

УДК 622.196.1:622.24.051

Р. Яким

Доцент, канд. техн. наук

Ю. Петрина

Професор, д-р техн. наук

Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЦАПФ ЛАП ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ

Встановлено, що криогенна обробка після хіміко-термічної обробки (цементациї) при покращенні мікроструктури, незначному підвищенні поверхневої твердості дозволяє істотно підвищити тріщиностійкість сталей 19ХГНМА-В і 21ХГНМА-В. Використання для виготовлення лап тришарошкових доліт сталі 21ХГНМА-В замість 19ХГНМА-В, а також криогенна обробка їхніх цапф перед складанням долота дозволяє очікувати підвищення довговічності опор приблизно на 15-23% за критерієм стійкості до контактного руйнування.

бурове долото, цапфа, цементация, криогенна обробка, тріщиностійкість

Аналіз виходу з ладу бурових тришарошкових доліт виявляє часті випадки їх недопрацювання, відтак не використовується весь потенціал долота при бурінні. Однією з причин цього є низька зносостійкість цапф лап, які працюють у важких умовах. Тому розв'язання задачі підвищення довговічності цапф лап бурових доліт має важливе практичне значення.

Одним зі способів розв'язання цієї задачі є комплексний підхід до вибору матеріалів і оптимізації їх зміцнювальних обробок [1 — 4]. Важливим аспектом цього підходу є розроблення і апробація критеріїв вибору сталей, що піддають хіміко-термічній обробці (цементациї), а також оптимізації викінчувальних обробок. Тому було поставлено завдання дослідити можливості застосування нової сталі та розробити рекомендації для підвищення довговічності цапф лап бурових доліт.

Застосування тих чи інших марок сталей для виготовлення доліт зумовлене особливостями важких умов експлуатації [2, 5]. Цапфа лапи долота, відносно якої обертається шарошка, піддається впливу статичного і динамічного навантажень. Великі контактні навантаження, особливо з навантаженої сторони, спричинюють втомне контактне руйнування і абразивне зношування елементів

опори. Тому сталь, що використовується для виготовлення лапи долота, повинна забезпечувати високу контактну витривалість та зносостійкість у поєднанні з потрібною міцністю і в'язкістю серцевини.

У долотобудуванні тривалий час використовували сталі 12ХН2, 17ХН2 чи 20ХН2, що піддавалися цементациї. При цьому на бігових доріжках можна було зафіксувати сліди брінелювання через низьку міцність і твердість серцевини. Тому, починаючи з 1960-х років, у виробництво було впроваджено сталі 17НЗМА (для малих типорозмірів доліт) і 20НЗМА (для великих типорозмірів доліт). Тоді ж були вперше встановлені норми на величину зерна, неметалеві включення і механічні властивості після термообробки згідно із заданим режимом, а також встановлена допустима смуга прогартовування сталі. Слід зауважити, що ці вимоги актуальні і сьогодні для визнання придатності тої чи іншої плавки сталі для долотобудування. Було також встановлено, що при глибині цементованого шару 1,1 — 1,2 мм чи при відношенні глибини цементованого шару на сталі 20ХН3А до радіусу зразка 0,18 — 0,26 опір ударно-втомному руйнуванню різко підвищується [6]. Також були висунуті вимоги до захисту буртів цапф лап від цементациї, що дозволило знизити

їхню твердість на 10-15 HRC і усунути проблему крихкого руйнування. Зауважимо, що були проведені численні випробування сталей 12Х2Н3МА і 14Х2Н3МА, які показали у порівнянні зі сталлю 20ХН3МА більші значення міцності, в'язкості при статичних і динамічних навантаженнях та контактної витривалості. Крім цього, зі збільшенням розмірів перерізу загартовування їх у мастилі властивості міцності деталей не змінюються на відміну від деталей з сталі 20ХН3МА, де спостерігали їх різке зниження. Однак у процесі впровадження у виробництво сталей 12Х2Н3МА і 14Х2Н3МА було виявлено, що через нестабільну якість вихідної сталі твердість серцевини навіть при сталому режимі хімікотермічної обробки (ХТО) отримується нижча від потрібної і з дуже значними відхиленнями. Наприклад, твердість серцевини малої роликової бігової доріжки становила 25 — 34 HRC замість 30 — 36 HRC. Для істотного підвищення довговічності деталей доліт були також спроби впровадити високоміцні комплексно леговані сталі [1]. Однак ці сталі є дорогими і не знайшли широкого застосування у в'їзному долодобудуванні.

