

5. Поликристаллический композиционный материал «Алмаз–карбид вольфрама» / С. Н. Назарчук, А. А. Бочечка, Г. С. Олейник и др. // Сверхтвердые матер. – 2011. – № 1. – С. 3–17.
 6. Кивилис С. С. Плотномеры. – М.: Энергия, 1980. – 280 с.
 7. Григорович В. К. Твердость и микротвердость металлов. – М.: Наука, 1976. – 230 с.
 8. Дуб С. Н., Мальнев В. И. Особенности испытаний кристаллов алмаза и кубонита на трещиностойкость // Методы исследования свойств сверхтвердых материалов. – К.: ИСМ АН УССР. 1981. – С. 21–25.
 9. Application of acoustic methods for the monitoring of products made of hard alloys / L. M. Devin, V. P. Bondarenko, O. A. Osadchyi, T. V. Nimchenko // Mater. Sci. – 2009. – N 45 (3). – P. 392–398.
 10. Глаговский Б. А., Ройтштейн Г. Ш., Яшин В. А. Контрольно-измерительные приборы и основы автоматизации производства абразивных инструментов: учеб. пособие для машиностроит. техникумов. – Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1980. – 278 с.
 11. Композит алмаз–карбид вольфрама на основе алмазного порошка АСМ 1/0 / А. А. Бочечка, Н. Ф. Гадзыра, С. Н. Назарчук и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, ИПЦ Алкон НАН Украины, 2009. – С. 244–247.
- Поступила 06.07.12*

УДК 621.921.34-492.2:620.22-419

Е. М. Луцак, І. А. Свєшніков, д-р техн. наук, **С. Д Заболотний, С. В. Смекаленков**,
О. О. Бочечка, д-р техн. наук; **В. М. Ткач**, д-р. фіз.-мат. наук; **С. М. Назарчук**, канд. техн. наук

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

ВИПРОБУВАННЯ РІЗЦІВ ДЛЯ БУРІННЯ ШПУРІВ ПІД АНКЕРНЕ КРІПЛЕННЯ, ВИГОТОВЛЕНИХ З КОМПОЗИТУ АЛМАЗ – КАРБІД ВОЛЬФРАМУ

Описано результати випробування бурового інструменту, робочі елементи якого виготовлені з композиту алмаз – карбід вольфраму. Показано можливість металізації композиту під час його спікання при високому тиску.

Ключові слова: алмазний композит, спікання, високий тиск, алмазні порошки, карбід вольфраму, металізація, буровий інструмент.

Вступ

Анкерне кріплення гірничих виробок доволі поширене у світовій практиці гірничих робіт. Наприклад, на шахтах Польщі 80% підготовчих виробок закріплені анкерами. Це сприяє значній економії металевого аркового кріплення.

У гірничій промисловості України анкерне кріплення широко впроваджено в об'єднанні «Павлоградвугілля». У такий спосіб там закріплено понад 140 км гірських виробок. Проте для ширшого впровадження цього прогресивного способу кріплення потрібен високопродуктивний і надійний буровий інструмент для малогабаритних бурових машин. У зв'язку із цим розробка пластин алмазного полікристалічного композиційного матеріалу (АПКМ) має велике практичне значення.

Для оцінювання зносостійкості та динамічної міцності елементів з АПКМ розроблено комплексну методику визначення працездатності породоруйнівних елементів з АПКМ на

стенді. Комплексність оцінювання зносостійкості та динамічної міцності полягає в одночасному впливі на АПКМ абразивного зносу при різанні породи і динамічного навантаження на початку кожного нового різання, що можна отримати при різанні на стругальному верстаті.

Методика дослідження

Випробувували пластини АПКМ, отримані спіканням при тиску 8 ГПа суміші алмазних порошоків двох рівнів дисперсності [1] з порошком вольфраму наступних складів: I – 50 % (мас.) АС6 160/125, W; II – 50 % (мас.) АС6 160/125, 35 % (мас.) АСМ 1/0, W; III – 15 % (мас.) АС6 160/125, 35 % (мас.) АСМ 28/20, W.

