

Значения относительной погрешности, рассчитанные по формуле (9), сведены в табл. 7.

Таблица 7. Относительная погрешность вычисления энергоёмкости в зависимости от глубины и шага резания

Глубина резания, мм	Относительная погрешность вычисления энергоёмкости при шаге резания, мм										
	12	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80 (блокированный рез)
2,0	0,269	0,096	0,07	0,01	0,016	0,019	$7,8 \cdot 10^{-3}$	$1,97 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$4,37 \cdot 10^{-3}$	$2,87 \cdot 10^{-3}$
4,0		0,716	0,065	0,29	0,102	0,073	0,035	0,027	0,011	0,033	0,014
6,0				0,079	0,101	0,079	0,015	0,04	0,071	0,041	$7,35 \cdot 10^{-3}$
8,0				0,057	0,105	0,028	0,071	0,058	0,201	0,11	0,018

На основании экспериментальных исследований приходим к выводу, что с увеличением глубины резания эффективность разрушения породы повышается. Минимальная энергоёмкость разрушения получена при глубине резания 8 мм. Оптимальный шаг резания при минимальной энергоёмкости получен при шаге  $T_p = 60$  мм.

Разработанная математическая модель позволяет рассчитать энергоёмкость разрушения прочной горной породы с минимальной погрешностью.

Разработанную математическую модель необходимого оптимального шага резания  $T_p$  рекомендуется использовать при создании компьютерной программы расстановки резцов в коронке проходческого комбайна.

#### Литература

1. Р. С. Гутер. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта – М.: Физматгиз, 1962. – 356 с.

Поступила 10.06.09

УДК 622.24.051

**И. А. Свешников**, д-р. техн. наук, **Л. Ф. Стасюк**, канд. техн. наук,  
**С. Д. Заболотный**, **С. В. Смекаленков**

*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

#### ОЦЕНКА ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НОВЫХ МОДИФИКАЦИЙ АЛМАЗНО-ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН

*The new method of an estimation of wear resistance ATP is developed, allowing to predict their working capacity. Tests of new updatings of ATP with height diamond layer to 1,8 mm, developed in ISM are conducted. Influence of ways of processing diamond layer of plate on process of cutting of rock is studied.*

Породоразрушающий инструмент, оснащенный алмазно-твердосплавными пластинами (АТП), широко применяется при бурении шпуров и скважин на предприятиях угольной промышленности.

Созданные в ИСМ НАН Украины буровые резцы типа РШ-140 [1], РШ-152 и РШ-153 применяются для бурения шпуров под заряды взрывчатого вещества при буровзрывном спо-

собе проведения подготовительных выработок. Резцы типа РШ-167 и РШ-180 [2], предназначены для бурения шпуров под анкерное крепление горных выработок. Долота диаметром 46 – 150 мм, применяются при бурении технологических и дегазационных скважин. Стойкость нового инструмента при бурении по крепким и абразивным породам в 40–100 раз выше твердосплавного при одновременном повышении механической скорости бурения в 1,5–2 раза. Это позволяет существенно ускорить проходку подготовительных горных выработок, снизить затраты на 1 м проходки, повысить безопасность условий труда [3].

Разработанные согласно стандарту [4] АТП представляют собой двухслойные пластины диаметром 13,5 мм и высотой 3,5 мм, один слой которых высотой – 0,5–0,8 мм является алмазным поликристаллом, а другой – подложкой из твердого сплава. Основная эксплуатационная характеристика АТП – износостойкость алмазносного слоя пластины.

Бурение шпуров и скважин по особо крепким и абразивным горным породам приводит к интенсивному износу алмазносного слоя и пластины в целом, что делает использование нового инструмента в таких условиях нерентабельным [5].