У результаті комплексного аналізу залежностей між структурою, механічними властивостями та експлуатаційними показниками в [3] запропонована і апробована у виробництві сталь 20ХГМ-Ш зі зниженим вмістом нікелю для виготовлення деталей бурових доліт великих типорозмірів. Наприклад, для доліт 295,3 МС-ГВ-3 при бурінні свердловин Охтирського управління бурових доліт ВАТ „Укрнафта” з однаковою механічною швидкістю 2 м/год стійкість лап зі сталей 20ХГМ-Ш і 20ХН3МА-Ш практично однакова.

Сьогодні для виготовлення цапф лап корпусних шарошкових бурових доліт великих типорозмірів поряд зі сталлю 19ХГНМА-В успішно використовується сталь 18ХГТ. Ця сталь у результаті ХТО габаритних деталей дозволяє забезпечувати при достатній контактній витривалості і міцності серцевини високі значення в'язкості (для цементованого шару $K_{IC} = 50 \pm 5 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, для серцевини $K_{IC} = 119 \pm 5 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$) [7]. Однак для доліт малих і середніх розмірів така сталь непридатна через крихке руйнування в небезпечних перерізах, де не забезпечується потрібна в'язкість і тріщиностійкість. Ця сталь також уступає в контактній витривалості порівняно з хромо-нікелевими високоміцними сталями при існуючій технології виготовлення бурових доліт.

Практика виготовлення деталей шарошкових бурових доліт показує, що міцність їх серцевини повинна знаходитись у межах 1200-1400 МПа (29 — 42 HRC), її оптимальною мікроструктурою повинен бути маловуглецевий мартенсит або нижній бейніт. Наявність і зростання включень залишкового аустеніту й карбідів у структурі цементованого шару і серцевини призводить до зниження опору втомі сталі. Збільшення σ_v серцевини сприяє підвищенню контактної міцності доліт. Цим вимогам відповідають фізико-механічні властивості сталей 15Н3МА і 14ХН3МА. Сталь 19ХГНМА, яка сьогодні використовується для масового випуску лап доліт, цим вимоги не відповідає. Її застосування пояснюється лише тим, що вона дає найменші деформації та викривлення деталей при ХТО. Контактне руйнування опор кочення з цієї сталі

може розвиватися за двома відомими схемами [8 — 9]. В одному випадку виникає підповерхнева тріщина, зумовлена перепадом залишкових напружень у ділянці переходу „зміцнений шар — серцевина”. У другому випадку фізико-механічні та конструкторські (шорсткість, однорідність товщини цементованого шару) параметри можуть сприяти виникненню поверхневих тріщиноподібних дефектів під дією значних контактних напружень в опорі та дії зовнішнього агресивного середовища. З огляду на це, а також, враховуючи складні умови, в яких працюють деталі опор доліт [10], сформульовані основні вимоги до структури, розподілу вуглецю та твердості від поверхні до серцевини сталі 19ХГНМА різних виправок.

З метою покращання фізико-механічних властивостей сталі 19ХГНМА перспективним є збільшення вмісту вуглецю і молібдену. Відомо [11], що при концентрації молібдену до 0,5% він не бере участі в карбідоутворенні і, залишаючись в твердому розчині (аустеніті), значно підвищує прогартованість цементованого шару та міцність серцевини. Так, після термообробки сталі 21ХГНМА (див. табл. 1) за режимом: 1-е гартування 1163±283К в мастилі; 2-е гартування 1113±283К в мастилі; відпуск 458±288К на повітрі, вона набуває практично однакові зі сталлю 19ХГНМА-В (табл. 1) фізико-механічні властивості. Також у цих сталях є типова мікроструктура. Однак сталь 21ХГНМА забезпечує вищу міцність серцевини, зокрема, на цій сталі можна отримати твердість у серцевині цапф лап 34-40 HRC, у той час, як на сталі 19ХГНМА-В отримують 18-40 HRC.

Для забезпечення найкращих експлуатаційних показників цементований шар на сталі 21ХГНМА повинен мати мікроструктуру мартенситу з залишковим аустенітом до 3 балів і карбідами 1 — 2 бали. Серцевина повинна мати структуру сорбітоподібного перліту з дрібними включеннями фериту. Зауважимо, що на плавках сталі вакуумно-дугової виплавки отримують дещо більші значення залишкового аустеніту і карбідів (рис. 1, а, б).

