

8. Галин Л. А. Контактные задачи теории упругости. – М. : Гостехтеоретиздат, 1953. – 264 с.
9. Онищин В. П. О характере износа импрегнированных коронок при бурении диабазов // Методика и техника разведки: Л. : 1965. – № 54 – С. 38–41.

Надійшла 25.06.15

УДК 622.24.05

М. В. Супрун

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ

ОЦІНКА ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ВСТАВОК ГІБРИДАЙТА НА РОБОЧОМУ ТОРЦІ БУРОВОЇ КОРОНКИ

Розраховано оптимальну кількість породоруйнівних вставок гібридайтa на робочому торці бурової коронки. Експериментально підтверджено правильність наведених розрахунків.

Ключові слова: гібридайт, CVD-алмаз, тиск, бурова коронка, інтенсивність зношування, механічна швидкість буріння.

Розроблений фахівцями Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України та Інститутом загальної фізики ім. А.М. Прохорова РАН, гібридний алмазний композиційний матеріал гібридайт є представником нового покоління гібридних надтвердих матеріалів, що поєднує позитивні властивості синтетичного, природного та CVD-алмазів. Цей матеріал армований CVD-алмазом, який по периметру частково або повністю в умовах високого тиску і температури вкритий оболонкою з алмазного композиційного термостійкого матеріалу (АКТМ). Матеріал має високі фізико-механічні властивості, що дає змогу ефективно використовувати його для оснащення бурового інструменту [1].

Особливо слід зауважити про прояв під час роботи породоруйнівних елементів з гібридайтa очевидного ефекту «самозаточування», тобто появу при зношуванні рівномірної конусності на робочому торці елементів при вершині армуючої вставки з CVD-алмазу [2]. У свою чергу, це зумовлює збільшення глибини зони передруйнування [3] та середнього розміру часток шламу [4], а отже, зменшення енергомісткості буріння. Втім необхідно, щоб тиск на вставках був достатнім для реалізації цього сценарію: у крайньому разі, якщо вся поверхня заповнена вставками, навряд чи варто очікувати їх позитивного впливу на швидкість буріння.

Мета цієї роботи – визначити оптимальну кількість породоруйнівних вставок гібридайтa на робочій поверхні алмазної імпрегнованої бурової коронки, що сприятиме підвищенню механічної швидкості буріння, та зменшить інтенсивність зношування цієї коронки за стандартних режимів буріння.

Остаточно відповісти щодо оптимальної кількості вставок може лише експеримент (і відповідь вочевидь залежатиме від конкретних умов застосування інструменту). Проте наближену попередню оцінку можна дати з низки простих міркувань.

З метою оцінювання оптимальної кількості породоруйнівних вставок гібридайтa розглянули модель бурової коронки типу БС06 діаметром 76 мм (рис. 1).

Внутрішній радіус $R_1 = 29$ мм, зовнішній радіус $R_2 = 38$ мм, а прикладена до коронки осьова сила $F_z = 1250$ даН. Тоді середній тиск на робочу поверхню коронки $\sigma_{n1} = 10$ МПа. Згідно з оцінювання зношування матриці бурової коронки у стаціонарному режимі нормальний тиск на вставку з гібридайтa можна визначити за формулою

$$\sigma_{n2} = \frac{K_1}{K_2} \sigma_{n1} \quad (1)$$

де K_1 , K_2 – коефіцієнт зношування відповідно матриці бурової

Рис. 1. Модель бурової коронки

коронки та породоруйнівних вставок.

Коефіцієнти K_1 , K_2 визначають виключно експериментально для конкретної гірської породи (у розглядуваному випадку для граніту X категорії буримости: $K_1 = 3,63$; $K_2 = 0,07$).

У стаціонарному режимі зношування середній тиск на вставку гібридайта $\sigma_{n2} \approx 520$ МПа. Це значення перевищує міцність на стискання більшості гірських порід, за винятком кварцу [5]. Якщо врахувати, що наявність мікропошкоджень (зони передруйнування) значно знижує міцність гірської породи, зазначеного тиску цілком достатньо для її руйнування вставкою.

Втім, така оцінка не враховує перерозподілу тисків між вставками та рештою робочої поверхні алмазовмісної матрицею бурової коронки. За такого тиску зусилля, що припадає на одну породоруйнівну вставку радіусом $R_v = 1.5$ мм:

$$F_v = \pi R_v^2 \sigma_{n2} \quad (2)$$

де $F_v \approx 370$ даН, що становить близько 20% сумарного осьового навантаження на коронку.

Таким чином, навіть коли коронка працює так, що основне навантаження припадає на породоруйнівні вставки, їх не повинно бути надто багато. У цьому разі, консервативна верхня оцінка кількості вставок:

$$N_v = F_z / F_v \approx 4. \quad (3)$$

Зазначена оцінка стосується буріння твердих порід (міцністю ~ 500 МПа). Для порід середньої твердості кількість вставок може бути за необхідності збільшена з метою підвищення продуктивності коронки.

