

# Техніка і технології

УДК 622.24.051.55

## ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ОПОР ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ З ОСЬОВИМИ ПІДШИПНИКАМИ КОВЗАННЯ

<sup>1</sup>Р.С.Яким, <sup>1</sup>Ю.Д.Петрина, <sup>1</sup>Т.Б.Пасинович, <sup>2</sup>Я.Р.Круглій

<sup>1</sup>ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024,  
e-mail: public@nuing.edu.ua

<sup>2</sup>ВАТ „Дрогобицький долотний завод”, 82100, Львівська обл., м. Дрогобич, вул. Туруша, 20

*Встановлено закономірність динаміки інтенсивності зношування опор з осьовими підшипниками ковзання. Дослідження підтвердили визначальний вплив працездатності підшипника ковзання „п'ята – підп'ятник” на довговічність опори. Експериментально обґрунтовано доцільність виконання наплавленням стелітом Stellite 190 п'ят. Виконання п'яти наплавленням усуває небезпечний перетин і знижує ймовірність виникнення тріщин в тілі бурту малого роликівого підшипника і в околі „мала бігова доріжка – дно під посадку п'яти”. Вдосконалена конструкція підп'ятника сприяє поліпшенню охолодження опори під час руху шарошки.*

Ключові слова: бурове долото, опора, довговічність, підшипник ковзання, п'ята, підп'ятник

*Установлена закономерность динамики интенсивности износа опор с осевыми подшипниками скольжения. Исследования подтвердили определяющее влияние работоспособности подшипника скольжения „пята – подпятник” на долговечность опоры. Экспериментально обоснована целесообразность исполнения наплавкой стеллитом Stellite 190 пят. Исполнение пяты наплавкой устраняет опасное сечение и снижает вероятность возникновения трещин в теле бурта малого роликівого подшипника и в окрестностях „малая беговая дорожка – дно под посадку пяты”. Усовершенствованная конструкция подпятника способствует улучшению охлаждения опоры при движении шарошки.*

Ключевые слова: буровое долото, опора, долговечность, подшипник скольжения, пята, подпятник

*It's determined the regularity of the intensive wearing dynamic of bearings with sliding axle-bearings. Researches confirm the determinant influence of the sliding bearing „abutment – thrust button” efficiency on the bearing durability. It's experimentally grounded the expediency to do the hardmetal of satellite Stellite 190 on abutments. Such method of abutments manufacturing helps to avoid dangerous section and lowers the possibility of cracks making in the body of roller bearing flange and around „inner race – abutment button seat”. Perfected construction of thrust button favour the improvement of bearing cooling in the process of cone motion.*

Keywords: rock bit, bearing, durability, sliding bearing, abutment, trust button

Працездатність шарошкових доліт, призначених для розбурювання твердих порід, як правило, визначається зносостійкістю опор. Тому підвищення стійкості опорних елементів має визначальне значення для підвищення довговічності доліт і покращення техніко-економічних показників буріння загалом.

Виконання в опорі осьових підшипників ковзання дає змогу значно підвищити стійкість доліт. Опори ковзання бурових доліт працюють в умовах впливу високих динамічних навантажень, високих температур, що в поєднанні з присутністю абразивних частинок в зоні тертя обумовлює швидку втрату працездатності. Тому існує невирішена актуальна проблема вдос-

коналення і підвищення довговічності опор тришарошкових бурових доліт з осьовими підшипниками ковзання. У вирішенні цієї проблеми досягнуто значних успіхів [1 – 11], однак різні підходи та шляхи забезпечення стійкості опор ковзання вимагають докладного вивчення та пошуку резервів підвищення довговічності останніх.

Сьогодні практично всі провідні фірми, які виготовляють підшипники ковзання в опорах доліт, використовують матеріали, що містять срібло, чи наносять спеціальне покриття [1]. Найбільш поширеними напрямками підвищення ефективності упорних підшипників ковзання є конструктивне забезпечення охолодження

опори, мащення, а також виконання наплавлення чи вкладок із застосуванням матеріалів, що дають можливість реалізувати ефект вибіркового перенесення [2]. Поширеним також є виконання „п’яти” і „підп’ятника” з твердих сплавів. Наприклад, у конструкції опори фірми „Hughes Tool Company” вони виготовлені з спеченого карбиду вольфраму. Контактуючі опорні поверхні наплаваються релітом чи іншим твердим сплавом.