Одним з перспективних, проте мало досліджених напрямків підвищення довговічності бурових доліт є криогенна обробка. Зокрема, в [2] узагальнено досвід криогенної обробки зібраних шарошкових бурових доліт. Встановлено, що криогенна обробка рідким азотом (77К) цементованих долотних сталей 20ХН3А і 22ХГНМА дозволяє істотно підвищити їхню межу міцності.

У результаті криогенної обробки на сталях 14ХН3МА і 16ХН3МА, які пройшли ХТО, отримували на 40% зменшення залишкового аустеніту в цементованому шарі у порівнянні з початковим 15-30%. При цьому, як показали випробування на довговічність при ударно-втомних навантаженнях, характер руйнування цементованих деталей, підданих криогенній обробці, мав істотні відмінності, причому останні мали в 1,5 разів вищу зносостійкість [12]. Проте у виробництві доліт криогенна обробка не знайшла належного застосування. Це може бути пояснене тим, що при обробці доліт у готовому, складеному стані поставки, виникають проблеми з одночасним та рівномірним ударним охолодженням всіх елементів опори. Крім цього, при обробці доліт у стані поставки витримка в рідкому азоті складала до 30 хв і більше залежно від типорозміру долота.

Хімічний склад плавок досліджених сталей

№ з/п	Плавка	Базовий варіант ХТО			Криогенна обробка після ХТО		
		q	K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	K_{IC}^{oc} , МПа·м ^{1/2}	q	K_{IC} , МПа·м ^{1/2}	K_{IC}^{oc} , МПа·м ^{1/2}
1	21ХГНМА-В	6,876	97	81,975	3,11	116	109,204
2	21ХГНМА-В	7,014	92	76,673	3,248	121	113,903
3	21ХГНМА-В	7,009	89	73,684	3,243	118	110,913
4	19ХГНМА-В	6,856	102	87,018	3,09	110	103,248
5	19ХГНМА-В	6,778	107	92,189	3,012	111	104,418
6	19ХГНМА-В	6,928	105	89,861	3,162	112	105,09

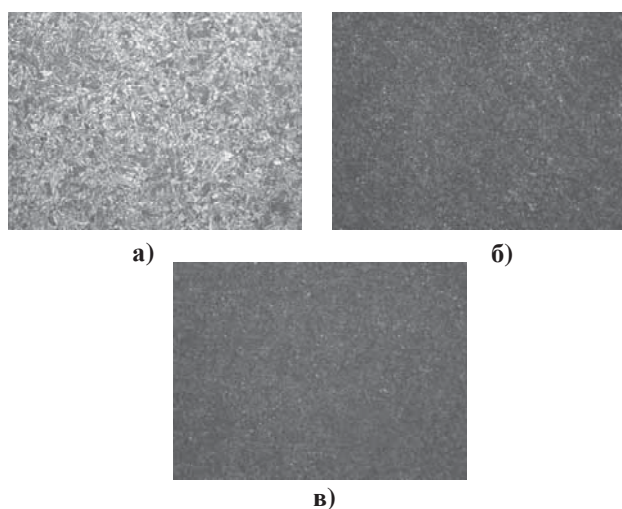


Рис. 1. Мікроструктура дослідної сталі 21ХГНМА-В (плавка № 1 з табл. 1) після ХТО ($\times 500$): а — серцевина: сорбіт, сорбітоподібний перліт з дрібними включеннями фериту; б — цементований шар: мартенсит 1 — 5 балів, залишковий аустеніт 1 — 4 бали, глобулярні карбіді 1 — 4 бали; в — криогенно оброблений цементований шар: мартенсит 1 — 2 бали, залишковий аустеніт 1 — 2 бали, глобулярні карбіді 1 — 2 бали

Для можливості економного використання азоту і максимального позитивного впливу криогенної обробки на фізико-механічні та експлуатаційні властивості сталі цапф лап було прийнято рішення обробляти їх після викінчувальних обробок. Для цього цапфи лап занурювали в резервуар з азотом на 8 — 10 хв.