Експерименти з металізації та змочування проводили при тиску 8 ГПа в апараті високого тиску (АВТ) типу «тороїд» за методикою, розробленою в ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України [2], за температури, достатньої для плавлення речовини, якою змочують алмазний полікристал. У комірку високого тиску вміщували зразок алмазного полікристалу і змочувальну речовину, запресовані в хлорид натрію так, щоб розплавлений метал при контакті з алмазом утворював краплю в рідкому NaCl. Глибину проникнення розплаву Cu–Ti в пористе середовище шихти композиту під час спікання вивчали за допомогою локального рентгеноспектрального аналізу вздовж перерізу готового матеріалу від шару металу до робочої частини композиту.

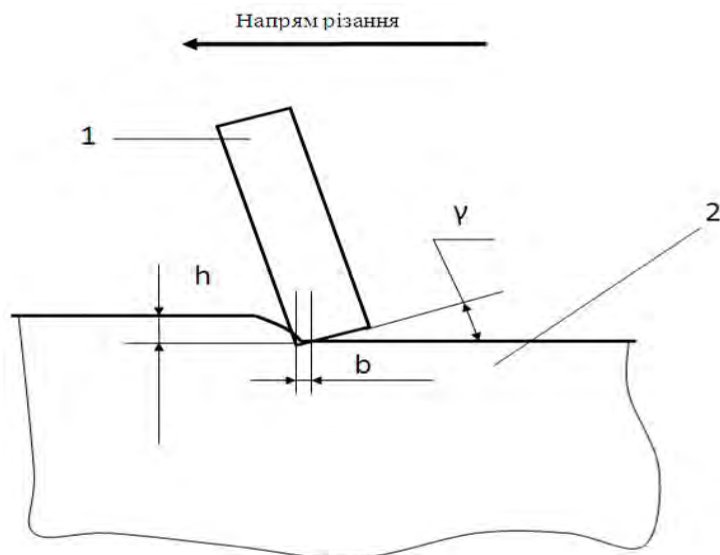


Рис. 1. Схема визначення зносостійкості: 1 – зразок АПКМ; 2 – блок піщанику; h – глибина різання, мм (добирають експериментально); γ – задній кут 15° ; b – ширина майданчика зношування, мм

стиск 140 МПа і абразивністю $a = 40$ мг.

Зразок АПКМ встановлювали в різцетримачі стенда (рис. 2).

Зносостійкість зразків можна визначати двома способами: за площею зношування або втратою маси. У першому випадку за однакової довжини різання (встановлюється дослідно) визначають площу зношування. Довжину шляху різання вибирали такою, за якої повинна забезпечуватися площадка зношування по задній грані найменш зносостійкого зразка розміром не менше 1 мм. Після попередніх випробувань точно встановлювали оптимальну довжину шляху різання, за якої по задній грані зразка утворюватиметься видима неозброєним оком площадка затуплення. У результаті попередніх експериментів вибрали оптимальну глибину (0,5 мм) і довжину шляху різання (20 м) за яких ширина площадки зношування не виходить за контур пластини АПКМ.

Випробування здійснювали на стенді, створеному на базі поперечно-стругального верстата типу 7В36. Схему випробування наведено на рис. 1.

Технічні характеристики стенда:

Довжина ходу повзуна – 300–700 мм.

Найбільший кут повороту різцевої головки – 80° .

Швидкість різання – 0,230 м/с (15 ходів за хвилину).

Поперечна подача столу на подвійний хід повзуна – 3,2 мм.

Максимальний розмір блоку породи – 830x500x700 мм

Потужність двигуна – 5,5 кВт.

В якості породних блоків використовували пісковик Торезького родовища міцністю на