Для підтвердження правильності визначення оптимальної кількості породоруйнівних вставок експериментально дослідили інтенсивність зношування та швидкість буріння коронок діаметром 76 мм з такими варіантами оснащення плоского робочого торця алмазовмісної матриці:

- без вставок гібридайта;
- з двома вставками гібридайта (через 5 секторів);
- з трьома вставками гібридайта (через 3 сектори);
- з чотирма вставками гібридайта (розрахункова) (через 2 сектори);
- з шістьма вставками гібридайта (через сектор).

Породоруйнівні вставки з гібридайта розміщували в алмазовмісній матриці бурової коронки з виходом на робочу поверхню торця з максимальним перекриттям.

Буріння дослідними коронками в чотирьох варіантах здійснювали в лабораторних умовах на спеціальному модернізованому радіально-свердильному верстаті моделі 2Н58 з потужністю двигуна основного приводу 13 кВт, додатково оснащеному гідравлічною системою подачі та системою промивання свердловини.

Параметри режиму буріння:

- частота обертання 630 хв^{-1} ;
- осьове навантаження 1250 даН.

Для буріння застосовували блок Коростишевського граніту X категорії буримости. Бурили на глибину до 1 м за один прохід (рейс). Для кожного експериментального зразка бурової коронки загальна проходка складалася з чотирьох рейсів і становила загалом 4 м, що забезпечило отримання достовірних даних про зношування матриці коронки.

Інтенсивність зношування ω (г/м) визначали як відношення вагового зносу Δm (г) до проходки на інструмент L (м):

$$\omega = \Delta m / L$$

Результати випробувань наведено в таблиці.

У результаті дослідження виявили, що у коронок з різною кількістю вставок гібридайта на вершині робочого торця спостерігається різна інтенсивність зношування матриці та механічної швидкості буріння. Так, найбільша інтенсивність зношування бурових коронок без оснащення додатковими породоруйнівними елементами.

Результати випробувань дослідних коронок

Варіант оснащення торця матриці коронки	Проходка на коронку L , м	Тривалість буріння t , год.	Ваговий знос Δm , г	Розрахункові показники	
				Середня механічна швидкість буріння V , м/год.	Інтенсивність вагового зношування ω , г/м
Без вставок гібридайта	4	2,062	3,67	1,94	0,92
с двома вставками гібридайта		1,905	3,22	2,10	0,80
с трьома вставками гібридайта		1,852	3,08	2,16	0,77
с чотирма вставками гібридайта (розрахункова)		1,515	2,04	2,64	0,51
с шістьма вставками гібридайта		3,961	1,03	1,01	0,25

Як впливає з даних таблиці, у разі оснащення алмазовмісної матриці робочого торця бурової коронки додатковими породоруйнівними елементами підвищується механічна швидкість буріння та знижується інтенсивність зношування матриці.

Так, механічна швидкість буріння коронок з двома або трьома розташованими по поверхні робочого торця вставками гібридайта, підвищилась відповідно на 5 та 10%. Не істотно змінилась також інтенсивність зношування матриці порівняно з коронками без оснащення додатковими породоруйнівними елементами. Це свідчить про недостатню кількість породоруйнівних елементів на поверхні робочого торця матриці бурової коронки.

Зі збільшенням кількості породоруйнівних елементів гібридайта до чотирьох (через 2 сектори) механічна швидкість буріння підвищилась на 40%, порівняно з коронкою без вставок; при цьому інтенсивність зношування матриці знизилась майже вдвічі.

Зі збільшенням кількості породоруйнівних елементів гібридайта до шістьох (через сектор), інтенсивність зношування матриці знизилась майже в 4 рази, тобто набагато значніше ніж у коронок без вставок. При цьому механічна швидкість буріння знизилась на 40%. Таке зниження механічної швидкості зазначених коронок зумовлено тим, що осьове навантаження розподілялось по робочому торцю нерівномірно і тому питомого навантаження, що припадає на вставку, було недостатньо для ефективного руйнування масиву гірської породи, оскільки породоруйнівні вставки гібридайта не «розкривались», тобто недостатньо зношувалась оболонка з АКТМ і не оголювався CVD-алмаз, внаслідок чого вставки гібридайта працювали в режимі часткового заповірювання, що призводить до різкого зниження механічної швидкості буріння.

З огляду на викладене можна констатувати про можливість регулювання механічної швидкості буріння та інтенсивності зношування алмазовмісної матриці бурової коронки шляхом розміщення в ній оптимальної кількості вставок гібридайта.