Аналіз мікроструктури цементованих шарів досліджених сталей 19ХГНМА-В і 21ХГНМА-В підтвердив раніше встановлений факт зменшення залишкового аустеніту і подрібнення мартенситу та глобулярних карбідів. Зокрема, в цементованих шарах на сталі 21ХГНМА-В отримували в середньому істотне подрібнення мартенситу і зниження залишкового аустеніту та зменшення карбідів (рис. 1,б,в).

Оскільки тріщиностійкість матеріалу істотно визначає характер руйнування і є максимально об'єктивним критерієм довговічності було проведено оцінку в'язкості руйнування досліджених сталей (табл. 1). Випробовували балкові зразки прямокутного перерізу з односторонньою

тріщиною при їх навантаженні за схемою чотириточкового згину (див. рис. 2). На зразках створювали конструктивний концентратор, після чого в його усті шляхом циклічного тренування наводили втомну тріщину регламентованої довжини. Довжина тріщини разом з надрізом складала половину висоти зразка [13, 14].

Механічне навантаження зразків здійснювали на стандартній розривній машині УМ-5А з швидкістю 0,006 мм/с (див. рис. 2). Контроль за розкриттям тріщини вели за допомогою пружного елемента з сенсорами опору. Випробувальна машина обладнана також мес дозою — пружним елементом з сенсорами опору для фіксації рівня створеного навантаження. В обох випадках сигнали від тензосенсорів подавали на тензометричний підсилювач типу 8-АНЧ-7М, а потім — на двокоординатний самописець ПДС-021 для запису діаграми “сила — розкриття тріщини.”

Враховуючи практику долотних заводів та рекомендації [15] за глибину цементації h приймали евтектоїдну, заевтектоїдну зони і половину перехідної зони.

Руйнування дослідних зразків з наведеними тріщинами має завжди відривний характер. Тому, незважаючи на неоднорідність матеріалу поверхні і серцевини, діаграми руйнування, як підтвердив їх аналіз, відповідають вимогам, що ставляться до визначення в'язкості руйнування при плоскодеформованому стані [13]. Це дозволило оцінювати в'язкість руйнування за осередненими для всього перерізу значеннями критичного коефіцієнта інтенсивності напружень при плоскодеформованому стані K_{IC}^{oc} згідно з методикою [3]:

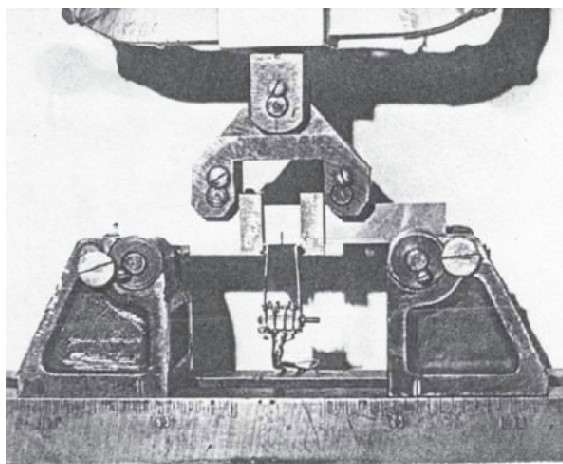
$$K_{IC}^{oc}(h, B) = \ln \left(1 + e^{K_{IC} \frac{qh(B+0.1)}{B(B+\alpha)} - 22} \right) + 22,$$

де K_{IC} — критичний коефіцієнт інтенсивності напружень при плоскодеформованому стані; q — параметр, що залежить від хімічного складу сталі та виду термообробки; $\alpha = -0,012$ — константа; $B = 0,018$ м — ширина зразка; $h = 0,002$ м — глибина цементованого шару.

Для знаходження параметра q — обчислювали сумарне значення концентрації легувальних елементів у плавці, а також враховували, що випробовування проводили при

Порівняння значень K_{1c}^{oc} для плавок досліджених сталей

№ з/п	Сталь	Хімічний склад плавок, %												
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	W	Ti	V	S	P	Cu
1	21ХГНМА-В	0,21	0,27	0,90	0,51	0,52	0,44	0,030	0,01	0,00	0,020	0,015	0,015	0,17
2	21ХГНМА-В	0,22	0,28	0,95	0,49	0,61	0,48	0,025	0,00	0,00	0,010	0,011	0,012	0,16
3	21ХГНМА-В	0,23	0,30	0,85	0,60	0,48	0,51	0,028	0,01	0,00	0,010	0,012	0,013	0,2
4	19ХГНМА-В	0,20	0,26	0,78	0,47	0,62	0,25	0,030	0,01	0,00	0,00	0,015	0,015	0,17
5	19ХГНМА-В	0,21	0,22	0,88	0,62	0,58	0,26	0,029	0,00	0,01	0,01	0,011	0,012	0,18
6	19ХГНМА-В	0,21	0,23	0,90	0,61	0,64	0,30	0,032	0,01	0,00	0,01	0,009	0,015	0,19