Фірми – виробники доліт: „Williams Rock Bit Co”, „Warel Manufacturing Co” та інші [3] використовують вставки зі сплавів, що містять срібло. Ці вставки вплаваються в пази робочих поверхонь підшипників ковзання. Використовуються також композиційні матеріали типу „м’яка матриця”, що містить срібло та тверді зносостійкі включення. У ряді випадків використовуються покриття зі сплавів, що володіють високим коефіцієнтом теплопровідності: в конструкції опори фірми Securiti зносостійкість забезпечується шляхом введення між робочими поверхнями цапфи і шарошки стійкого шару – плівки рідкого мащення; опора конструкції фірми Rid Tool Co має тонкі плаваючі вкладки з берилієвої бронзи; фірмою Dresser Securiti розроблено технологію покриття сріблом спеціальних вкладок підшипників ковзання [4].

Фірма „Smith” для наплавлення робочих поверхонь підшипників ковзання розробила матеріал „Спінодал” – сплав міді, нікелю і олова [5]. В сучасних долотах серії FH цією фірмою підшипники ковзання виконуються наплавленням на цапфу „Спінодалу”, а на поверхні шарошки напилюванням срібла [6].

Виробники бурових доліт в Україні та СНД, як правило, виконують підшипник „п’ята – підп’ятник” у вигляді поєднань твердосплавних п’ят і підп’ятників з швидкорізальної теплостійкої сталі, а підшипник „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” – наплавленням торця бурта лапи стелітом і цементом упорним торцем шарошки. Таке конструкторсько-технологічне рішення дає можливість суттєво знизити собівартість опори і в деяких випадках досягнути конкурентноздатних напрацювань долота. Зокрема, авторами [7] запропоновано виготовляти п’яти з твердого сплаву ВН20, що містить високомодульний наповнювач (карбід вольфраму).

В результаті проведеного аналізу фізико-механічних властивостей пар тертя відпрацьованих доліт різних виробників автори [8] рекомендують поряд з оптимізацією матеріалів здійснювати пошуки шляхів вдосконалення конструкції трібопар.

Відомо, що посадкові зазори у кінцевих підшипниках визначають значення ексцентричності прикладання осьового навантаження, а саме: у разі їх збільшення утворюється нерівномірність розподілу навантаження між тілами кочення замкового підшипника. Часткове усунення цього досягається кутовим зміщенням осі бігової доріжки цапфи роликів підшипника відносно осі бігової доріжки шарошки. Крім цього, однією з основних причин знижен-

ня довговічності опори за недостатньої точності виготовлення її елементів є роздільна, неузгоджена робота упорного підшипника ковзання і замкового підшипника [9]. В момент припрацювання і встановленого зношування основне навантаження припадає на упорний підшипник, причому його експлуатація на початковому етапі характеризується гранично допустимими режимами. Після того, як поверхні осьових підшипників зношуються, в роботу вступає замковий підшипник. Це спричинює припрацювання окремих підшипників в неоптимальних умовах, коли зношування сусідніх підшипників уже досягнув певних значень. Тому автори [9] рекомендують конструкції вузлів, які б забезпечували розвантаження замкового кулькового підшипника і кінцевого підшипника ковзання.

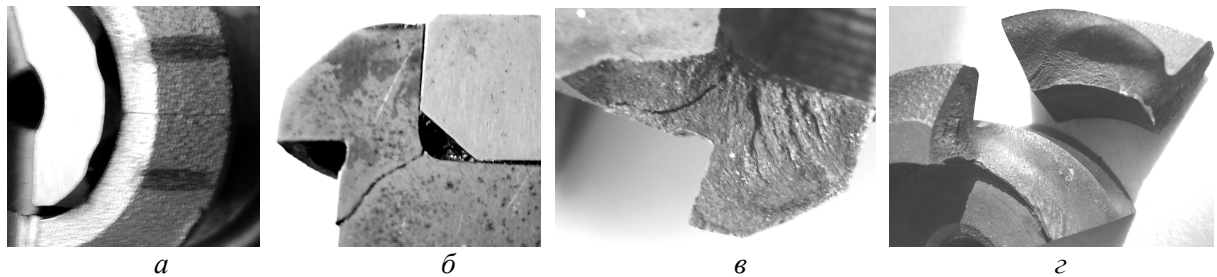
Встановлено, що найкраща працездатність опор з осьовими підшипниками ковзання забезпечується рівномірним навантаженням на елементи опори [10]. Це досягається мінімальними ззорами між п’ятою і підп’ятником в даній конструкції опори. Однак існує проблема просідання і перекосу п’яти або підп’ятника. Тому були здійснені спроби забезпечення стабілізації опори в осьовому напрямку, що дає змогу підвищити довговічність пари тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” [11]. Виявлено, що виконання на підп’ятнику каналів для охолоджуючого агента і встановлення п’яти безохолоджуючих каналів відкриває нові перспективи шляхи підвищення стійкості осьового підшипника.

