

## Література

- 1 Качмар Ю.Д. Кислотна обробка силікатних колекторів. Механізм і кінетика соляно-кислотної обробки // Нафтова і газова промисловість. – 1993. – № 2. – С. 28-32.
- 2 Качмар Ю.Д. Кислотна обробка силікатних колекторів. Механізм і кінетика глиноокислотної обробки // Нафтова і газова промисловість. – 1994. – № 1. – С. 29-33.
- 3 Качмар Ю.Д., Єгер Д.О. Дослідження розчинення поверхні піщаноалевролітових порід кислотними розчинами // Проблеми нафтогазової промисловості: Збірник наукових праць. – К., 2006. – Вип.3. – С.149-155.
- 4 Пат. 18091 Україна, МПК E21B 43/26. Спосіб кислотного розриву пласта / Качмар Ю.Д., Цюмко В.В., Бурмич Ф.М. та ін. - Опубл. 16.10.2006, Бюл. № 10.
- 5 Тосунов А.М., Кузьмичев Д.Н., Мирошниченко Ю.П. Повышение эффективности солянокислотных обработок в глубоких скважинах // Труды ГрозНИИ, Вып.ХІХ Разработка нефт. месторождений. – М.: Недра, 1965. – С.29-34.
- 6 Добыча нефти. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений / Под ред. Ш.К. Гиматудинова. – М.: Недра, 1983. – 455 с.

УДК 622.24.051.004.6

## АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОПОР Р-К-Р ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ

Є.І.Крижанівський, Р.С.Яким, Л.Є.Шмандровський, Ю.Д.Петрина

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 43024,  
e-mail: public@nuing.edu.ua

*Качество структуры цементированного слоя, а именно равномерность распределения цемента не выше 3 бала, а также оптимальный градиент твердости в направлении от поверхности к сердцевине рабочих поверхностей дают возможность с достаточным уровнем достоверности в заводских условиях прогнозировать эксплуатационные показатели опор. Изучение влияния физико-механических характеристик сталей 14ХНЗМА-Ш, 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В на эксплуатационные показатели опор шарошечных долот показало, что сталь 14ХНЗМА-Ш обеспечивает наилучшую отработку. Сталь 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В имеют приблизительно одинаковые эксплуатационные показатели, однако сталь 19ХГНМА-Ш обеспечивает более высокую стабильность наработки.*

*The quality of the cone-hardened layer structure, that is the distribution evenness of cementite below the third mark and also the hardness optimum gradient in the direction from the surface towards the working surfaces cone, allows to predict bearings operation indices in the factory conditions. The study of influence of 14ХНЗМА-Ш, 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В steels physico-mechanical properties on the cone rock bits bearings operation indices showed that 14ХНЗМА-Ш steel was the most effective. Operation indices of 19ХГНМА-Ш and 19ХГНМА-В steels are approximately identical. But 19ХГНМА-Ш steel in comparison with 19ХГНМА-В one provides higher stability of work.*

Працездатність опор бурових доліт визначається не тільки конструкцією, але і матеріалами деталей, технологією їх виготовлення та зміцнюючою обробкою. Аналізуючи відпрацювання шарошkových доліт, автори [1] виявили тенденцію до підвищення проходки на долото і його довговічність при зменшенні механічної швидкості буріння. Що стосується доліт, виготовлених компаніями “Сміт”, “Рід”, “Сек’юріті” та ін., то їхня якість забезпечує на порядок вищу стійкість порівняно з долотами, виготовленими в Україні та в СНД. Тому аналіз втрати працездатності шарошkových доліт є важливим елементом науково-дослідних пошуків критеріїв підвищення їх довговічності. Невід’ємним елементом цих досліджень є вивчення впливу фізико-механічних характеристик матеріалів елементів опори на її працездатність.

В цьому напрямку здійснено значний поступ [2-11]. Аналіз цих досягнень свідчить, що

у розв’язанні даної проблеми сформувалися декілька напрямків. Серед них можна виділити: підбір раціонального матеріалу деталей [2, 3, 9, 10], оптимізація технологічного процесу зміцнюючої обробки деталей [5, 6, 7, 11], вдосконалення технології виготовлення долотних сталей [4, 8, 11]. Проте вимоги, які ставляться до фізико-механічних, експлуатаційних властивостей матеріалів елементів опори, є суперечливими, а в деяких випадках – взаємовиключними. Відповідно в роботах наявні суперечності стосовно того чи іншого критерію у виборі фізико-механічних властивостей долотних сталей. Це вимагає виявлення та докладного і всебічного вивчення чинників (в першу чергу, фізико-механічних), які впливають на експлуатаційні показники бурових шарошkových доліт.

Аналіз отриманих в [12] епюр навантаження тіл кочення опори дає можливість стверджувати, що в міру зношування опори зростає на-

вантаження на один елемент кочення. Контактні навантаження, що діють на елементи опори шарошкостого долота, як правило, значно вищі за допустимі (2,5–6,0 ГПа). Такі контактні навантаження і проковзування спричиняють пластичну деформацію поверхневих шарів. Пластична деформація, будучи незворотною, призводить до значного наклепу, що, у свою чергу, призводить до тріщиноутворення та відшарування цементованого шару. Крім цього, температурні спалахи в тонких поверхневих шарах (0,01–0,2 мм) контактуючих елементів опори можуть досягати температури плавлення сталі [13]. У зв'язку з цим створюються вкрай важкі умови роботи елементів опори, і через недостатню міцність опора швидко втрачає працездатність.

Автори [10] на основі комплексних досліджень різних класів сталей прийшли до висновку, що працездатність бурових доліт залежить від температурної стійкості структури матеріалів. Було висунуто рекомендації щодо використання в якості матеріалу для доліт комплексно-легованих сталей, зокрема сталі Д7ХФНШ і 110Г13Л та їх модифікації. Висувались також пропозиції використовувати комплексно-леговані сталі 20ХГСВТ та 20ХГСНТ для виготовлення опор доліт [14]. Однак практичного застосування згадані рекомендації не знайшли.