Висновки

Отримані експериментальні дані підтверджують, що визначення оптимальної кількості породоруйнівних елементів гібридайта на робочому торці матриці бурової коронки може значно вплинути на ефективність буріння. Так, за оптимальної кількості вставок гібридайта при оснащенні алмазовмісної матриці бурової коронки механічна швидкість буріння підвищується майже в 1,4 рази, інтенсивність зношування її матриці вдвічі зменшується порівняно з буровою коронкою без оснащення робочого торця додатковими породоруйнівними елементами.

Рассчитано оптимальное количество породоразрушающих вставок гибридайта на рабочем торце буровой коронки. Экспериментально подтверждена правильность приведенных расчётов.

Ключевые слова: гибридайт, CVD-алмаз, давление, буровая коронка, интенсивность износа, механическая скорость бурения.

Calculate the optimum number of cutters hibrydayt inserts on the working end of the drill bit. Experimentally confirmed the correctness of the above calculations.

Key words: hibrydayt, CVD-diamond, pressure, drill bits, intensity of wear, mechanical drilling speed.

Література

1. Новый ультратвердый поликристаллический композиционный материал / А. А. Шульженко, Е. Е. Ашкинази, А.Н. Соколов и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2009. – Вып. 12. – С. 143–153.
2. Исследования работоспособности нового гибридного алмазного композиционного поликристаллического материала при разрушении крепких горных пород. / А. А. Шульженко, Е. Е. Ашкинази, Р. К. Богданов и др. // Наук. пр. Донецьк нац. техн. ун. Сер. «Гірнично-геологічна» Вип. 13(178). – Донецьк: ДонНТУ, 2011. С. 117–121
3. Оценка эффективности разрушения твердых горных пород буровыми коронками, оснащёнными синтетическими алмазами и вставками гибридайт / М. В. Супрун, А. П. Загора, Р. К. Богданов, и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сб. науч. тр. К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. 2013. – Вып. 16. – С. 39–43
4. Оценка характера разрушения горных пород различными породоразрушающими элементами. / М. В. Супрун, А.П. Загора, Р.К. Богданов, и др. // Наук. пр. Донецьк нац. техн. ун. Сер. «Гірнично-геологічна» Вип. 2(19).– Донецьк: ДонНТУ, 2013, с. 253–256.
5. Спивак А. И. Разрушение горных пород при бурении скважин /А.И. Спивак, А.Н. Попов. – М.: Недра, 1994.

Надійшла 7.07.15

УДК 622.245.4

Я. С. Коцкулич, д-р техн. наук, **В. І. Колісник**, **В. І. Гриманюк**,
кандидати технічних наук

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ТАМПОНАЖНОГО КІЛЬЦЯ ПРИ ОПРЕСУВАННІ ОБСАДНОЇ КОЛОНИ (НА ПРИКЛАДІ СПОРУДЖЕННЯ СВЕРДЛОВИН ДАТ «ЧОРНОМОРНАФТОГАЗ»)

У результаті аналізу стану кріплення свердловин, споруджених ДАТ «Чорноморнафтогаз», встановлено, що однією з причин виникнення міжколонних тисків є негерметичність контактної поверхні «обсадна колона – цементний камінь». Наведено результати лабораторних досліджень деформаційних характеристик тампонажного каменю з використанням методики триточкового згину цементного зразка. Проаналізовано результати теоретичного розрахунку величини переміщення контактної поверхні з використанням армованого синтетичним фіброволокном та неармованого тампонажного каменю. Встановлено, що додавання до цементу синтетичної фібри сприяє підвищенню деформаційних характеристик тампонажного каменю, що дозволяє забезпечити герметичність заколонного простору свердловини.

Ключові слова: *свердловина, міжколонний тиск, тампонажний камінь, обсадна колона, контактна поверхня, синтетичне фіброволокно.*

Як засвідчили результати аналізу якості кріплення свердловин на родовищах північно-західного шельфу Чорного моря, у 30% з них зафіксовані міжколонні тиски. Порушення герметичності цементного кільця спричинені утворенням тріщин в цементному камені та низькою адгезією його контактних поверхонь з обсадною колоною та стінкою свердловини внаслідок надмірних внутрішніх навантажень на обсадну колону під час буріння, опресування і перфорації, зміни температурного режиму у свердловині та інших чинників. Досліджено, що міцність цементного каменю на розтяг стандартних цементів майже в 10 разів менша, ніж на стискання, деформаційні характеристики цементного каменю істотно відрізняються від характеристик матеріалу обсадних труб, що призводить до утворення зазору між цементним каменем та обсадною колоною після зняття внутрішнього навантаження на кріплення свердловини [1; 2].

Незважаючи на значну кількість досліджень проблеми збереження цілісності тампонажного каменю за надмірних навантажень, зміни температурного режиму, роботи в агресивному середовищі, залишаються актуальними.