Аналіз виходу з ладу осьових підшипників ковзання дає змогу виявити ще одну проблему, зумовлену конструкцією вузла „п’ята – підп’ятник”, а саме, одночасно з руйнуванням п’яти і підп’ятника, описаним в [10], частим є явище утворення тріщин і руйнування внутрішнього бурта малої роликів доріжки (рис. 1). Отже, наявність небезпечних перерізів, дія значних динамічних навантажень висувають вимогу зменшувати підшипник „п’ята – підп’ятник”, що призводить до зменшення площі тертя в парі. Загалом це суттєво знизить стабілізацію опори вздовж осі цапфи лапи та стійкість вузла. Тому було поставлено задачу дослідити можливість підвищення довговічності опор тришарошкових бурових доліт шляхом вдосконалення конструкції вузла „п’ята – підп’ятник”.

Гіпотезою дослідження є твердження, що виконання п’яти у вигляді наплавлення стеліту „Stellite 190”, який володіє високою жаростійкістю з добрим опором зношуванню, у спеціальне гніздо в торці цапфи лапи відкриє нові резерви підвищення довговічності вузла „п’ята – підп’ятник”.

Відповідно до умов поставленої задачі, метою експериментальних досліджень є встановлення працездатності і ефективності експериментальної опори долота 250,8 ТКЗ-ПГВ D27В у порівнянні з серійною.

Для проведення експериментів було вибрано комплект долота 250,8 ТКЗ-ПГВ D27В у якому опора виконана за серійною технологією



*а – тріщина у тілі внутрішнього бурта малої роликів доріжки паралельна осі цапфи;  
б – тріщина в небезпечному перерізі, що вийшла на поверхню малої роликів доріжки;  
в, з – крихке руйнування внутрішнього бурта малої роликів доріжки і випадання п'яти*

**Рисунок 1 – Руйнування внутрішнього бурта малої роликів доріжки в цапфі лапи шарошкових доліт**

з підшипником „п'ята – підп'ятник”, в якому п'ята виготовлена зі сплаву ВН 20, а підп'ятник – зі сталі Р6М5. Також виготовлено експериментальний комплект долота 250,8 ТКЗ-ПГВ D27В, у якому опора має відмінності: п'ята виготовлена ацетиленокисневим наплавленням прутковим стелітом „Stellite 190”, а на підп'ятнику зі сталі Р6М5 виконано канал для забезпечення охолодження та сприятливих умов тертя.

Для обох комплектів шарошки виготовляли зі сталі 14ХНЗМА-В, лапи – зі сталі 19ХГНМА-В. Хіміко-термічна обробка шарошок і лап здійснювалася згідно з серійною типовою технологією на ВАТ „ДДЗ”. Цементацию в ендотермічному середовищі проводили в печі Ipsen – Carb-o-Prof – III, що забезпечує комп'ютеризований контроль і керування технологічним процесом.

Перед початком випробовувань опори доліт заповнювали мастилом СКА/6 (УСсА).

Випробовування комплектів секцій доліт здійснювалося на стенді випробовування доліт СВД-1 ВАТ „ДДЗ”. Відпрацювання комплектів відбувалося при осьовому навантаженні на комплекти 50-55 кН, швидкості обертання 78 об/хв. Шарошки без твердосплавного оснащення працювали на спеціально підготовленому вибої зі сталі 10 за інтенсивного охолодження опор технічною водою, яка вводилася в опори. Припрацювання комплектів здійснювалася при осьовому навантаженні на комплекти 10 кН протягом 20 хв. Потім плавно переходили до режиму, при якому осьове навантаження на комплекти становило 30 кН. Після 30 хв. відпрацювання при навантаженні 30 кН поступово збільшували осьове навантаження до 50-55 кН, за якого проводили експерименти над комплектами.

Для оцінки стану робочих поверхонь опори через кожні 10 год. проводилася зупинка комплектів доліт, вимикалось обладнання стенду та подавання води. Комплекти знімалися із захватів стенду, розбиралися і проводився їх огляд, замірювання параметрів і опис виявлених ознак зносу та інших руйнувань. Після цього комплекти збиралися і знову встановлювалися в стенд. Для забезпечення однакових умов випробовувань комплекти щоразу міняли місцями.

Критеріями припинення випробовувань були: зниження плавності обертання шарошок, що свідчить про заклинювання опори та значні контактні руйнування опорних поверхонь підшипників опори, за яких подальша експлуатація опори є недоцільною з огляду на швидку втрату працездатності.