Виходячи з позицій критерію в'язкості руйнування в [3] обґрунтовано використання для виготовлення доліт сталі 20ХГМ-Ш. Однак практика свідчить, що ця сталь порівняно з хромонікельмолібденовими сталями більш чутлива до знеуглечення, що утруднює її широке використання в долотобудуванні.

Встановлено [11], що одним із важливих показників, які слід брати до уваги під час прогнозування надійності опор, є контактна витривалість. Тому перспективним автори бачать використання комплексно-легованих сталей, що забезпечують високу стабільність фізико-механічних властивостей під дією робочих температур.

Низкою вчених [4, 8, 11] здійснено дослідження в напрямку вдосконалення технології виплавки долотної сталі. Встановлено вищі експлуатаційні показники доліт, виготовлених зі сталі електрошлакового переплаву (ЕШП) порівняно з вакуумно-дуговим (ВДП). Однак сьогодні широкого застосування в долотобудуванні набули сталі, що виготовляються за технологією ВДП.

Провідні західні фірми – виробники доліт дотримуються традиції щодо виготовлення лап зі сталі типу 20ХГНМА, яка забезпечує низьку схильність деталей до деформації, викривлення [15, 16]. Це дає змогу проводити їх шліфування перед термообробкою. Після термообробки проводиться електрополірування з зняттям поверхневого шару до 0,4 мм, що дає змогу суттєво підвищити працездатність опор.

Згідно з сучасними типовими СТП, складеними на основі діючих стандартів та рекомендацій колишнього ВНДІБТ, при виробництві доліт слід орієнтуватися на показники границі

плинності, відносного звуження і ударної в'язкості. Однак практика свідчить, що цих показників недостатньо для прогнозування довговічності доліт.

Відомо, що вирішення проблеми застосування високоміцних сталей для виробництва опор бурових доліт має комплексний характер. Воно включає аналіз конструктивної міцності та зношуваності. Тому важливим є встановлення характеру взаємодії структури, фізико-механічних властивостей і експлуатаційних показників. Виходячи з аналізу випробувань на удар, кочення і ковзання, в [2] запропоновано коефіцієнт  $W$ , який залежить від критеріїв: твердості (HRC), границі витривалості ( $\sigma_B$ ), відносного звуження ( $\psi$ ). Виходячи з основних позицій механіки руйнування зміцнених сталей встановлено зв'язок між температурою відпуску і роботою руйнування, що дає можливість досить надійно прогнозувати експлуатаційні показники долотних сталей. На основі здійснених досліджень в цьому напрямку в [17] зроблено важливий висновок про механізм руйнування сталей 14ХНЗМА, 16ХНЗМА, цементованих за температури 1220 К і 1320 К. Зокрема, при навантаженнях на зразки було виявлено тріщини, які беруть початок в перехідній зоні. Це можна пояснити значним зростанням внутрішніх напружень та деформацій, спричинених впливом підвищених температур. Отже, в даному випадку руйнування буде мати крихкий характер, тому оптимальним бачиться зменшення температур цементації та жорсткий контроль ендотермічного середовища, підвищення прогартованості сталі, зменшення схильності до деформації.

У більшості випадків зменшення пластичності сталі, що характеризується відносним видовженням під час розриву, призводить до зменшення відношення відкільної міцності до границі міцності [18]. При цьому зародження тріщин залежить від вмісту сульфідних включень в фериті та структурних неоднорідностей.

Необхідно зауважити, що в умовах виробництва потрібні показники, які дають можливість на стадії вхідного контролю та експрес-аналізу визначати придатність тої чи іншої плавки сталі. Сьогодні на долотні заводи постачаються сталі, виготовлені згідно з технічними умовами, і їх фізико-механічні властивості можуть змінюватись в широких межах. Згідно з останніми дослідженнями [19] гранична деформація, наприклад, для сталі 14ХНЗМА-Ш, може змінюватись на 38%. Згідно з нашим аналізом статистичних даних вхідного контролю плавок сталей за показниками діючого типового СТП ВАТ “Дрогобицький долотний завод” за період останнього кварталу 2007 р. було зафіксовано невідповідність для сталі 14ХНЗМА-Ш – 27%, для сталі 19ХГНМА-Ш – 40%, 19ХГНМА-В – 74%. Тому пошук практичних критеріїв для прогнозування експлуатаційних показників долотних сталей має важливе господарське значення.

Аналіз довговічності бурових доліт [7, 9] виявив зв'язок між глибиною цементованого

шару опори і характером руйнування буртів бігових доріжок цапфи. Зокрема встановлено [5], що підвищення глибини цементованого шару сприяє розвитку в опорі віспоподібного зношування і викришування проміжних буртів цапфи. Сучасна технологія виготовлення опор дає змогу ізолювати бурти від цементациї спеціальними покриттями, але типовим є сколювання, змінання, деформація цих елементів опори.

Виявлене авторами [6] сколювання та неоднорідне зношування буртів лап було пояснене нестабільністю термічної обробки. Під час виготовлення сучасних доліт використовують газову цементацию з жорстким контролем процесу, проте часто доводиться спостерігати подібний характер руйнування.

Виходячи з наведених суперечностей та виявлених прогалин у вирішенні окресленої проблеми, було поставлено завдання встановити зв'язок між фізико-механічними властивостями, структурою матеріалів опор та їх працездатністю.

Гіпотезою дослідження є твердження про те, що вивчення основних причин втрати працездатності опор доліт дасть можливість виробити критерії функціонально-орієнтованого підходу, за якими можна буде підходити до вибору сталей та їх зміцнення, оптимізації технологічного процесу виготовлення опори з метою підвищення працездатності бурового долота.

Проводили дослідження лап з долотних сталей 14ХНЗМА-Ш, 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В. Хіміко-термічна обробка шарошок здійснювалася згідно з серійною типовою технологією на ВАТ „Дрогобицький долотний завод”.

Концентрацію вуглецю в шарах цементованих зразків визначали згідно стандартної методики за допомогою аналізатора АН-7529. За глибину цементованого шару приймали заевтектійну, евтектійну і половину перехідної зони „цементований шар – серцевина”.