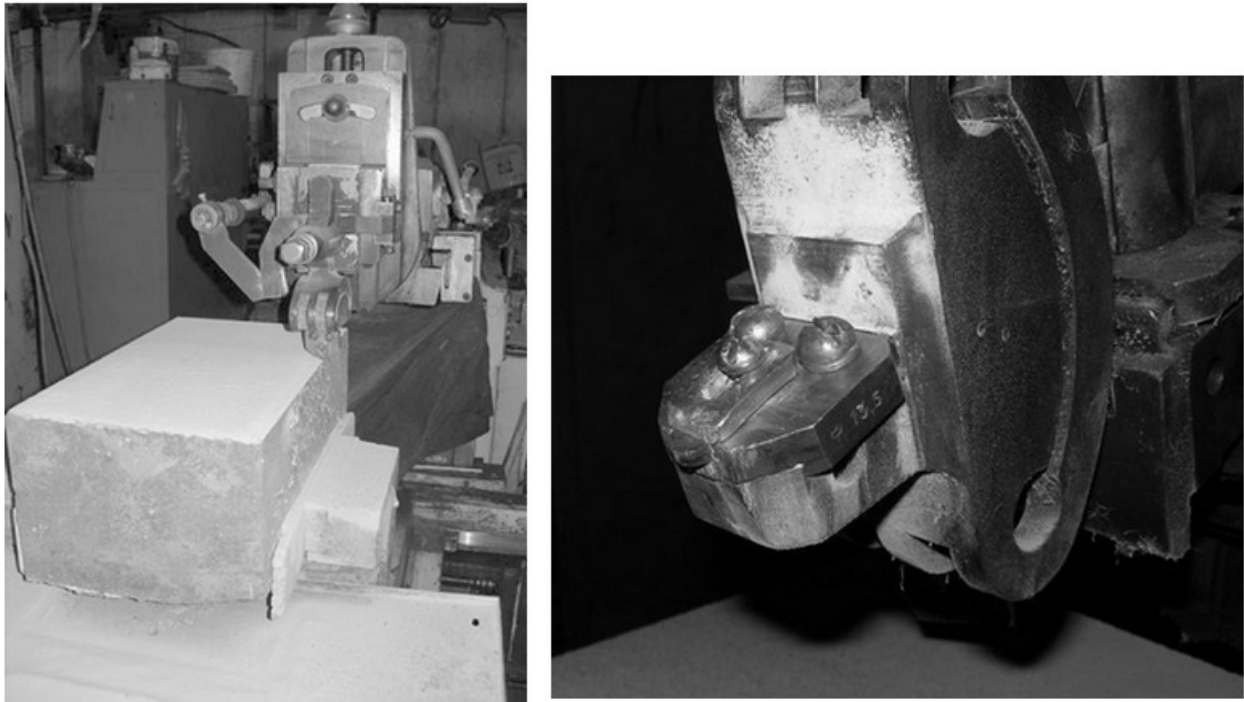


Рис. 2. Стенд для комплексного визначення працездатності породоруйнівних елементів з АПКМ

Площу зношування вимірювали за допомогою інструментального бінокулярного мікроскопа МБС-9, точністю до 0,01 мм.

При випробуванні ваговим способом зразки зважували до та після випробування на аналітичних вагах точністю до 0,1 мг.

Як контрольний зразок використовували стандартну алмазно-твердосплавну пластину (АТП) діаметром 13,5 мм.

Випробовували всі надані відповідні зразки. Відбирали зразки з площадкою зношування або втратою маси, що дорівнювали або були близькими до зношування вихідних зразків АТП.

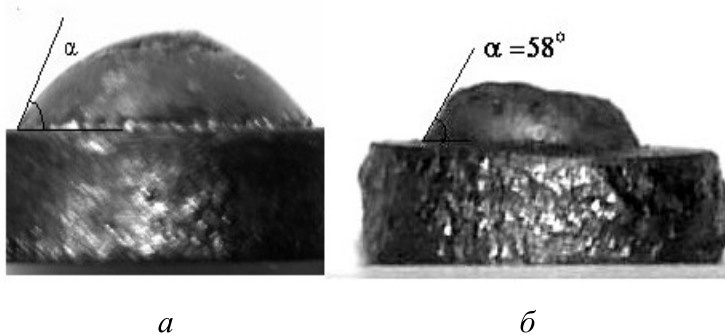


Рис. 3. Загальний вигляд крапель розплавів $Co-W$ (а) та $Cu-Ti$ (б) на поверхні нанокompозиту алмаз – карбід вольфраму (а) та полікристалу, спеченого з алмазного порошку марки АСМ 1/0 (б)

рисунка, вказані розплави змочують алмазні полікристали і тому придатні для металізації АПКМ.

Результати вивчення процесу просочування зазначеними розплавами при високому тиску порошкових сумішей, з яких спікаються АПКМ, засвідчили, що металізацію можна

Якщо в процесі випробувань зразок АПКМ руйнувався, вважали що він не пройшов випробування за динамічним навантаженням.

Випробовували 10 зразків кожного різновиду.