Рис. 2. Загальний вигляд навантаження згином балкового зразка з тріщиною, призначеного для оцінки K_{1c}

температурі цеху 290 К, температура охолодження цапф лап складала 77 К. Наприклад, для плавки №1 при базовій ХТО $q = (290 \text{ К}/77 \text{ К}) + 3,11 = 6,876$.

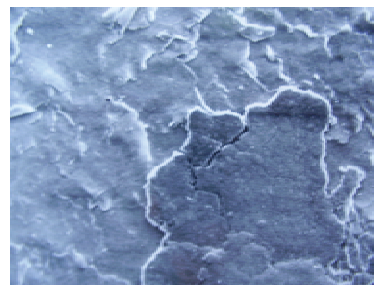
Як видно з результатів проведеної аналітичної оцінки (табл. 2), криогенна обробка істотно підвищує в'язкість руйнування. Зокрема, значення K_{1c}^{oc} для зразків, що були оброблені ударним охолодженням в азоті, зросло в середньому на $32,9 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ для сталі 21ХГНМА-В і на $14,563 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ для сталі 19ХГНМА-В порівняно зі зразками, що пройшли базову ХТО. При цьому міцність цементованих шарів зросла, про що свідчило зростання твердості на 2 — 3 НРС.

Для встановлення відмінностей у характері руйнування і оцінення запасу в'язкості досліджених сталей та ефективності криогенної обробки після ХТО був проведений фрактографічний аналіз поверхонь зламів зразків (рис. 3). Видно, що криогенна обробка після ХТО створює в зоні руйнування більш виражену зону накопичення втомних руйнувань. Тому тріщиноутворення і їх поширення має сповільнений характер, а також утруднюється через відсутність значних перепадів міцності на межі зерен.

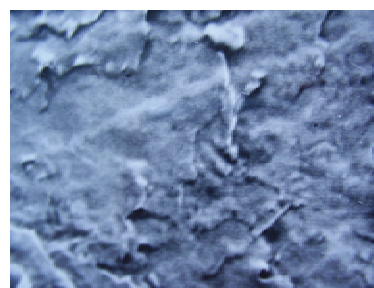
У традиційному варіанті ХТО мікробудова зламу містить більшу зону інтеркристалітного відколу, що свідчить

про більш крихкий характер руйнування. Очевидно, через наявність залишкового аустеніту, більш грубу мікроструктуру мартенситу і включень карбідів, у цьому випадку руйнування цементованого шару здійснюється за рахунок швидкого утворення і з'єднання між собою великої кількості мікротріщин, утворених у ділянках дефектів кристалітної структури.

Для встановлення контактної тривкості порівнюваних сталей і варіантів обробки цапф лап бурових доліт 244,5 ОК-ПГВ Д26 проводили випробовування комп-лектів долота на стенді для випробовування доліт (СВД) ВАТ "ДДЗ". Механізм обертання шарошок у контакті з металевим вибоєм (сталь 20) здійснювали при частоті



а)



б)

Рис. 3. Фрактограми зламів руйнування цементованих зразків сталі 21ХГНМА-В: а — крихке руйнування без витяжки, пластична деформація по межах зерен, руйнування зерен відривом при ХТО за існуючою технологією ($\times 3000 \times 2,5$), б — в'язко-крихке руйнування при криогенній обробці після ХТО ($\times 3000 \times 2,5$)



Рис. 4. Загальний вигляд розібраних комплектів доліт 244,5 ОК-ПГВ Д26, відпрацьованих у стендових умовах а – серійний комплект (лапа зі сталі 19ХГНМА-В після ХТО), б – експериментальний комплект (лапа зі сталі 21ХГНМА-В після ХТО і криогенної обробки)

обертання стола з вибоєм 100 об/хв, осьовому навантаженні на комплекти 60 — 70 кН. Припрацювання комплектів проводилось протягом 1 год при навантаженні 10–12 кН. Після цього поступово, протягом 1 год, збільшували навантаження на комплекти до 30 — 32 кН. Далі протягом 15 хв навантаження на комплекти поступово збільшували до 60 — 70 кН. Перед випробуванням опори комплектів заповнювали мастилом „Долотол-Н”. На стенді опори відпрацьовували з охолодженням технічною водою. Кожних 10 год комплекти розбирали і оцінювали знос опорних поверхонь. Випробування було припинено у зв’язку зі стрімким зростанням крутного моменту на серійному комплекті.