Для необхідної достовірності очікуваних результатів було піддано аналізу зразки кожної сталі, що досліджується за трьома плавками, які показали статистично підпорядковані дані. У свою чергу, кожна плавка аналізувалась за результатами хіміко-термічної обробки 5 партій (садок) доліт із зразками-свідками в заводських умовах. Цементацию в ендотермічному середовищі проводили в печі Irsen – Carb-o-Prof – Ш, що забезпечувало б комп'ютеризований контроль і керування технологічним процесом. Фізико-механічні властивості досліджуваних сталей визначали на зразках-свідках згідно стандартних методик.

Твердість вимірювали за стандартною методикою на темплетях із досліджуваних опор за допомогою ПМТ-3.

Мікроструктурні дослідження проводили згідно стандартної методики [20] за допомогою мікроскопа ММ-2Р із використанням цифрової камери КЦ-13. Виявлення мікроструктури здійснювалось травленням поверхні шліфа в 4% спиртовому розчині азотної кислоти.

Випробовування доліт проводили на стенді випробовування доліт (СВД) ВАТ „Дрогобицький долотний завод”. Механізм обертання долота в контакт з металевим вибоєм здійснювали за частоти обертання долота 100 об/хв, осьового навантаження на долото 170-180 кН, крутного моменту 1764 Н·м.

Аналіз відпрацювання доліт 244,5 ОК-ПГВ-Д26, лапи яких виготовлені з сталі 19ХГНМА-В порід категорії міцності  $f = 18 \div 20$ , поряд з нормальним відпрацюванням доліт з лапами зі сталі 14ХГНЗМА-Ш виявив заклинювання шарошок за працездатного озброєння (рис. 1, а – в).



а – проходка 40 м; б – проходка 51 м; в – проходка 82 м; г – завальцювання роликів, які набули бочкоподібної форми

Рисунок 1 – Елементи відпрацьованих доліт 244,5 ОК-ПГВ D26 (лапа – 19ХГНМА-В)

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості досліджуваних сталей

Фізико-механічні показники	14ХНЗМА-Ш	19ХГНМА-Ш	19ХГНМА-В
Границя витривалості $\sigma_B$ , МПа	1380	1120	1010
Границя плинності $\sigma_{0,2}$ , МПа	1130	860	730
Відносне звуження $\psi$ , %	62	56	54
Відносне видовження $\delta$ , %	13	12	14
Ударна в'язкість КСУ, Дж/м <sup>2</sup>	14	10	20

Практика відпрацювання доліт вказує на те, що зношування цапфи в осьовому напрямку є більшим за зношування в радіальному напрямку, що призводить до руйнування бурта [21], який володіє недостатньою міцністю.

Зношування роликів по торцю розвивається досить інтенсивно, прискорюючись пластичною деформацією [22], що призводить до заокруглення основ роликів. У випадку зниженої твердості роликів набувають бочкоподібної форми (рис. 1, з), збільшуючись по довжині, що сприяє їх завальцюванню буртом, який деформується. Зношеність по торцю ролика може складати 2-2,5 мм, що, в свою чергу, суттєво знижує довговічність роликів рядів опори.

Отже, було виявлено підвищену контактну стійкість робочих поверхонь малої, кулькової і великої бігових доріжок комплектів зі сталі 14ХНЗМА-Ш порівняно з комплектами інших сталей. Проте спостерігали утворення тріщин та незначних сколів буртів на лапах з цієї сталі, що може пояснюватися високими значеннями їх твердості. Лапи зі сталей 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В показали найнижчу контактну витривалість. Було також помічено більшу схильність цих лап до втомного руйнування буртів, що спричинювало завальцювання роликів. Найбільш значна пластична деформація та злами буртів були отримані на лапах зі сталі 19ХГНМА-В.

З метою встановлення причин відмов опор з сталей 19ХГНМА-Ш і 19ХГНМА-В були розрізані по три долота зі співмірних проходок.

У всіх випадках зношування по діаметру долота становило приблизно 14 мм. Також зафіксовано у всіх долотах просідання і зношування п'яти.

Долота, що пройшли 40 м мали такі параметри зношеності в навантаженій зоні: великої бігової доріжки (ВБД) – від 0,3 мм до 2 мм, кулькової бігової доріжки (КБД) – від 0,5 мм до 0,6 мм, малої бігової доріжки (МБД) – від 1,5 мм до 3 мм. Бурт МБД – деформований, ролик – завальцюваний. Всі бурти спрацьовані з утворенням задирок. Зношування бурта між КБД і МБД по діаметру склав 0,7-1,8 мм, по торцю – до 2 мм. На ВБД зацмлено 2 роликів.

Долота, що пройшли 51 м, мали такі параметри зношеності в навантаженій зоні: ВБД – від 1 мм до 3,3 мм, КБД – від 0,1 мм до 1,9 мм, МБД – від 0,5 мм до 1,7 мм. Бурт МБД – зношений до 1 мм, деформований. Бурт між КБД і МБД – деформований, зношений по діаметру до 1 мм, по торцю – до 2 мм. Виявлено злами

бурта ВБД від 28 мм до 2/5 діаметра. На буртах наявні вибоїни.

Долота, що пройшли 82 м, засвідчили зношування в навантаженій зоні: ВБД – від 0,5 мм до 1,2 мм, КБД – від 0,3 мм до 1,8 мм, МБД – від 0,5 мм і більше (значне шпарування металу не дало змоги встановити точну межу зношування). Упорний торець цапфи стертий, деформований на 1/3 діаметра, що спричинило завальцювання роликів. Бурт між КБД і МБД деформований в бік КБД; сліди вм'ятин з боку КБД свідчать про затискання кульок замкового ряду, а бурт має значні ділянки зламів. На ВБД завальцювано роликів, причому виявлено заклинювання двох фрагментів ролика всього з яких була орієнтована перпендикулярно до осі цапфи.

З метою встановлення найімовірніших причин наведених вище фактів втрати працездатності опор було проведено комплекс лабораторних і стендових випробовувань і досліджень.