Результати досліджень та їхнє обговорення

Для вирішення проблеми закріплення в корпусі бурового інструменту робочих елементів з АПКМ визначали змочуваність зразків алмазних полікристалів розплавами $Co-W$ та $Cu-Ti$ в умовах високого тиску (рис. 3). Як видно з

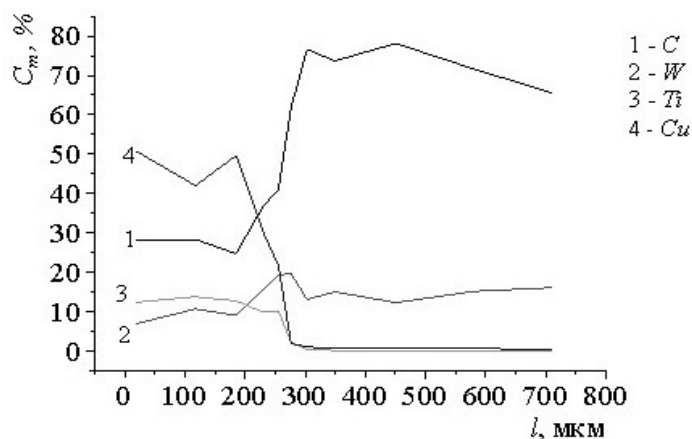


Рис.4. Розподіл елементів вздовж осевого перерізу металізованого композиту алмаз-карбід вольфраму: C_m – концентрація елементів за масою

(27 % ат.). Паяли на повітрі припоєм ПСР40. Найбільше значення міцності на зсув мають з'єднання пластин з АПКМ, металізовані сплавом Cu-Ti.

Зразки АПКМ одержали в умовах високого тиску реакційним спіканням суміші алмазних порошків двох рівнів дисперсності марок АСМ 40/28 і АС6 160/125 з порошком вольфраму. Параметри спікання та склад суміші визначали за даними, одержаними при спіканні композитів алмаз – карбід вольфраму на основі нанопорошку УДА та дрібнодисперсного порошку марки АСМ 1/0. За одночасної дії високих тиску і температури одну з торцевих поверхонь зразків АПКМ металізували сплавом Cu-Ti. Робочі елементи для бурового інструменту виготовили шляхом механічної обробки зразків АПКМ. Після механічної обробки їх додатково металізували міддю шляхом напилення у вакуумі (рис. 5).



Рис. 5. Зовнішній вигляд робочих елементів різця для буріння шпурів, виготовлених з АПКМ алмаз – карбід вольфраму



Рис. 6. Загальний вигляд різця РШ-206

кріплення гірських виробок діаметром 33 мм (рис. 6).

проводити безпосередньо в процесі спікання, оскільки за оптимальних умов спікання АПКМ (температура і тривалість) не відбувається просочення на значну глибину (рис.4.).

Міцність нерознімних з'єднань зразків розробленого АПКМ з твёрдосплавними пластинами ВК 15 визначали при випробуванні на зсув за методикою ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України [3]. На плоскі поверхні зразків АПКМ в умовах високого тиску наносили шари вольфраму, сплавів Co-W та Cu-Ti.

Розроблений різець РШ-206 Ø33 мм для буріння шпурів під анкерне кріплення оснащений шістьма АПКМ Ø7 мм у різальній частині (по 2 пластини в лінії різання) і двома вставками твесалу Ø5 мм у калібруючій частині. Корпус різця виконаний із сталі марки 35ХГСА. АПКМ закріплювали в корпусі різця паянням припоєм ПСР 40 згідно ГОСТ 19738-74.

Для лабораторних випробувань натурних зразків бурового інструменту із застосуванням нових породоруйнівних елементів, виготовили різці для обертального буріння шпурів під анкерне

Випробування проводилися в Спільному науково-виробничому підприємстві «АЛКОН-Беве́рс» при бурінні Торезького пісковика міцністю на стиск 140 МПа і абразивністю $a = 40$ мг, встановленого на столі свердлильного верстата 2Н135. Різець закріплювали в шпинделі верстата за допомогою перехідника, що імітував бурову штангу (рис. 7).



Рис. 7. Загальний вигляд різця РШ-206, встановлений на адаптері

Бурили при частоті обертання 400 хв^{-1} і вертикальному зусиллі подачі 1000 Н упродовж 10 хв; при цьому пробурили 20 см шпура.

