

## МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ АЛМАЗНО-ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН ЗА ДОТИЧНИМ НАПРУЖЕННЯМ НА ЗРІЗ

*М.О.Бондаренко, Д.Л.Коростишевський, О.С.Осіпов, В.А.Мечник*

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля НАН України, м. Київ, вул. Автозаводська, 2,  
тел. (044) 4675625, e-mail: bond@ism.kiev.ua*

*Представлена методика и результаты исследования прочности соединения двухслойных алмазно-твердосплавных пластин. Установлено, что в термообработанных пластинах прочность соединения слоев снижается на 20%, а при увеличении алмазосодержащего слоя на 20-25% касательные усилия среза уменьшаются на 12-15%. Экспериментальные исследования, проведенные на пластинах АТП подтвердили эффективность данной методики и перспективу ее применения.*

*The technique and results of research of durability of connection two-layer PDC is presented. It is established, that in heat-treated plates durability of connection of layers decreases on 20 %, and at increase diamond-bearing a layer on 20-25 % tangents of effort of a cut decrease on 12-15 %. The Experimental researches spent on plates PDC have confirmed efficiency of the given technique and prospect of its application.*

### 1. Актуальність

Створення алмазного бурового інструменту оснащеного ріжучими елементами PDC (polycrystall diamond compact), а потім – алмазно-твердосплавними пластинами (АТП), здійснило прорив у використанні алмазних доліт у процесі буріння нафтових та газових свердловин. Значно перевищуючи показники шарошкових доліт за проходкою, вони успішно конкурують з ними за механічною швидкістю буріння. Це призвело до того, що у всьому світі частка алмазних доліт в загальному об'ємі використання алмазного інструменту досягла 20%, а частка доліт, оснащених пластинами типу АТП, – 90%. Це пояснюється тим, що більшість розробників АТП активно працюють над створенням термостійких елементів, здатних працювати не лише в м'яких породах, а й в породах середньої твердості і твердих, де показники буріння алмазними долотами суттєво вищі за показники шарошкових доліт [1].

Під час розробки та використання пластин АТП важливим фактором оцінки їх якості є міцність з'єднання алмазного полікристалічного шару з твердосплавною підкладкою. До цього часу основними критеріями для визначення роботоздатності пластин була оцінка зносостійкості [2] та твердості [3] алмазного полікристалічного шару. Однак ці критерії повною мірою не виявляють нерівномірності з'єднання алмазовмісного шару та твердосплавної підкладки, неоднорідності їх спікання, можливого розшарування, та наявності інших невидимих дефектів і недоліків технології спікання, хоча за даними роботи [3] саме ці ознаки складають 27% втрати пластинами роботоздатності. Контроль з'єднання шарів виконують також за допомогою ультразвукового методу (УЗК). Такий метод контролю (без руйнування пластин) дає змогу фіксувати наявність мікротріщин в двошарових пластинах після спікання, чи навіть

після їх закріплення методом пайки в долоті. Однак в тих випадках, коли напруження на границі шарів близькі до критичних, метод УЗК не виявляє дефектів в пластинах, що контролюються. Відшарування алмазного шару відбувається після виготовлення доліт, або, ще гірше, в процесі роботи долота на вибої. Недолік цього методу ще й в тому, що він не дає чисельного значення міцності з'єднання шарів в пластині, що важливо знати при вдосконаленні технологій їх виготовлення, чи під час розробки нових пластин.

Тому розробка методу оцінювання роботоздатності пластин є актуальною проблемою, та має велике практичне значення.

### 2. Описання методики та схеми випробовування

Методика оцінювання базується на експериментальному визначенні дотичних напружень зрізу алмазовмісного шару від твердосплавної підкладки. Реалізація поставленого завдання відбувалась так. Пластину АТП, що виготовляється у вигляді диска діаметром 13,5мм і висотою 3,5мм, розрізали методом електроерозійної обробки діаметрально на дві рівні частини. Слід зауважити, що в пластинах АТП загальною висотою 3,5мм висота алмазовмісного шару, залежно від технологічних потреб, може змінюватися від 0,8 до 1,5мм. Одну половину, термічно оброблювали в муфельній печі за температури 900°C протягом 3хв. з наступним охолодженням на повітрі. Таким чином, моделювався процес “термічного удару”, який відбувається під час впаювання пластини в долото. Після цього, з кожної половини вздовж діаметрального перерізу вирізалось по п'ять зразків пластини, які мали форму паралелепіпеда висотою 3,5мм і в поперечному перерізі квадрата з сторонами 2,05x2,05мм. Отже, дослідженню підлягала вся площа пластини:

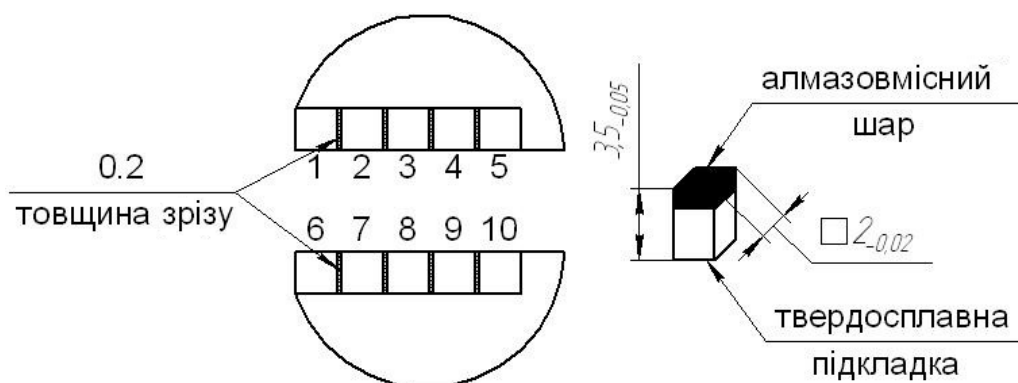
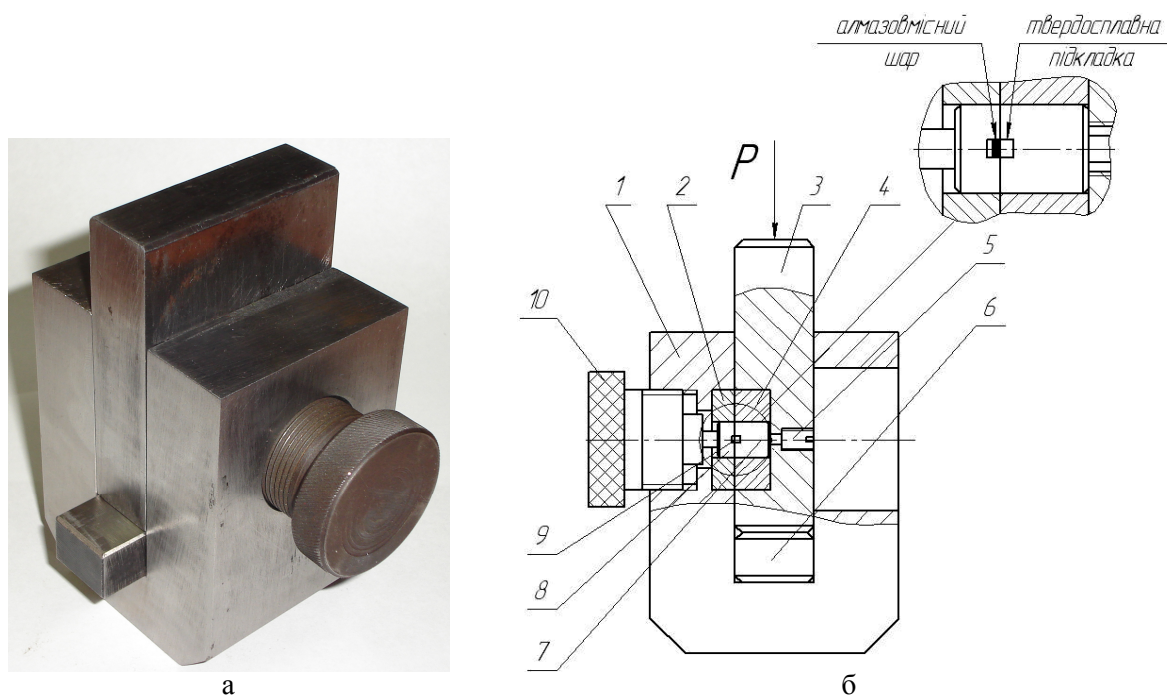