Встановлені фізико-механічні властивості досліджуваних сталей (табл. 1)

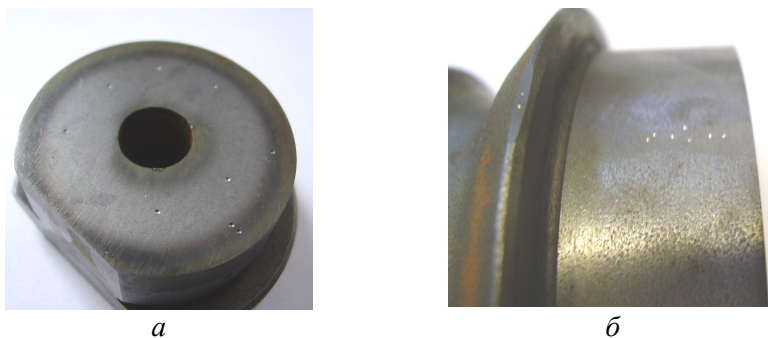
Видно, що по границі витривалості, границі плинності, відносному видовженню найкращі показники в сталі 14ХНЗМА-Ш. Найнижча ударна в'язкість виявлена в сталі 19ХГНМА-Ш, найвища ударна в'язкість – в сталі 19ХГНМА-В. Згідно з викладками [10] можна попередньо стверджувати, що сталь 14ХНЗМА-Ш володіє вищою зносостійкістю серед досліджуваних сталей. Крім цього, очікується найнижча зносостійкість в сталі 19ХГНМА-В та її схильність до деформування.

Заміри твердості на спеціально підготовлених темплетях (рис. 2) засвідчили градієнт зміни твердості від поверхні в серцевину для досліджуваних сталей (рис. 3).

Середнє значення середнього квадратичного відхилення твердості (рис. 3) становить відповідно: для сталі 14ХНЗМА-Ш – 0,911, для сталі 19ХГНМА-Ш – 0,546; для сталі 19ХГНМА-В – 1,349. Як видно, найвищою стабільністю володіє сталь 14ХНЗМА-Ш.

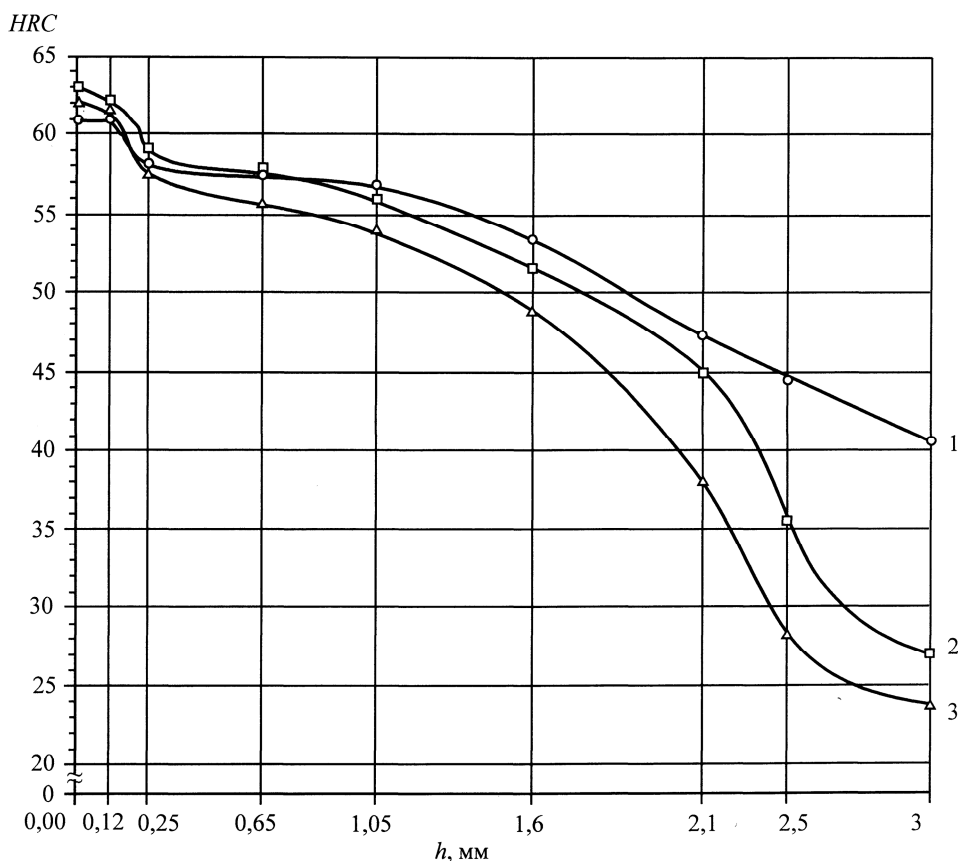
Результати аналізу твердості відповідальних (контрольних) ділянок досліджуваних лап наведено в табл. 2.

Видно, що за нижчих значень поверхневої твердості бігових доріжок сталь 14ХНЗМА-Ш забезпечує вищі значення твердості серцевини. Враховуючи, що твердість серцевини цементованих деталей, які працюють під дією контактних навантажень, повинна складати 30-42 HRC [23], можна вважати, що тільки сталь 14ХНЗМА-Ш



*а* – темплет для аналізу фізико-механічних властивостей по глибині бігової доріжки і бурта,  
*б* – темплет для аналізу фізико-механічних властивостей поверхневих шарів доріжки і бурта

**Рисунок 2 – Темплети з лопи долота**



1 – 14ХНЗМА-Ш; 2 – 19ХГНМА-Ш; 3 – 19ХГНМА-В

**Рисунок 3 – Розподіл середніх значень твердості по глибині цементованого шару (до 2,1 мм) і в серцевині (3 мм)**

**Таблиця 2 – Твердість відповідальних ділянок на темплетях досліджуваних лоп**

Ділянка	Елемент опори	Сталь		
		14ХНЗМА-Ш	19ХГНМА-Ш	19ХГНМА-В
Поверхня	Мала бігова доріжка	61	63	63
	Велика бігова доріжка	61	62	62
Серцевина	Мала бігова доріжка	41	29	24
	Велика бігова доріжка	40	27	22
Поверхня	II бурт	53	50	47
	III бурт	55	54	49
Серцевина	II бурт	47	44	38
	III бурт	48	44	40

може забезпечити необхідні експлуатаційні показники. Однак аналіз твердості буртів лап з цієї сталі підтверджує високу їх схильність до крихкого руйнування. Очевидно цей факт пов'язаний з вищою прогартовуваністю цієї сталі (рис. 4).

