 1987. – 207 с.

4. Николич А.С. Основания модернизации насосного комплекса буровых установок // Нефтепромысловое машиностроение. Обзор. инф. Сер.: ХМ-3. – Центральный институт научно-технической информации и технико-экономических исследований по химическому и нефтяному машиностроению. – 1990. – С. 24-32.

5. Ахадов Г.Г., Курбанов Э.Т., Повышение износостойкости деталей нефтепромыслового оборудования // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1992. – №6. – С. 30-32.

6. Одосій З.М., Петрина Ю.Д., Яким Р.С. Підвищення роботоздатності змінних деталей бурових насосів // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Методи і засоби технічної діагностики. – Івано-Франківськ, 1999. – №36. – С. 323-329.

7. Вашуль Х. Практическая металлография. Методы изготовления образцов: Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1988. – 320 с.

8. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. – М.: Недра, 1970. – 252 с.

9. Бегачаен Н.А., Дядюра А.Г., Бажал А.И. Бурильные машины. – М.: Недра, 1972. – С.258-259.


10. Надежность и долговечность машин / Костецкий Б.И., Носовский И.Г., Бершадский Л.И., Караулов А.К. – К.: Техніка, 1975. – 408 с.

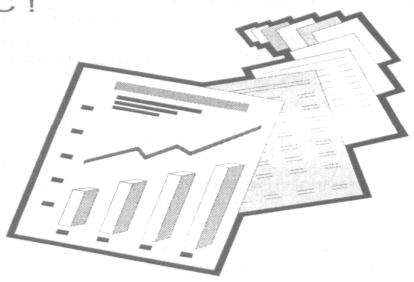
11. Термическая обработка в машиностроении: Справочник / Под ред. Ю.М.Лахтина, А.Т.Рахштадта. – М.: Машиностроение, 1980. – 783 с.

12. Северинчик Н.А, Копей Б.В., Чапля О.Н. Усталостная прочность сталей в средах, содержащих ПАВ // Физико-химическая механика материалов. – 1980. – №1. – С. 114-115.

МИ ЧЕКАЄМО НА ВАС !

# МІСЦЕ ВАШОЇ РЕКЛАМИ





З питань виготовлення і розміщення реклами звертатися:  
м. Івано-Франківськ, 76019, вул. Карпатська 15, ІФНТУНГ,  
Редакція журналу "Розвідка та розробка нафтових і газових  
родовищ", тел.: (03422) 42002, тел./факс: (03422) 42139,  
ел. пошта: rozvidka@ifdtung.if.ua