У результаті проведених стендових випробувань встановлено, що на поверхнях бігових доріжок серійних цапф лап вже на 15-й годині утворюються помітні контактні руйнування у вигляді піттингів, локального відшарування цементованого шару, тріщини. На 20-й годині руйнування серійної цапфи стають значними і, знаходячись у найбільш навантаженій ділянці роликів бігової доріжки, утворюють суцільну зону контактного руйнування цементованого шару. При цьому на цапфах, які пройшли криогенну обробку після ХТО, подібні руйнування спостерігали на 30-й годині відпрацювання. З 32-ї години відпрацювання серійний комплект почав працювати зі значними щораз зростаючими вібраціями, що свідчило про стрімко прогресуюче контактне руйнування опорних поверхонь. На 52 годині відпрацювання цапфа експериментальної лапи була працездатною і мала хіба що значні контактні руйнування малої роликів бігової доріжки та помітні руйнування великої бігової доріжки по краях (у ділянках технологічних виточок для виходу інструмента). При цьому на кульковій і великій роликів доріжках катастрофічного контактного руйнування, яке було зафіксовано на серійній цапфі, не виявлено (рис. 4). У загальному серійна цапфа у навантаженій зоні отримала

суцільне катастрофічне контактне руйнування на великій роликів біговій доріжці. На малій роликів біговій доріжці виявлено тріщину зі сторони бурта кінцевого підшипника ковзання. Динаміка руйнування експериментальної опори дозволяє прогнозувати її зносостійкість ще як мінімум 8 — 12 год роботи в заданих стендових умовах. Отже, проведені випробування показали, що виготовлення лапи зі сталі 21ХГНМА-В та криогенна обробка цапфи після ХТО є перспективним. Від доліт з такими лапами можна очікувати підвищення довговічності порівняно з серійними приблизно на 15 — 23% за критерієм стійкості до контактного руйнування.

Висновок. Встановлено, що криогенна обробка після хіміко-термічної обробки (цементації) при покращенні мікроструктури, незначному підвищенні поверхневої твердості дозволяє істотно підвищити тріщиностійкість сталей 19ХГНМА-В і 21ХГНМА-В. Кращий ефект від криогенної обробки отримували на сталі 21ХГНМА-В, зокрема, осереднене значення критичного коефіцієнта інтенсивності напружень при плоско-деформованому стані для цієї сталі порівняно зі сталлю 19ХГНМА-В було приблизно в 3,25 рази вищим. Використання для виготовлення лап шарошкових доліт сталі 21ХГНМА-В замість 19ХГНМА-В, а також криогенна обробка їхніх цапф перед складанням долота дозволяє очікувати підвищення довговічності опор приблизно на 15 — 23% за критерієм стійкості до контактного руйнування.

Надалі є перспективним пошук нових матеріалів і їх обробки для забезпечення довговічності елементів опор шарошкових бурових доліт.

Література

1. Бобров С. Н. Основы комплексного использование высокопрочных сталей как износостойкого материала: автореф. дис. на соискание ученой степени д-ра техн. наук: спец. 05.02.04. „Трение и знос в машинах”, 05.02.01. „Материаловедение в машиностроении” / С. Н. Бобров. – М., 1990. – 55 с.
2. Долговечность шарошечных долот. / [Жидовцев Н. А., Кершенбаум В. Я., Гинзбург Э. С. и др.]. – М.: Недра, 1992. – 272 с.
3. Петрина Ю. Д. Розробка науково-прикладних основ підвищення довговічності бурових доліт шляхом раціонального використання матеріалів: дис. ... доктора техн. наук: 05.15.07 / Петрина Юрій Дмитрович – Івано-Франківськ, 1996. – 356 с.
4. Аналіз працездатності опор Р-К-Р тришарошкових бурових доліт / С. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 2 (27). – С.25 – 34.
5. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание бурильного инструмента / Виноградов В. Н., Сорокин Г. М., Доценко В. А. – М.: Недра, 1980. – 207 с.
6. Хачатуров С. С. Стали для зубчатых шарошек и лап буровых долот сплошного бурения / С. С. Хачатуров: // Породоразрушающий инструмент для бурения: труды Всесоюзного научно-исследовательского института буровой техники. – Вып. VI. – 1962. – С. 98 – 120.