В настоящее время для бурения скважин в сложных горно-геологических условиях применяются АТП с высотой алмазносного слоя 0,7; 1,7; 2,0; 2,5 и 3,0 мм фирмы «Element-six» (Великобритания) марки «Syndrill». Пластины марки «Syndrill» SQC R 1308-17F с высотой алмазносного слоя 1,7 мм применялись ранее для оснащения дегазационных долот, испытанных на шахте им А. Ф. Засядько, и показали высокую износостойкость. В ИСМ НАН Украины разработаны новые модификации экспериментальных алмазно-твердосплавных буровых пластин (АТП-Б) с увеличенной высотой алмазносного слоя.

Для изготовления экспериментальных пластин использовали пресс ДО-044 с усилием 2500 т. Спекание производили в аппарате высокого давления (АВД) типа «тороид» при давлении 7,7 ГПа и температуре 1600–2000 °С. Для этого разработали специальную ячейку АВД, которая позволяет увеличить высоту алмазносного слоя пластины до 1,8 мм и гарантирует равномерное распределение его свойств во всем объеме.

Исследовали три группы экспериментальных пластин АТП-Б-Р 1303-17 (по 2 шт.) с высотой алмазносного слоя до 1,8 мм. В качестве базовых пластин для сравнения были взяты две пластины АТП-1-13,5-02 (первой группы качества) [1].

Целью исследований АТП являлось определение зависимости высоты площадки износа пластин и динамики образования площадки их износа от длины пути резания блока горной породы.

Экспресс-метод, описанный в [6], применяется для оценки износостойкости и прочности пластин, изготавливаемых по стандарту [4], определения фактической линейной высоты площадки износа пластины в ее центральной части, образованной при длине пути резания блока горной породы  $50 \pm 1$  м, и оценки качества АТП в первоначальной фазе износа пластины (приработке). Однако этот метод не отражает динамику образования площадки износа АТП от увеличения длины пути резания блока породы.

Разработанная в ИСМ НАН Украины методика испытания АТП позволяет определить динамику износа пластин и ресурс их работоспособности в процессе резания горных пород.

В целях выбора оптимального способа обработки алмазносного слоя экспериментальных пластин АТП-Б с учетом повышения их работоспособности и снижения себестоимости производства для испытаний были представлены следующие пластины: с сохранением защитного слоя на алмазносной поверхности, образующегося в процессе спекания пластин с общей высотой 2,0 мм; с фаской 20°, позволяющей сформировать алмазносную режущую кромку; с полностью обработанным (вскрытым) алмазносным слоем высотой 1,7 мм.

Испытания АТП проводили на стенде на базе поперечно-строгального станка модели 7В36 при резании блока кварцевого песчаника, обработанного в виде параллелепипеда размерами 500x300x200 мм, добытого из Чистяковского карьера Торезского карьероуправления Донецкой области с пределом прочности на одноосное сжатие 140 МПа и абразивностью 35

мг. Этот песчаник является исходным материалом при исследовании АТП. Поправочный коэффициент абразивной способности горной породы  $k = 1$  [6].

До начала исследования поверхность блока горной породы следует подвергать выравниванию образцом АТП, не участвующим в испытании. Отклонение от плоскости выравниваемой поверхности не должно превышать 0,1 мм. Испытуемый образец АТП крепится механическим способом с помощью резцедержателя – стальной державки и прижима, соединенных винтом. Конструкция резцедержателя обеспечивает геометрию режущей части образца АТП при резании горной породы ( $\beta_c = -10 \pm 0,5^\circ$  – передний угол резания;  $\alpha_c = 10 \pm 0,5^\circ$  – задний угол резания). Державка крепится к суппорту станка с помощью двух винтов.

Рекомендуемые режимы резания для поперечно-строгального станка следующие: скорость резания – 0,55 м/с; глубина резания – 0,50 мм; поперечная подача – 2,8 мм/ход.

Для определения средней высоты площадки износа пластин все образцы АТП испытывались при длине пути резания блока горной породы  $50 \pm 1$  м. Износом по высоте пластины в первоначальной фазе была принята фактическая линейная высота ( $h$ ) центральной части площадки износа АТП (рис.1). Высоту площадки износа пластины измеряли микроскопом МБС-9 при десятикратном увеличении. Погрешность измерений не превышала 10%.