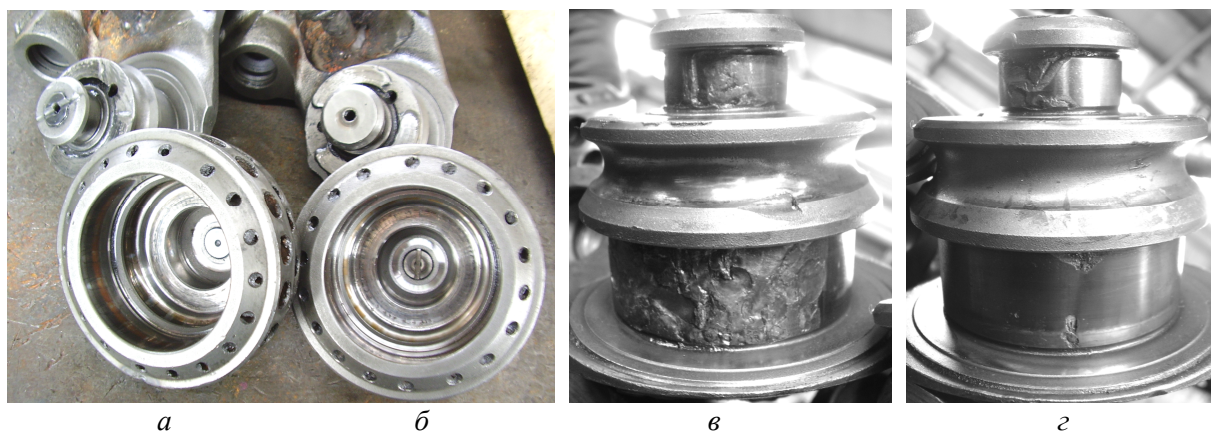
Для виявлення структури наплавленого стеліту здійснювали травлення в розчині Мураками (суміш 20% водяних розчинів червоної кров'яної солі  $K_3[Fe(CN)_6]$  і гідроксиду натрію NaOH у рівних пропорціях) при температурі 18-20°C, тривалістю 5 хв. Дослідження мікроструктури наплавлених шарів проводили згідно стандартної методики за допомогою мікроскопа ММ-2Р з використанням цифрової камери КЦ-13. Для вивчення структури підп'ятників шліфи травили в 4% розчині азотної кислоти  $HNO_3$  в етиловому спирті при температурі 18-20°C, тривалістю 20-30 с та використовували растровий електронний мікроскоп „CamScan-4DV”.

Твердість вимірювали за стандартною методикою на темплетях з деталей комплектів за допомогою ПМТ-3.

У результаті проведених експериментів комплекти доліт відпрацювали 30 год. у стендових умовах. Експеримент було припинено з причини підклинювання серійного комплекту. Як виявилось, тут (рис. 2, в) мали місце значніші порівняно з експериментальною опором (рис. 2, з) руйнування контактуючих поверхонь в опорі, особливо на бігових доріжках лапи великого та малого роликів підшипників.

Отже, в ході експерименту встановлено, що після 10 год. відпрацювання в серійному комплекті на упорному торці лапи наявна мережа радіальних тріщин довжиною 2-4 мм, незначні місцеві задирки, на п'яті – сліди зношування. На упорному торці шарошки наявна мережа радіальних тріщин довжиною 3-7 мм, в окремих місцях відшарування цементованого шару.

В експериментальному комплекті після 10 год. відпрацювання на упорному торці лапи спостерігали мережу радіальних тріщин довжиною 3-5 мм. На п'яті було виявлено поліровану площину у вигляді сектора з кутом 110°. На упорному торці шарошки наявна мережа



*а – серійний комплект; б – експериментальний комплект; в – цапфа лапи серійної конструкції; г – цапфа лапи з експериментальною парою тертя*

**Рисунок 2 – Загальний вигляд деталей досліджуваних комплектів секцій доліт після 30 год. відпрацювання**

радіальних тріщин довжиною 2-3 мм, в окремих місцях спостерігали відшарування цементованого шару площею  $1 \times 2$  мм.

У обох опорах люфти становили 0,2 мм.