Рисунок 1 – Схема підготовки зразків пластини АТП до випробувань



а – загальний вигляд; б – схематичне зображення

Рисунок 2 — Пристосування для проведення випробувань зразків на зріз

як в центрі, так і на рівновіддалених від центру ділянках. Зразки з не підігрітої половини пластини нумерувалися від №1 до №5, а вирізані симетрично з термообробленої половини – відповідно від №6 до №10. Після цього всі 10 зразків алмазошліфуванням доводили до розміру  $\square 2_{-0,02}$ мм. (рис. 1).

Попередньо, для забезпечення проведення досліджень, методом гарячого пресування з твердого сплаву марки ВК6 були спечені установчі та затискні вставки, з подальшою обробкою круглошліфуванням на безцентрово-шліфувальному верстаті до розміру  $\text{Ø}10_{-0,05}$ мм. Торцеві поверхні вставок шліфувалися алмазним кругом до отримання плоскопаралельних поверхонь перпендикулярних осі. На одній з торцевих поверхонь установчої та затискної вставки електроіскровим способом вирізалися співвісні наскрізні пази прямокутної форми, ширина яких становила  $2^{+0,05}$ мм. Глибина паза на установчій вставці відповідала висоті твердосплавної підкладки пластини АТП, а глибина паза

затискної вставки складала 2 мм і виконувалась з вільним допуском.

Як оснащення для проведення випробувань було використано спеціальне пристосування, загальний вигляд якого зображено на рис. 2,а, а схематичне зображення – на рис. 2,б.

Пристосування складається із сталевого корпусу 1 і запресованого до нього центрувального твердосплавного кільця 2, рухомої сталевий пластини 3 і запресованого до неї установочного твердосплавного кільця 4, регулюючого гвинта 5, підпiрного бруска 6, установочної вставки 7, затискної вставки 8, дослідного зразка пластини АТП 9, підпiрного гвинта 10.

Складання пристосування для проведення випробувань здійснюється ось як. В корпус 1 на підпiрний брусок 6 встановлюється рухома пластина 3, в яку по ходовій посадці попередньо встановлюється установочна вставка 7 і виставляється врівень з бічною поверхнею рухомої пластини за допомогою регулюючого гвинта 5. Установочна вставка розміщується в



1 – динамометричний пристрій; 2 – пристосування для випробування на зріз; 3 – робоча стрілка; 4 – фіксуєча стрілка

**Рисунок 3 — Універсальна випробувальна машина FP-10**

установочному кільці так, щоб наскрізний паз на торцевій поверхні був паралельний до площини підпільного бруска. Висоту підпільного бруска і рухомої пластини підібрано так, щоб вісь отвору в установочному кільці, а отже і вісь установочної вставки співпадали з віссю центрувального кільця і віссю затискної вставки. Через отвір центрувального кільця в паз установочної вставки вставляється дослідний зразок пластини АТП 9 так, щоб лінія розділу алмазовмісного шару і твердосплавної підкладки була врівень з торцевою поверхнею установочної вставки. Затискна вставка 8 вставляється в отвір центрувального кільця так, щоб наскрізний паз був розміщений паралельно до площини підпільного бруска і виступаючий із установочної вставки алмазовмісний шар дослідного зразка увійшов в нього. Затискна вставка притискається підпільним гвинтом 10.

Підготовлене до випробувань спеціальне пристосування встановлюється на динамометр 1 універсальної машини моделі FP-10 (рис. 3). З пристосування 2 виймається підпільний брусок.

На рухому пластину машиною подається навантаження, величина якого контролюється робочою стрілкою 3, а допустиме зусилля фіксуєчою стрілкою 4. Числові значення зусиль визначаються індикатором з роздільною здат-

ністю 4000Н за допустимої похибки вимірювання  $\pm 40\text{Н}$ . Дотичні напруження визначаються за відомою формулою.