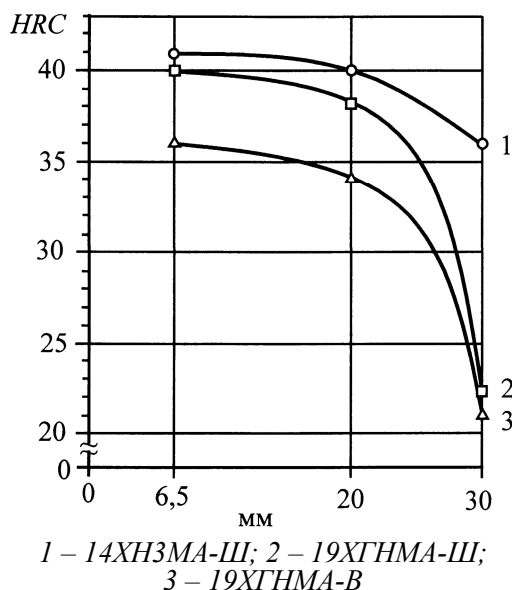


Рисунок 4 – Прогартовування досліджуваних сталей

З метою встановлення можливості штучного зниження твердості цементованих поверхонь в результаті їх нагрівання в процесі експлуатації долота в умовах зростання крутного моменту аж до заклинювання шарошки, було проведено такі дослідження. Були вирізані темплетти в зоні ВБД і піддані відпуску за температури 573 К протягом 1 год. Спостерігали зниження твердості для сталі 14ХНЗМА-Ш до 59HRC, інших сталей – до 58-58,5 HRC. Це свідчить про співмірну стійкість до робочих температур.

Відомо, що зносостійкість цементованих сталей повністю визначається властивостями і розмірами насиченого вуглецем шару. У міру його спрацювання інтенсивність зношування суттєво зростає. Необхідно зауважити, що границя циклічно крихкого та в'язкого станів суттєво залежить від вмісту вуглецю в сталі та характеру легування [24]. Тому достатньо високий відпуск або помірний вміст вуглецю в сталі, орієнтація волокон, величина зерна та ін. може призвести до усунення області циклічно крихких станів.

Вуглець по-різному впливає на контактну витривалість цементованого шару. Максимуму контактна витривалість досягає поблизу евтектоїдного вмісту вуглецю [25] (у шарі з концентрацією вуглецю 0,55...1,1% глибиною 1,8 мм евтектоїдний вміст вуглецю складає 0,62%). Проте помічено, що при цьому досить сильно деформуються бігова доріжка і прилягаючі до неї шари сталі. Через такі порушення геометрії поверхні практично не можна скористатися високим опором утворенню піттингів для збіль-

шення працездатності деталей за значних контактних напружень. Відмінність вмісту вуглецю навколо поверхні і в об'ємі цементованої сталі створює стискаючі напруження, що збільшуються із зростанням концентрації вуглецю в цементованому шарі. В шарі з концентрацією понад 0,9% С карбіди починають розташовуватись по границях колишніх аустенітних зерен, поступово їх оконтурюючи. Це призводить до зниження контактної витривалості цементованого шару концентрацією С 1%.

Проведений аналіз розподілу концентрації вуглецю по глибині цементованого шару (рис. 5) виявив вищу схильність до знеугличення сталі 19ХГНМА-В та кращий розподіл концентрації вуглецю у цементованому шарі сталі 14ХНЗМА-Ш.

Середнє значення середнього квадратичного відхилення концентрації вуглецю (рис. 5): для сталі 14ХНЗМА-Ш становить 0,024, для сталі 19ХГНМА-Ш – 0,054; для сталі 19ХГНМА-В – 0,062. Найвищу стабільність розподілу вуглецю по глибині показала сталь 14ХНЗМА-Ш.

Аналіз мікроструктури досліджуваних темплетів (рис. 6, 7) засвідчив, що структура сталей відповідає вимогам, які ставляться до сталей, підданих цементуванню [23], та працюють у важких умовах контактної навантаження.

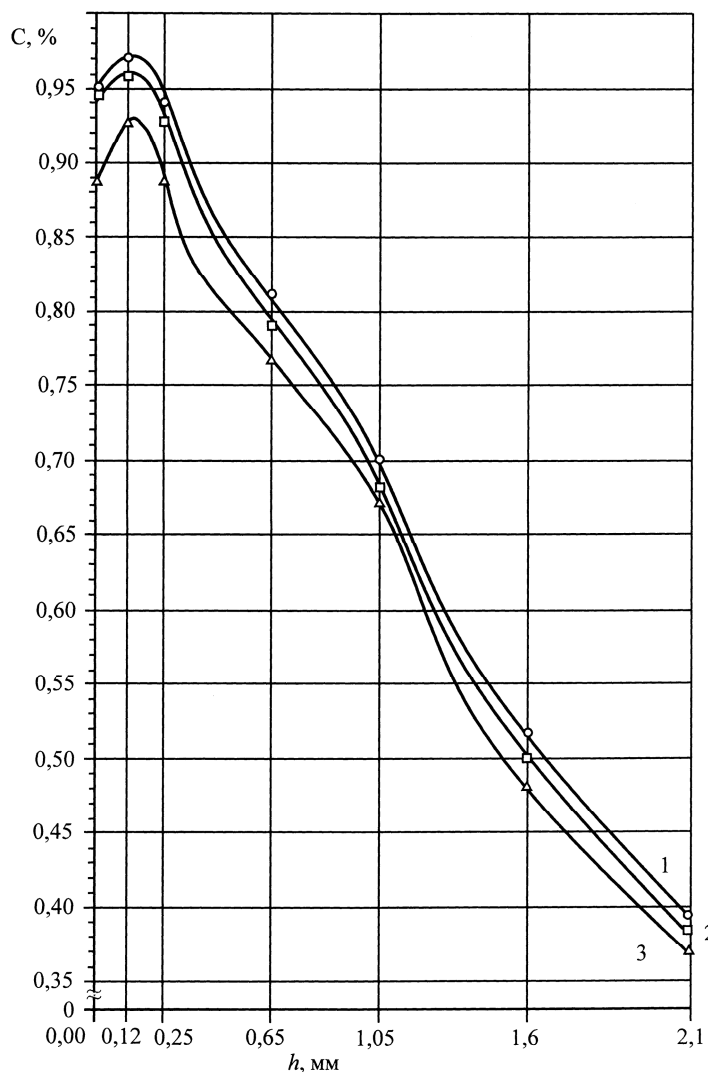
Цементований шар на сталі 14ХНЗМА (рис. 6) має структуру середньоголкового мартенситу – 1 бал + перліт та глобулярні карбідні включення – 1 бал, залишковий аустеніт – 1-2 бали. Перехідна зона має структуру тростосорбіту. Серцевина має структуру сорбітоподібного перліту.