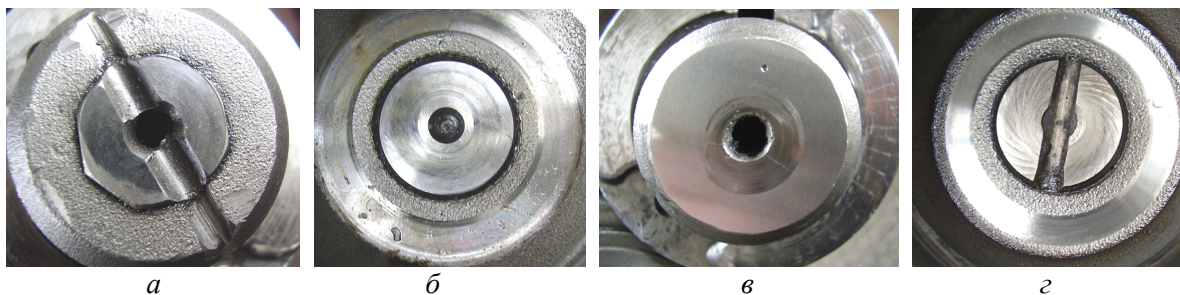
Після 20 год. відпрацювання в серійному комплекті на великій роликівій біговій доріжці цапфи лапи з навантаженої сторони з боку кулькової бігової доріжки (КБД) замкового підшипника спостерігали піттингову пляму з тріщинами і ділянками викришування цементованого шару розмірами  $12 \times 22$  мм. Біля основи цапфи лапи спостерігалася вертикальна тріщина довжиною 9 мм. На КБД виявлено розбиття профілю з навантаженої сторони в бік великої роликівій бігової доріжки розміром на  $1/3$  довжини доріжки. На малій роликівій біговій доріжці з навантаженої сторони були 2 піттингові плями з контактним руйнуванням, відшаруванням цементованого шару площею  $5 \times 7$  мм та  $10 \times 7$  мм. На упорному торці лапи виявлено мережу радіальних тріщин довжиною 4-8 мм, а також подряпини і незначні задирки від зношування. На п'яті присутні сліди зношування з навантаженої сторони, на п'яті не вступив у роботу сегмент з хордою 2,5 мм і сектором  $1/3$  довжини основи п'яти. На упорному торці шарошки наявна мережа радіальних тріщин довжиною 3-7 мм, в окремих місцях відшарування цементованого шару. Робоча поверхня підп'ятника вкрита радіальними заглибинами від зношування. Люфти в опорі серійного комплекту склали 0,3 мм.

В експериментальному комплекті після 20 год. відпрацювання на цапфі лапи КБД наявне розбиття профілю з навантаженої сторони в бік великої роликівій бігової доріжки шириною 5 мм і довжиною  $1/4$  довжини кулькової бігової доріжки. На малій роликівій біговій доріжці з навантаженої сторони були піттингові плями, тріщини і контактне руйнування цементованого шару площею  $2,5 \times 8$  мм. На упорному торці лапи наявна мережа радіальних тріщин довжиною 2-5 мм, сліди зношування. На п'яті наявні сліди тертя у вигляді сегменту з радіу-

сом дуги 9 мм і площею  $2/3$  площі робочої поверхні п'яти. На упорному торці шарошки зафіксовано мережу радіальних тріщин довжиною 2-4 мм, задирки, в окремих місцях відшарування цементованого шару. Робоча поверхня підп'ятника вкрита радіальними тонкими рисками від зношування. Люфти в опорі експериментального комплекту становили 0,25 мм.

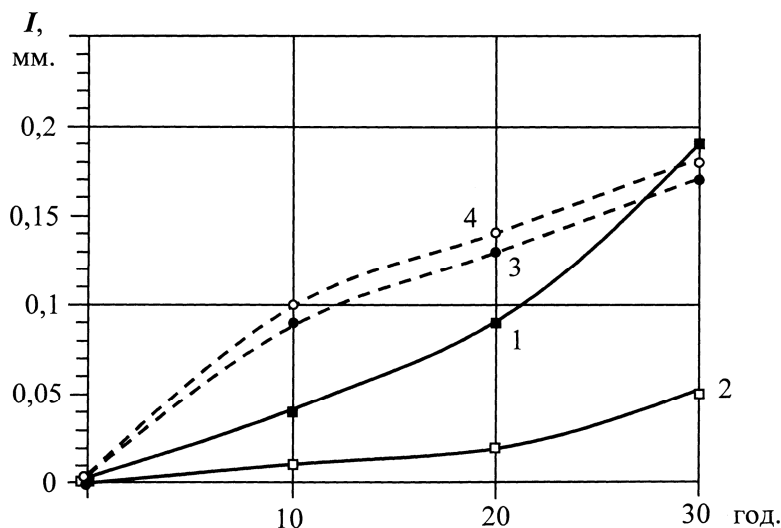
Після 30 год. відпрацювання в серійному комплекті (рис. 2, в) на великій роликівій біговій доріжці цапфи лапи з навантаженої сторони з боку КБД на всю ширину доріжки і на  $2/5$  її довжини зафіксовано контактні руйнування, катастрофічне викришування цементованого шару. На КБД зафіксовано розбиття профілю з навантаженої сторони та дрібні контактні руйнування на всю ширину доріжки на  $1/4$  її довжини. Бурт між КБД і ВБД сколовся перпендикулярно до осі цапфи в об'ємі  $15 \times 15 \times 7$  мм. На малій роликівій біговій доріжці з навантаженої сторони є контактне руйнування на всю ширину доріжки і на  $1/4$  її довжини. На упорному торці цапфи лапи мережа затертих радіальних тріщин довжиною 2-3 мм, подряпини і задирки від зношування, викришування діаметром 1 мм. На п'яті (рис. 3, а) сліди зношування з двох боків вздовж осі опори перпендикулярно до пазу охолодження, сколювання розмірами  $10 \times 3$  мм та  $7 \times 3$  мм. На упорному торці шарошки серійного комплекту були задирки, мережа радіальних тріщин довжиною 3-5 мм, в окремих місцях відшарування цементованого шару, наявні сліди від перенесення частинок стеліту упорного торця лапи. Робоча поверхня підп'ятника (рис. 3, б) вкрита радіальними заглибинами і подряпинами від зношування. Люфти в опорі серійного комплекту склали 0,35 мм.