### 3. Результати експериментальних досліджень

Для перевірки представленої методики, а також з метою визначення впливу товщини алмазовмісного шару на величину дотичних напружень зрізу в ІНМ НАН України було виготовлено три термостійких пластини АТП з добавками в алмазовмісний шар тугоплавкого з'єднання SiC [4]. Пластини виготовлялися з товщиною алмазовмісного шару 0,8;1,0;1,2мм. Підготовлені за представленою методикою дослідні зразки вказаних пластин АТП випробувались в лабораторних умовах. Результати випробувань представлені в таблиці 1.

Критерієм оцінки якості кріплення алмазовмісного шару до твердосплавної підкладки слугують результати визначення величини зрізаючих напружень паяного з'єднання АТП на припій Пер 40 до корпусу долота. В [6] було встановлено, що  $\tau_{зр}$  в таких з'єднаннях сягає 320 МПа, що достатньо для роботи без поломок.

**Таблиця 1 — Результати експериментальних випробовувань дослідних зразків термостійких АТП на зріз**

Висота алмазного шару, мм	$\tau_{зр}$ , МПа					Діапазон середніх значень $\tau_{зр}$ , МПа
	Порядковий номер зразка					
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 10	
0,8	642	498	523	624	818	596-621 475-480
	528	352	423	473	622	
1,0	619	479	392	737	469	522-539 425-436
	645	365	512	261	398	
1,2	697	398	547	398	388	448-486 371-388
	500	263	351	578	249	

Як видно з таблиці, тільки в деяких зразках значення зрізаючи напружень менші за визначені нами як достатні. Середні значення показників  $\tau_{зр}$  всіх підготовлених для випробовувань пластин, вищі ніж 320 МПа. Це дає підставу стверджувати, що пластини АТП придатні для використання в буровому інструменті.

Крім того, результати лабораторних досліджень свідчать, що зі збільшенням товщини алмазовмісного шару на 20-25% величина навантажень зрізу зменшується на 12-15%. Зменшується значення  $\tau_{зр}$  і після термообробки пластин на 20%.

**Висновки**

1. Розроблена методика експериментальних досліджень міцності з'єднання двошарових алмазно-твердосплавних пластин типу АТП.
2. Встановлено, що термообробка пластин за  $T=900^{\circ}C$  протягом 3 хвилин зменшує міцність з'єднання алмазовмісного шару з твердосплавною підкладкою на 20%.
3. Збільшення товщини алмазовмісного шару на 20-25% призводить до зменшення до-тичних напружень зрізу на 12-15%.

**Література**

1 Стасюк Л.Ф., Мельник М.П., Бондаренко Н.А., Мельник Н.Н., Мечник В.А. Термостойкие АТП и результаты их применения в буровых инструментах ИСМ // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его применения: Сборник научных трудов. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, НАН Украины, 2006. – Вып. 9. – С. 25-30.

2 Олейников Б.А. Метод оценки работоспособности алмазно-твердосплавных пластин // Синтетические сверхтвердые материалы в геолого-разведочном бурении: Сборник научных трудов. – Киев: ИСМ АН УССР, 1987. – С. 114-116.

3 Гаргин В.Г. Некоторые физико-механические свойства алмазно-твердосплавных пластин, используемых в буровом инструменте // Синтетические сверхтвердые материалы в буровом инструменте: Сборник научных трудов. – Киев: ИСМ АН УССР, 1988. – С. 4-7.

4 Отчет по договору №2683. Разработка и внедрение долот типа ИСМ АП 214,3 для бурения наклонных скважин в условиях ПО Красноленинскнефтегаз.: №5962 Архив ИСМ. – Киев, 1990. – 85 с.

5 Бондаренко Н.А., Осипов А.С., Мечник В.А., Петруша И.А., Гажа Г.П. Буровой инструмент оснащенный термостойкими режущими вставками АТП // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – 2007. – Вип. 4. – С. 14-18.

6 Звіт по договору №3880 “Розробка та виготовлення доліт ріжучої дії  $\varnothing 292,9$  і  $\varnothing 214,3$  мм, оснащених породоруйнівними елементами нового рівня для буріння порід середньої твердості. – Київ, 2005. – 96 с.