Цементований шар на сталі 19ХГНМА-Ш (рис. 7) має структуру середньоголкового мартенситу – 1-2 бали + залишковий аустеніт – 2-3 бали, глобулярні карбідні включення – 2-3 бали, окремі карбіди – 4 бали. Перехідна зона має структуру тростосорбіту, а серцевина – сорбітоподібного перліту.

Цементований шар на сталі 19ХГНМА-В має структуру, подібну до сталі 19ХГНМА-Ш. Відмінністю є лише те, що глобулярні карбідні включення мають 2, 3, 4 бали, а залишковий аустеніт, як правило, може досягати 4 бали.

Проведений аналіз засвідчує, що сталь 19ХГНМА-Ш володіє вищою поверхневою твердістю за рахунок карбідних включень практично однакової величини і їх рівномірного розподілу. Сталь 19ХГНМА-В володіє вищою пластичністю за рахунок вищої концентрації залишкового аустеніту. Високі значення вмісту карбідів неоднорідної величини з порівняно неоднорідним розподілом спричиняють до виявленої найменшої стабільності фізико-механічних властивостей.

З метою виявлення впливу фізико-механічних властивостей сталей 19ХГНМА-Ш і 19ХГНМА-В на експлуатаційні властивості опор доліт було проведено стендові дослідження. Було відпрацьовано по дві пари комплектів (1, 2 – перша пара комплектів, 3, 4 – друга пара) з шарошками без твердосплавних вставок (табл. 3). Комплекти попередньо припрацьову-



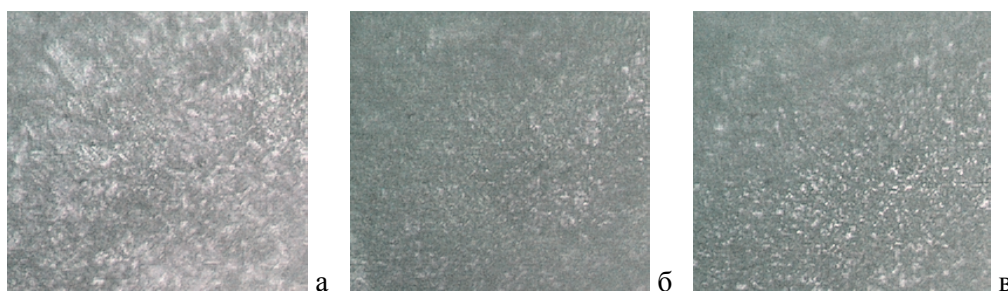
1 – 14ХН3МА-Ш; 2 – 19ХГНМА-Ш; 3 – 19ХГНМА-В

Рисунок 5 – Розподіл середніх значень концентрації вуглецю по глибині цементованого шару



а – серцевина; б – перехідна зона; в – цементований шар

Рисунок 6 – Мікроструктура темплету лапи, виготовленої зі сталі 14ХН3МА (×500)