Після 30 год. відпрацювання в експериментальному комплекті (рис. 2, г) по краях великої роликівій бігової доріжки цапфи лапи виявлено дві ділянки з піттингами, контактним руйнуванням і відшаруванням цементованого шару. Також тут чітко проступає коричнева смуга з дрібними піттингами шириною 17 мм на



*a – п'ята серійної конструкції; б – підп'ятник серійної конструкції;  
в – п'ята експериментальної конструкції; з – підп'ятник експериментальної конструкції*

**Рисунок 3 – Загальний вигляд елементів опори після 30 год. відпрацювання**



*1 – підшипник ковзання „п'ята-підп'ятник” в серійній опорі;  
2 – підшипник ковзання „п'ята-підп'ятник” в експериментальній опорі;  
3 – підшипник ковзання „упорний торець лапи – упорний торець шарошки” в серійній опорі;  
4 – підшипник ковзання „упорний торець лапи – упорний торець шарошки” в експериментальній опорі*

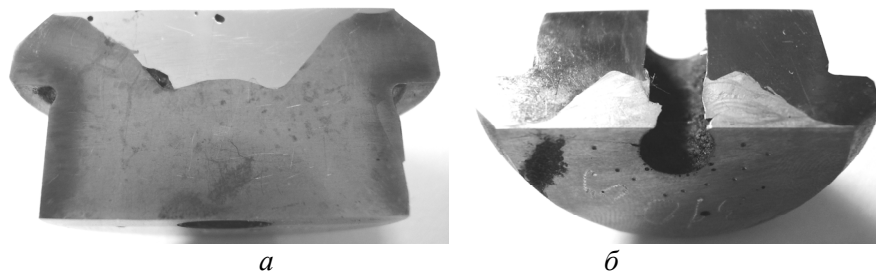
**Рисунок 4 – Залежності інтенсивності лінійного зношування підшипників дослідних опор від часу їх відпрацювання на стенді**

1/4 довжини доріжки, яка, очевидно, виникла під дією високих температур та контактних навантажень. На КБД з навантаженої сторони розбиття профілю в бік великої роликівної бігової доріжки шириною 5 мм і довжиною 1/4 довжини кулькової бігової доріжки. На малій роликівній біговій доріжці з навантаженої сторони піттингові плями, тріщини і катастрофічне контактне руйнування цементованого шару площею 5×10 мм і тріщина. На упорному торці цапфи лапи мережа радіальних тріщин довжиною 3-7 мм, сліди зношування, точкові викришування діаметром 1 мм. На п'яті кругові сліди тертя (рис. 3, в), три тріщини в ділянці отвору для охолоджуючого агента. На упорному торці шарошки зафіксовано мережу радіальних тріщин, незначне контактне руйнування, задирки, сліди від перенесення частинок стеліту упорного торця лапи, сколювання цементованого шару. Робоча поверхня підп'ятника (рис. 3, з) вкрита радіальними тонкими рисками від зношування. Люфти в опорі експериментального комплексу становили 0,25 мм.

Отже, якісна оцінка відпрацювання доліт свідчить про загалом кращу працездатність експериментальної конструкції опори. Очевидно, зміна характеру охолодження в парі „п'ята-підп'ятник” позитивно вплинула на температурний режим роботи опори, що підтверджується результатами досліджень, отриманими в [11]. Необхідно зауважити, що в обох випадках характер зношування в парі „упорний торець лапи – упорний торець шарошки” був однаковим.

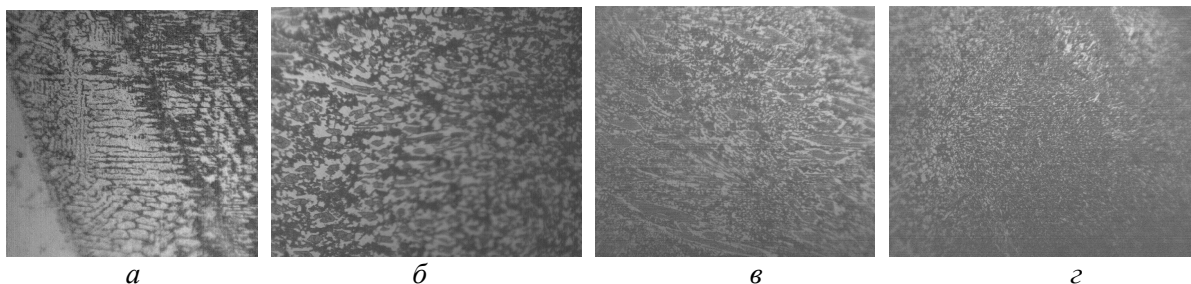
Для кількісної оцінки зношування робочих поверхонь осьових підшипників ковзання перед проведенням випробувань комплектів доліт було виміряно всі початкові розміри. В ході розбирань опор було зафіксовано зменшення розмірів контактуючих деталей підшипників ковзання. Результати замірів лінійних зношувань через кожні 10 год. зображено на рис. 4.