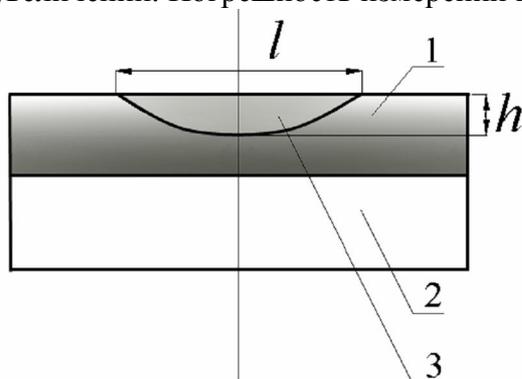


Рис. 1. Форма площадки износа АТП: 1 – алмазосный слой пластины; 2 – твердосплавная подложка пластины; 3 – площадка износа пластины;  $l$  – длина площадки износа;  $h$  – высота площадки износа

Результаты испытаний АТП приведены в табл. 1.

Таблица 1. Высота площадки износа различных АТП в первоначальной фазе

Порядковый номер АТП	Высота площадки износа АТП по высоте $h$ , мм	Примечание
1	0,27	
2	0,29	
3	–	Площадь скола 0,30 мм <sup>2</sup>
4	–	Площадь скола 0,25 мм <sup>2</sup>
5	0,15	
6	0,15	
7	0,13	
8	0,13	

Средняя высота (мм) площадки износа испытуемых образцов АТП

$$h_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i k}{n}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество испытуемых образцов экспериментальных или базовых АТП, подлежащих испытаниям;  $h_i$  – фактическая линейная высота центральной части площадки износа пластины, мм;  $k$  – поправочный коэффициент абразивной способности блока горной породы.

Так как испытуемый блок горной породы является исходным материалом для испытаний АТП ( $\sigma_{сж} = 140$  Мпа,  $a = 35$  мг), то  $k = 1$  [6].

Средняя высота площадки износа экспериментальных образцов АТП (без учета пластин со сколами на режущей кромке АТП) составила 0,14 мм, базовых – 0,28 мм.

Для определения динамики износа АТП были отобраны по одному образцу экспериментальной и базовой пластин под номерами 7 и 1 с минимальной высотой износа. Согласно новой методике пластины были испытаны при длине пути резания блока горной породы  $200 \pm 1$  м. После прохождения пути резания блока 50 м (один слой), АТП вместе с резцедержателем снимали с суппорта станка для определения износа.

На этом этапе исследований в качестве износа АТП была принята площадь износа алмазоносного слоя  $S$  по режущей грани пластины (см. рис. 1).

Фактическую линейную высоту в центральной части площадки износа и ее длину по режущей кромке пластины измеряли с помощью микроскопа с погрешностью  $\pm 0,03$  мм.

Результаты исследования динамики износа пластин в зависимости от пути резания блока горной породы приведены в табл. 2.

Для установления износостойкости экспериментальной и базовой АТП определяется площадь износа алмазоносного слоя на режущих кромках пластин при длине пути резания блока горной породы  $50 \pm 1$ ,  $100 \pm 1$ ,  $150 \pm 1$  и  $200 \pm 1$  м. Площадь износа пластины ( $\text{мм}^2$ ) определяется в зависимости от длины пути резания по формуле площади кругового сегмента:

$$S = \frac{2}{3} hl. \quad (2)$$

С учетом поправочного коэффициента абразивной способности горной породы  $k$  формула приобретает следующий вид:

$$S_i = \frac{2}{3} h_{iucn} l_{iucn} k, \quad (3)$$

где  $h_{iucn}$  – фактическая высота центральной части площадки износа пластины на испытуемом блоке горной породы, мм;  $l_{iucn}$  – фактическая длина площадки износа по режущей кромке пластины на испытуемом блоке горной породы, мм.