а – серцевина; б – перехідна зона; в – цементований шар

Рисунок – 7 Мікроструктури темплету лапи, виготовленої зі сталі 19ХГНМА

Таблиця 3 – Результати дослідження працездатності опор доліт

год	Стан робочих поверхонь опор комплектів			
	1 (сталь 19ХГНМА-Ш)	2 (сталь 19ХГНМА-В)	3 (сталь 19ХГНМА-Ш)	4 (сталь 19ХГНМА-В)
10	На КБД пітінги, на ВБД пітінги і втомні руйнування 3×2, 2×3, 7×3 мм. Сколювання бурта між ВБД і КБД довжиною 24 мм. Зношування по парі „п’ята – підп’ятник” – 0,08 мм. Зношування по парі „упорний бурт лапи – шарошка” – 0,07 мм	На ВБД пітінги і втомні руйнування 4×2, 9×5 мм. Зношування по парі „п’ята – підп’ятник” – 0,01 мм. Зношування по парі „упорний бурт лапи – шарошка” – 0,06 мм	На МБД пітінги площею 1/3 діаметра, на КБД одинокі пітінги на площі 1/4 діаметра. Зношування по парі „п’ята – підп’ятник” – 0,04 мм. Зношування по парі „упорний бурт лапи – шарошка” – 0,2 мм.	На КБД пітінги площею 1/3 діаметра. Зношування по парі „п’ята – підп’ятник” – 0,04 мм. Зношування по парі „упорний бурт лапи – шарошка” – 0,24 мм.
20	На МБД пітінги площею 1/4 діаметра. КБД – без змін, на ВБД пітінги і втомні руйнування 41×8 мм. Між ВБД і КБД сколювання бурта довжиною 24 і 23 мм. Зношування по парі „п’ята – підп’ятник” – 0,09 мм. Зношування по парі „упорний бурт лапи – шарошка” – 0,49 мм	На МБД і ВБД пітінги площею 1/4 діаметра, на КБД – на площі 1/2 діаметра. Сколювання бурта між ВБД і КБД довжиною 38 мм. Зношування по парі „п’ята – підп’ятник” – 0,04 мм. Зношування по парі „упорний бурт лапи – шарошка” – 0,42 мм	МБД, КБД без змін, Сколювання бурта між ВБД і КБД довжиною 22 мм. Зношування по парі „п’ята – підп’ятник” – 0,05 мм. Зношування по парі „упорний бурт лапи – шарошка” – 0,43 мм.	На КБД пітінги і втомні руйнування площею 1/2 діаметра. Сколювання бурта між ВБД і КБД довжиною 14 і 9 мм. Зношування по парі „п’ята – підп’ятник” – 0,06 мм. Зношування по парі „упорний бурт лапи – шарошка” – 0,46 мм.
30	–	–	На МБД пітінги площею 1/2 діаметра, на КБД втомні руйнування ділянки 28×8 мм, на ВБД пітінги площею 1/4 діаметра. Сколювання бурта між ВБД і КБД довжиною 20-35 мм. Зношування по парі „п’ята – підп’ятник” – 0,11 мм. Зношування по парі „упорний бурт лапи – шарошка” – 0,56 мм.	КБД без змін, на ВБД пітінги і втомні глибокі руйнування площею 1/3 діаметра. Сколювання бурта між ВБД і КБД довжиною 33 мм. Зношування по парі „п’ята – підп’ятник” – 0,11 мм. Зношування по парі „упорний бурт лапи – шарошка” – 0,56 мм.

вали протягом 1 год. за навантаження 30 кН. Розбирання комплектів для аналізу стану елементів опори проводили кожних 10 год. роботи, або у випадку втрати працездатності одного з комплектів (сильний нагрів або заклинювання шарошки).

Результати проведених досліджень наведено в табл. 3. Для порівняння стан робочих поверхонь лап, виготовлених з досліджуваних сталей, зображено на рис. 8. У всіх випадках були зафіксовано руйнування в навантаженій зоні опори, решта робочих поверхонь була дзеркальною, полірованою.

Аналіз отриманих результатів засвідчив, що у випадку підвищення твердості цементованого шару та недостатньої міцності буртів спостерігаються сколи буртів між ВБД і КБД в основному після 10 год роботи комплектів. Якість



а – комплект зі сталі 19ХГНМА-Ш;  
б – комплект зі сталі 19ХГНМА-В;

Рисунок – 8 Стан лап досліджуваних комплектів після відпрацювання 20 год.



відпрацьованих поверхонь МБД і КБД для усіх комплектів є співмірною. Однак якість поверхні ВБД лап зі сталі 19ХГНМА-Ш кратно відрізняється від якості лап зі сталі 19ХГНМА-В. На останніх зафіксовано ділянки глибших втомних руйнувань і відшарування матеріалу. МБД на лапах з сталі 19ХГНМА-Ш також характеризується меншими контактними руйнуваннями.

Виходячи з наведеного вище аналізу фізико-механічних властивостей відповідальних ділянок лап і беручи до уваги, що комплекти засвідчили майже однакові експлуатаційні показники, можна зробити такий висновок. Якість структури цементованого шару (а саме – рівномірність розподілу цементиту) не вища 3 балів, також оптимальний градієнт твердості в напрямку від поверхні до серцевини робочих поверхонь дає можливість на достатньому рівні в заводських умовах прогнозувати експлуатаційні показники опор.

Вивчення впливу фізико-механічних характеристик сталей 14ХНЗМА-Ш, 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В на експлуатаційні показники опор шарошkových доліт свідчить, що сталь 14ХНЗМА-Ш забезпечує найкраще відпрацювання. Сталі 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В мають приблизно однакові експлуатаційні показники. Проте сталь 19ХГНМА-Ш порівняно зі сталлю 19ХГНМА-В забезпечує вищу стабільність напрацювання.

Надалі актуальним питанням є дослідження процесу навантаження контактних поверхонь опор шарошkových доліт.