З отриманих даних видно, що підшипники ковзання „упорний торець лапи – упорний торець шарошки” як в серійній опорі, так і в експериментальній, мають однаковий характер зношування. Інтенсивність їх зношування є



*а – перший травлений шліф на темплеті,  
б – другий травлений шліф на темплеті*

**Рисунок 5 – Загальний вигляд темплетів з експериментальної лапи опори**



*а – перехідна зона „сталь-стеліт”;  
б – серцевина, ближча до шарів перехідної зони „сталь-стеліт”;  
в – серцевина, ближча до поверхневих шарів;  
г – поверхневі шари*

**Рисунок 6 – Мікроструктура наплавленої п'яти з пруткового стеліту „Stellite 190” (×500)**

співмірною, що свідчить про практично однакові умови роботи пари тертя (рис. 1, криві 3 і 4). Зносостійкість підшипника ковзання „п'ята – підп'ятник” різко відрізняється (рис. 1, криві 1 і 2). Тут явна перевага в зносостійкості експериментальної опори, де сумарне зношування менше в 3,8 разів порівняно з серійною опорою.

Для проведення металографічних досліджень з цапфи лапи експериментальної секції долота було виготовлено два темплети (рис. 5) і піддані травленню. Це дало можливість виявити окремі ділянки з флюсом та пори, які загалом не вплинули на стійкість п'яти. На поверхні тертя виявлено чотири пори діаметром 0,2 – 1,1 мм. У перерізах виявлено три пори діаметром 0,5 – 0,9 мм та несплавлену зону діаметром 3,3 мм. У наплавленому стеліті також присутні тріщини: одна в зоні отвору для охолодження, інша на поверхні тертя п'яти. Проведений стилоскопічний аналіз (темна пляма на наплавленому торці темплету (рис. 5, б)) засвідчив, що хімічний склад наплавленої п'яти відповідає стеліту „Stellite 190”, і якісним вимогам, що висуваються до його хімічного складу. Аналіз твердості робочої поверхні тертя наплавленої п'яти виявився твердістю HRC 49 – 54.

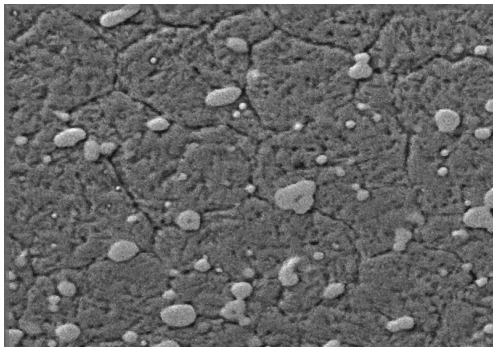
Аналіз мікроструктури наплавлених шарів виявив типову для сплаву на кобальтовій основі дендритну структуру (рис. 6). При цьому частка твердого розчину вольфраму і хрому в кобальті (світлі дендритні ділянки) є дещо більшою в зоні сплавлення „сталь-стеліт”, а також в серцевині. Причому в зоні сплавлення та в серцевині спостерігається найбільш чітка дендритна будова, що характеризує добре сплавлення без

перегріву і плавлення сталі-основи та нормальний процес наплавлення. Отже, на відстані 0,1 – 0,4 мм від зони сплавлення мікроструктура доєвтектоїдна (рис. 6, а) з плавним переходом в евтектичну (рис. 6, б, в), яка має найбільш однорідну структуру. Доєвтектична структура характеризується наявністю дендритів твердого розчину і карбідної евтектики. Поверхневі наплавлені шари мають типову заєвтектоїдну структуру (рис. 6, г). Проведений аналіз свідчить, що наплавлення було проведено якісно і плавна зміна структури повинна забезпечувати необхідні експлуатаційні властивості наплавленої п'яти.

Оскільки п'яти не виготовляються на ВАТ „ДДЗ”, а підп'ятники виготовляються, існує можливість шукати резерви підвищення їх працездатності. Тому було проведено дослідження якості структури.