7. Циклическая трещиностойкость цементованного слоя / С. Л. Намм, В. П. Канеев, С. А. Никулин [и др.] // Физико-химическая механика материалов. – 1988. – № 3. – С. 89 – 92.

8. Петрусеви́ч А.И. Контактная прочность деталей машин / Петрусеви́ч А. И. – М.: Машиностроение, 1970. – 64 с.

9. Влияние внешних факторов на контактную прочность при качении / [Пинегин С. В., Шевелев И. А., Гудченко В. М. и др.] – М.: Машиностроение, 1972. – 100 с.

10. Аналіз працездатності опор Р-К-Р тришарових бурових доліт / С. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 2 (27). – С. 25 – 34.

11. Контроль качества термической обработки стальных полуфабрикатов и деталей: справочник / [Белинский А. Л., Булгаков В. А., Горюшин В. В. и др.] под общ. ред. В. Д. Кальнера. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.

12. Теоретические предпосылки и результаты исследований влияния криогенной обработки на механические свойства долотных сталей и противозадирные свойства смазок / Н. А. Жидовцев, Е. Н. Бородина, Н. Б. Нестеров [и др.] // Повышение эффективности технологических процессов газонефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности путем обеспечения долговечности оборудования и инструмента / Под ред. В. Н. Виноградова: труды Московского института нефти и газа им. И. М. Губкина. – Вып. 202. – 1987. – С. 100 – 104.

13. Браун У. Испытания высокопрочных металлических материалов на вязкость разрушения при плоской

деформации. / У. Браун, Дж. Сроули; пер. с англ. В. М. Маркочева; под ред. Б. А. Дроздовского, Е. М. Морозова. – М.: Мир, 1972. – 246 с.,

14. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний материалов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. ГОСТ 25.506-85. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 62 с. (Государственные стандарты СССР).

15. Долота трехшарошечные низко- и высокооборотного бурения. Технические требования к качеству химико-термической обработки. Режимы химико-термической обработки. Правила приемки готовых деталей: РД 26-02-68/85. – Офиц. изд. – М.: Союз-нефтепромаш, 1985 – 31 с. (Руководящие документы Министерства химического и нефтяного машиностроения СССР).

Отримана 14.05.10

R. Yakym, Y. Petryna

The increase of durability of three-cone rock bits arms pins

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk

It's determined that cryogenic treatment after thermochemical one (carburizing) in the case of microstructure improvement and small increase of surface hardness allows to increase essentially 19ХГНМА-В and 21ХГНМА-В steels crack resistance. The use of 21ХГНМА-В steels instead of 19ХГНМА-В one for making of three-cone rock bits arms and also cryogenic treatment of their pins before the process of rock bits assembling allows to expect the increase of bearings durability about 15-23 per cent by contact failure stability criterion.

2í ôîðì àò³ÿ

II INTERNATIONAL CONFERENCE ON TISSUE ENGINEERING (ICTE 2011),

an ECCOMAS Thematic Conference

Lisbon, Portugal

2nd to 4th June 2011

http://www.cdr-sp.ipleiria.pt/index.php/TE_home.html

Tissue engineering is a multidisciplinary field that has seen intense development in the past few years. It combines efforts from biology, engineering and material science methods towards the development of biological substitutes to restore, maintain, or improve tissue functions. Mathematical and Computational methods have been intensely used to study tissue engineering issues, and the computational mechanics research community has demonstrated a special interest in this field.

Therefore, the ICTE 2011 will in focus on:

- * Understanding the fundamentals of tissue engineering;
- * Modelling and characterisation of scaffolds for tissue engineering;
- * Modelling the inter-relationships between scaffolds and cell attachment, proliferation and differentiation;
- * Design and development of scaffolds for tissue engineering;
- * Fabrication and testing of scaffolds for tissue engineering;
- * Cell signalling; * Computational Bone Mechanics.