### Література

- 1 Рибчич І.Й., Мислюк М.А., Василюк Ю.М. Аналіз показників відробки тришарошkových доліт // Нафтова і газова промисловість. – 1999. – № 3. – С. 18-22.
- 2 Крижанівський Є.І., Петрина Ю.Д., Павленко Т.В., Петрина Д.Ю., Шкіца Л.Є., Івасів В.М. Застосування високоміцних сталей як конструкційного матеріалу деталей бурових доліт // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Нафтогазпромислове обладнання. – 1996. – Вип. 33. – С.30-44.
- 3 Петрина Ю.Д. Розробка науково-прикладних основ підвищення довговічності бурових доліт шляхом раціонального використання матеріалів: Автореф. дис... докт. техн. наук: 05.15.07 / Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу. – Івано-Франківськ, 1996. – 46 с.
- 4 Жидовцев Н.А. Исследование изнашивания и работоспособности опор буровых шарошковых долот: Автореф. дис... докт. техн. наук: 162 / Московский Орден Трудового Красного Знамени институт нефтехимической и газовой промышленности им. И.М.Губкина. – М., 1971. – 29 с.
- 5 Брагин А.Ф. Исследование изношенности поверхности трения опоры шарошковых долот: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.04. / Московский Орден Трудового Красного Знамени институт нефтехимической и газовой промышленности им. И.М.Губкина – М., 1973. – 17 с.
- 6 Пути повышения эффективности работы шарошковых долот при бурении нефтяных и газовых скважин / И.Д.Шахов, А.А.Логвинов, М.Г.Абрамсон, В.И.Позняков и др. // Нефтепромысловое машиностроение. Сер. ХМ-3: Обзорн. инф. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1974. – 83 с.
- 7 Абрамсон М.Г., Логвинов А.А., Позняков В.И. Повышение эффективности и качества шарошковых долот // Нефтепромысловое машиностроение. Сер. ХМ-3: Обзорн. инф. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1977. – 68 с.
- 8 Стойкость буровых долот / Н.А.Жидовцев, К.А.Кацов, Г.В.Карпенко, Р.А.Хруник, С.И.Кантор. – К.: Наукова думка, 1979. – 242 с.
- 9 Долговечность буровых долот / В.Н.Виноградов, Г.М.Сорокин, А.Н.Пашков, В.М.Рубах. – М.: Недра, 1977. – 256 с.
- 10 Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Доценко В.А. Абразивное изнашивание бурильного инструмента. – М.: Недра, 1980. – 207 с.
- 11 Долговечность шарошковых долот. / Н.А.Жидовцев, В.Я.Кершенбаум, Э.С.Гинзбург, И.К.Бикбулатов, Е.Н.Бородин – М.: Недра, 1992. – 272 с.
- 12 Дрогомирецький Я.М., Боднарчук В.А. Оцінка навантаженості підшипників кочення опори долота // Нафтова і газова промисловість. – 1999. – № 1. – С. 16-17.
- 13 О температурных вспышках и их влиянии на изнашивание опоры шарошковых долот / М.Р.Мавлютов, А.И.Попенов, Л.А.Алексеев, Р.Ш.Уразаев, Н.М.Ризванов // Нефть и газ. – 1980. – № 8. – С. 19-23.
- 14 О возможности применения комплексно-легированных сталей 20ХГСВТ и 20ХГСНТ для буровых долот / К.Б.Кацов, М.П.Браун, Б.Б.Винокур и др. // Технология, экономика и организация производства химического и нефтяного машиностроения: Научно-технический реферативный сборник ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ. – 1975. – №2. – С.22-23.
- 15 Dill H.C. Cfrburizing components for rock-bits in a continuous furnace. // Metal Progr. – 1972. – №3 (102). – p.84-85.
- 16 Международная инженерная энциклопедия. Серия: Нефтегазовая техника и технология (Международный транслятор-справочник) Буровой породоразрушающий инструмент. – Т.1: Шарошковые долота / Под науч. ред. Кершенбаума В.Я., Торгашова А.В., Мессера А.Г. – М.: Нефть и газ, 2003. – 257 с.
- 17 Петрина Ю.Д., Корнута О.В., Лукань Т.В. Критерії застосовності конструкційних сталей для виготовлення бурових доліт // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – № 2 (15). – 2005. – С.54-58.
- 18 О влиянии термообработки на прочность и разрушение сталей 30ХГСА и 20ХН3НА при ударно-волновом нагружении / В.К.Голубьев, С.А.Новиков, Ю.С.Соболев, Н.А.Юкина // Проблемы прочности. – 1987. – № 1. – С. 89-92.
- 19 Морозов Л.В. Повышение долговечности буровых долот на основе компьютерного

анализа элементов конструкций и их сборки: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.08 / Самарский гос. техн. университет. – Самара, 2003. – 23 с.

20 Структурний аналіз металів. Металографія. Фрактографія. / О.М.Бялік, С.Є.Кондратюк, М.В.Кіндрачук, В.С.Черненко. – К.: ВПІ ВПК „Політехніка”, 2006. – 328 с.

21 Яким Р.С. Вплив експлуатаційних параметрів навантаження в замковому підшипнику тришарашкового бурового долота на його довговічність // Науковий вісник Національного технічного університету нафти і газу. – №1 (15). – 2007. – С.67-72.

22 Яким Р.С. Вплив експлуатаційних параметрів навантаження в роликівому підшипнику тришарашкового бурового долота на його роботу // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – № 1 (22). – 2007. – С.38-43.

23 Контроль качества термической обработки стальных полуфабрикатов и деталей: Справочник / Под общ. ред. В.Д.Кальнера. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.

24 Петрина Ю.Д. Влияние эксплуатационных и структурных факторов на хладноломкость и вязкость разрушения конструкционных сталей: Автореф. дис... канд. техн. наук: 01.02.03 / Львовский Ордена Ленина Политехнический институт. – Львов, 1975. – 24 с.

25 Влияние углерода на контактную выносливость цементируемой и высокоуглеродистой сталей / Б.Б.Винокур, Р.А.Кондратюк, Р.А.Хруник, К.Б.Кацов, И.В.Кокотайло // Физико-химическая механика материалов. – 1986. – № 2. – С. 96-98.

## XV Міжнародна науково-технічна конференція

# МАШИНО- БУДУВАННЯ І ТЕХНОСФЕРА XXI СТОРІЧЧЯ

*м. Севастополь  
(15–20 вересня 2008 р.)*

### Оргкомітет конференції

*ДонНТУ,  
кафедра технології машинобудування  
83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58*

*tm@mech.dgtu.donetsk.ua,  
mntk21@mail.ru*

*http://donntu.edu.ua/russian/konf/  
mashinebuild/index/htm*

*тел./факс (062) 3050104, 3010805  
моб. 8 050 6202396*

## Тематика конференції:

- ☑ Практика і перспективи створення і застосування прогресивних і нетрадиційних технологій. Інтегровані технології. Збирання в машинобудуванні, приладобудуванні. Абразивні та віброабразивні технології
- ☑ Механізація та автоматизація виробничих процесів. Прогресивне обладнання
- ☑ Комплексна автоматизація проектування, підготовки і керування виробництвом. Економічні проблеми техносфери
- ☑ Проблеми створення і застосування прогресивних інструментів та інструментальних матеріалів
- ☑ Керування якістю продукції і технічних систем. Проблеми інженерії поверхневого шару деталей
- ☑ Сучасні проблеми машинобудування і деталей машин
- ☑ Сучасні проблеми інженерії матеріалів, процесів та матеріалознавства і машинобудуванні. Зміцнюючі технології і покриття виробів машинобудуванні
- ☑ Питання моделювання і розрахунку технічних систем
- ☑ Спеціальна техніка і технологія техносфери. Екологічні проблеми техносфери
- ☑ Сучасні проблеми інженерної освіти
- ☑ Проблеми машинобудування харчової і переробної промисловості