Для підп'ятників типовою є структура відпущеного приховано голкового і дуже дрібного голкового мартенситу з дрібними неоднорідними за величиною включеннями карбідів та зернами колишнього аустеніту (рис. 7). Отже, структура підп'ятників, які були використані в комплектах опор, відповідає всім вимогам, що повинно забезпечувати необхідну працездатність останніх. Твердість підп'ятників серійного та експериментального комплексу становила відповідно HRC 63 і HRC 64.

Необхідно зауважити, що досить часто виникає знеугличення поверхневих шарів підп'ятників. Якщо глибина знеугличення складає понад 0,25 мм, тобто більша за глибину шліфування, то існує небезпека швидкого зношування



**Рисунок 7 – Типова мікроструктура підп'ятників зі сталі Р6М5 (× 2000)**

підп'ятника. В ході якісного контролю підп'ятників виявлено також їх схильність до утворення прихованих і ледь помітних візуально тріщин, які під дією навантажень призводять до крихкого руйнування підп'ятників. Тому під час виготовлення підп'ятників повинні висуватись жорсткі вимоги до контролю термічної обробки.

Отже, встановлено закономірність динаміки інтенсивності зношування опор з осьовими підшипниками ковзання. Дослідження підтвердили визначальний вплив працездатності підшипника ковзання „п'ята-підп'ятник” на довговічність опори долота. Проведені експериментальні дослідження вказали на доцільність виконання наплавленням стелітом „Stellite 190” п'ят. Виконання наплавленням п'яти усуває небезпечний переріз і знижує можливість утворення тріщин в тілі бурта малого роликівого підшипника і в ділянці „мала бігова доріжка – дно під посадку п'яти”.

Виконання на підп'ятнику канавки для охолоджуючого агента, який по ходу руху шарошки забезпечує охолодження по всьому об'єму порожнини опори, позитивно впливає на її охолодження. В серійній опорі течія охолоджуючого агента орієнтується в одному напрямку, що є явно недостатнім для охолодження.

Також рекомендується проводити термічну обробку підп'ятників з використанням автоматизованих печей, що дають змогу жорстко контролювати процес. Глибина знеуглеречення поверхневих шарів не повинна перевищувати 0,25мм або припуск на механічну обробку.

Надалі перспективним є дослідження можливості підвищення контактної довговічності робочих спряжених поверхонь тертя і кочення в опорі шарошкового долота.

### *Література*

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

2 Конструкции опор скольжения буровых долот. / Я. В. Питын, С. И. Кантор, Л. В. Буров [и др.] // Экспресс-информация: Зарубежный

опыт. – М.: Центральный институт научно-технической информации, и технико-экономических исследований по химическому и нефтяному машиностроению (ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ). – 1985. – № 8, 16 с. (Серия ХМ – 3 „Нефтепромышленное машиностроение”).

3 Средства повышения износостойкости подвижных сопряжений шарошечных долот / Н. М. Михин, М. /А. Сляднев, И. А. Сорокин [и др.] // Нефтяная и газовая промышленность: Обзорная информация. – М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности (ВНИИОЭНГ). – 1990. – 40 с. (Серия „Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море”).

4 Drill bit showcase. // Drilling. – 1989. – Vol. 50. – № 2. – P. 26 – 31.

5 Smith Tool. Передовая технология оптимального проведения буровых работ: каталог / [сост. Smith International]. – М.: Смит Интернэшнл, ИНК, 1998. – 23 с.

6 Smith Bits: каталог продукции 2007-2008: каталог / [сост. Smith International] – U.S.A.: Smith International, Inc., 2007. – 65 с.

7 Новые пары трения для шарошечных долот / В. П. Бондаренко, Л. Е. Василенко, А.В.Галков, Р.И.Гук, Я.Р.Круглий, А.М.Барановский // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сборник научных трудов. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля. – 2005. – Вып. 8. – С. 262 – 265.

8 Структура и свойства деталей пар трения опор шарошечных долот различных изготовителей / В. П. Бондаренко, А. В. Галков, И. А. Гнатенко, Р. И. Гук, Я. Р. Круглий // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сборник научных трудов. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, – 2004. – Вып. 7. – С. 225 – 232.

9 Долговечность шарошечных долот / [Жидовцев Н. А., Кершенбаум В. Я., Гинзбург Э. С. и др.]. – М.: Недра, 1992. – 272 с.

10 Петрина Ю. Д. Влияние конструкторско-технологических параметров на працездатність опор тришарошковых гірничорудних бурових долот / Ю. Д. Петрина, Р. С. Яким, Т. Б. Пасинович // Нафтогазова енергетика. – 2008. – № 1 (6). – С.72 – 77.

11 Підвищення працездатності пари тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” в тришарошковых бурових долотах для високообертового буріння / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 4 (29). – С.90 – 97.

*Стаття постуила в редакційну колегію*  
01.07.09

*Рекомендована до друку професором*  
**Петриною Ю.Д.**