Виконали розрахунок довжини шляху різання одним різальним елементом.

Кількість обертів за час буріння

$$400 \text{ хв}^{-1} \times 10 \text{ хв} = 4000 \text{ обертів.}$$

Довжина шляху різання за один оберт

$$l_{\text{об}} = \pi D_{\text{ср}} = 29\pi = 91 \text{ мм,}$$

де $D_{\text{ср}}$ – середній діаметр різання пластиною в різці.

Результати експлуатаційних випробувань АПКМ наведено в таблиці.

Експлуатаційні випробування АПКМ

Номер зразка	Умови одержання зразка			Величина зносу по задній поверхні, при довжині шляху різання	
	Склад шихти, (% мас.)	Параметри спікання			
		p , ГПа	T , °С	h_z , мм	l , м
1	50 % АС6 160/125, W	8	1800	0,26	20
2	50 % АС6 160/125, 35 % АСМ 1/0, W	--	--	0,20	--
3	15 % АС6 160/125, 35 % АСМ 28/20, W	--	--	0,17	--
4	АТП	--	1700	0,17	--

Примітка. Для АТП на 50 м шляху різання, величина зносу становить 0,43 згідно з ТУ 88 України 90.1244-91.

За результатами випробувань зносостійкості АПКМ для застосування в конструкції дослідних бурових різців прийняли, що величина зносу пластини з цього матеріалу становить 0,17 мм при довжині шляху різання 20 м.

Довжина шляху різання однієї пластиною (при двох пластинах у лінії різання) становила $91 \cdot 4000 : 2 = 182,2$ м при глибині різання за оберт $200 : 4000 : 2 = 0,025$ мм. При

шляху різання 182 м середня ширина майданчика зношування одиначної пластини в даних умовах склала 1,60 мм, що відповідає зношуванню стандартної АТП за таких самих умов [4].

Результати лабораторних випробувань експериментального інструменту засвідчили доцільність використання розроблених пластин для оснащення дослідної партії різців і проведення їхніх випробувань у виробничих умовах на підприємствах вугільної промисловості України при бурінні анкерних шпурів по породах міцністю до 168 МПа та абразивністю до 45 мг.

Висновки

Описано основні принципи одержання алмазного полікристалічного композиційного матеріалу алмаз – карбід вольфраму для застосування як робочих елементів у буровому інструменті.

Показано принципову можливість металізації АПКМ в процесі його спікання в при високому тиску.

Виготовлено зразки бурового інструменту, оснащеного АПКМ, лабораторні випробування бурового інструменту показали, що зносостійкість різців з АПКМ є на рівні зносостійкості АТП, а також необхідність подальшого випробування на підприємствах при бурінні шпурів для анкерного кріплення.

Описаны результаты испытания бурового инструмента, рабочие элементы которого изготовлены из композита алмаз – карбид вольфрама. Показана возможность металлизации композита в процессе его спекания при высоком давлении.

Ключевые слова: алмазний композит, спекание, высокое давление, алмазные порошки, карбид вольфрама, металлизация, буровой инструмент.

The results of test drilling tools, work items which are made of composite diamond – tungsten carbide composite has been described. The possibility of metallization composite during sintering it by high pressure was shown.

Key words: diamond composite, sintering, high pressure, diamond powders, tungsten carbide, metallization, drilling tools.

Література

1. Пат. на корисну модель № 50931 Україна, М. кл.⁶ МПК, В24D 3/00, В22F 3/00. Спосіб отримання алмазного композиційного матеріалу / М. В. Новіков, О. О. Бочечка, С. М. Назарчук та ін. – Опубл. 25.06.10; Бюл. № 12.
2. Смачиваемость металлическими расплавами алмаза в области его термодинамической стабильности / Ю. В. Найдич, А. А. Шульженко, А. В. Андреев и др. // Докл. АН УССР. Сер. А. – 1984. – № 6. – С. 77–79.
3. Методика испытаний паяных соединений алмазно-твердосплавных резцов (АТР) на прочность. М 88 УССР 90.134-87 к ТУ-037-134-87. – К.: ИСМ АН УССР, 1987. – 6 с.
4. ТУ 2-037-547-86. Пластины алмазно-твердосплавные. Технические условия. – К.: ИСМ АН УССР, 1986. – 8 с.

Надійшла 06.07.12