Таблица 2. Результаты испытания динамики износа АТП

Но- мер АТП	Высота площадки износа пластины $h$ , мм, при длине резания, м				Длина площадки износа пластины $l$ , мм, при длине резания, м				Площадь износа пластины $S$ , $\text{мм}^2$ , при длине резания, м			
	50	100	150	200	50	100	150	200	50	100	150	200
1	0,27	0,37	0,46	0,55	2,80	5,0	6,10	7,0	0,51	1,24	1,88	2,58
7	0,13	0,15	0,18	0,21	2,50	3,50	4,30	5,0	0,22	0,35	0,52	0,70

По данным табл. 2 построены графики зависимости высоты площадки износа и динамики ее образования от длины пути резания горной породы (рис. 2 и 3).

Разработанная в ИСМ НАН Украины методика испытания АТП, основанная на определении площади износа режущей кромки пластины, позволяет более точно оценить износостойкость АТП по сравнению с существующей методикой [6], определяющей высоту площадки износа пластины. Увеличивая длину пути резания блока горной породы при проведении испытаний, можно прогнозировать ресурс работоспособности пластин и бурового инструмента в целом. Новая методика может быть рекомендована как стандарт предприятия для оценки износостойкости АТП.

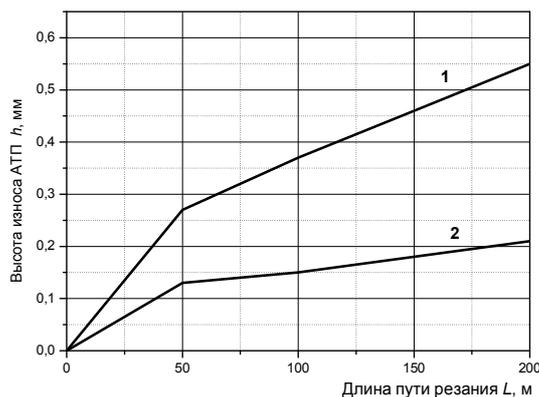


Рис. 2. Зависимость высоты площадки износа АТП от длины пути резания блока горной породы: 1 – базовая пластина; 2 – экспериментальная пластина

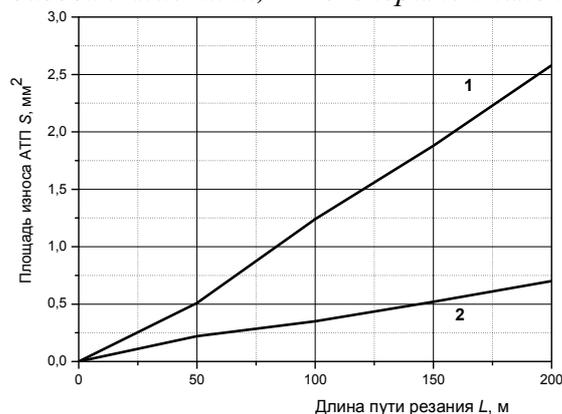


Рис. 3. Зависимость динамики образования площадки износа АТП от длины пути резания блока горной породы: 1 – базовая пластина; 2 – экспериментальная пластина

В процессе экспериментальных исследований алмазно-твердосплавных буровых пластин с увеличенным алмазоносным слоем установлено, что средняя высота площадки износа экспериментальных пластин при длине пути резания блока горной породы  $50 \pm 1$  м [6] (первоначальная фаза износа пластины) в 2 раза меньше, чем базовых пластин; динамика образования площадки износа на экспериментальной пластине при длине пути резания блока горной породы  $200 \pm 1$  м в 3,7 раза меньше, чем у базовой пластины.

На экспериментальных АТП с сохраненным защитным слоем на режущей кромке и рабочей поверхности пластин наблюдаются площадки выкрашивания алмазоносного слоя площадью  $0,25$  и  $0,30$  мм<sup>2</sup>. Сколы на этих АТП образуются из-за отсутствия острой режущей кромки на рабочей поверхности пластин за счет ударных динамических нагрузок в начале резания блока горной породы. Создание острой режущей кромки на алмазоносном слое пластины за счет снятия фаски способствует повышению эффективности процесса резания горной породы. Наиболее высокую износостойкость имеют пластины с полностью обработанным (вскрытым) алмазоносным слоем.

Применение пластин с увеличенным алмазоносным слоем позволит существенно повысить ресурс работоспособности породоразрушающего инструмента при бурении шпуров и скважин по особо крепким и абразивным горным породам.

### Литература

1. А. с. 1678106 СССР МКИ E21B 10/42. Долото для вращательного бурения / Б.А. Олейников, И.А. Свешников, В.Г. Красник и др.
2. Патент, Россия № 2007540 E21B 10/42. Резец для вращательного бурения / И.А. Свешников, Б.А. Олейников, В.Г. Красник, С.Д. Заболотный, С.В. Смекаленков.

3. Новый инструмент, оснащенный АТП, для бурения шпуров под анкерное крепление/ И.А. Свешников, В.Г. Красник, С.Д. Заболотный, С.В. Смекаленков // Инструмент. світ. – 2002. – № 4. – С. 8–9.
4. ТУ 88. Украина 90. 1244-91. Пластины алмазно-твердосплавные для режущего инструмента. Технические условия. – К., 1991. – 24 с.
5. Смекаленков С.В., Красник В.Г. Область применения резцов вращательного бурения, оснащенных алмазно-твердосплавными пластинами // Уголь Украины. – 1996 – № 1. – С. 21–22
6. СТП 28.5 05417377 100 2003. Метод оценки износостойкости алмазно-твердосплавных пластин. Стандарт предприятия. – К., 2003. – 10 с.

Поступила 10.06.09

УДК 622.24.051

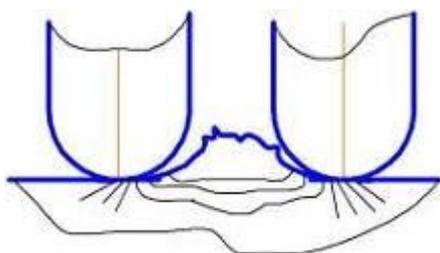
**И. А. Свешников, А. Л. Майстренко, доктора технических наук,  
С. Д. Заболотный, Е. П. Виноградова**

*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗОНЫ ПРЕДРАЗРУШЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ ГОРНОЙ ПОРОДЫ ПРИ РЕЗАНИИ**

*Influence of a zone of predestruction on power indicators of destruction of strong rocks is investigated. It is established, that at repeated cutting of sandstone at the expense of interaction of cracks of a zone of predestruction of size power indicators of destruction appreciably decrease.*

При резании прочных горных пород твердосплавными резцами большое значение имеет их взаимодействие. Можно предположить, что при их взаимодействии значительно сни-



*Рис. 1. Схема образования целика породы при взаимодействии двух инденторов*

зится прочность массива породы и, соответственно, энергоемкость ее разрушения. В процессе взаимодействия системы инденторов – резцов РП-221 при обосновании оптимального шага резания  $T_{\text{опт}}$  значительно снижается энергоемкость разрушения породы. При этом в процессе блокированного резания расположенный между двумя соседними резцами целик породы разрушается без дополнительного приложения энергии, за счет взаимодействия

трещин предразрушения (рис. 1).

Ранее экспериментально были исследованы зависимости глубины зоны предразрушения  $B_{з.п}$  от глубины резания  $h_p$  с использованием разработанной в ИСМ НАН Украины методики люминесцентного анализа трещин зоны предразрушения. Зависимости глубины зоны предразрушения от глубины резания резцами РП-221 теребовлянского песчаника и изотропного оптического стекла БК-8 показаны на рис.2. Стекло моделировало упруго-хрупкие по-