

Интеграл левой части этого равенства представляет квадрат нормы собственных функций (17) $\Delta_n^2 = \frac{l_1}{2} \bar{\Delta}_n^2$.

Интегрируя правую часть равенства (18) с использованием собственных функций (10) (13), получим

$$\begin{aligned} v \frac{l_1}{\lambda_1} \left[\sin \lambda_1 + \xi_1 l_1 (\cos \lambda_1 - 1) + \xi_1 \lambda_1 + \frac{F_2}{F_1} (A \sin \lambda_2 + B (\cos \lambda_2 - 1)) + A \frac{F_1 l_2}{F_2 l_1} \xi_2 \lambda_1 \right] = \\ = v \frac{l_1}{\lambda_1} \Phi_n. \end{aligned} \quad (19)$$

Так из условия (18) находим амплитудное динамическое перемещение нижнего конца стержня

$$u_0 = 2v l_1 \sqrt{\frac{\gamma}{E}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Phi_n}{\lambda_1^2 \bar{\Delta}_n^2}. \quad (20)$$

Зная начальный параметр u_0 , по (10), (13) можно найти уравнения перемещений сечений стержня $u_1(x)$ и $u_2(x)$, а затем дифференцированием найти внутренние усилия $N_i = EF_i u_i'(x)$ и напряжения $\sigma_i(x) = N_i(x) / F_i$.

Приведенный расчет может быть использован в расчетах бурильных колонн на ударные нагрузки при их опускании в скважину и внезапной остановке нижнего сечения в забое.

Библиографический список

1. Шевченко Ф. Л. Будівельна механіка. Спеціальний курс. Динаміка пружних стержньових систем.: Навчальний посібник. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2000. с. 292.
2. Справочник. Прочность. Устойчивость. Колебания. Под общей редакцией И. А. Биргера и Я. Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1968. с.467.

© Шевченко Ф. Л., 2006

УДК 622.24.051.64

Канд. техн. наук БОГДАНОВ Р. К., член-корр. НАНУ ШУЛЬЖЕНКО А. А., канд. техн. наук ЗАКОРА А. П., канд. техн. наук ИСОНКИН А. М., инж. ГАРГИН В. Г., инж. ПАНОВ А. В (ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины)

ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ АКТМ В ВИДЕ ЦИЛИНДРОВ В БУРОВОМ ИМПРЕГНИРОВАННОМ ИНСТРУМЕНТЕ

Поликристаллические материалы на основе алмаза (ПМА) были созданы в 70-х годах прошлого столетия и в самый короткий срок нашли широкое применение в качестве рабочих элементов в буровом инструменте.

Каркасом ПМА являются зерна монокристаллов алмазов, обладающие рядом определенных физико-механических и теплофизических свойств. Порядок в расположении алмазных зерен и степень их взаимосвязи обуславливают определенные свойства ПМА. Управление процессом формирования структуры ПМА открывает возможности создавать в зависимости от области применения ПМА с требуемым сочетанием твердости, теплопроводности, прочности и т.д.

В настоящее время насчитывается большое количество ПМА, используемых в буровом инструменте. Это - АТП, стратапакс синдрил, геосет и т.д.

В Институте сверхтвердых материалов им. В.Н.Бакуля (ИСМ) создан новый композиционный термостойкий материал (АКТМ), в котором для смачивания алмазного каркаса используют кремний. Во время смачивания происходит взаимодействие в системе алмаз-кремний с образованием в межалмазных промежутках карбида кремния. Образование дополнительной связи алмаз-карбид увеличивает общую прочность АКТМ.

Физико-механические свойства и номенклатура изделий алмазного композиционного термостойкого материала представлены в таблицах 1 и 2, соответственно.

Табл 1. Физико-механические свойства АКТМ

1. Плотность, г/см ³	3,45	5. Модуль Юнга, ГПа	970
2. Твердость по Кнупу, ГПа	50-55	6. Теплопроводность, Вт/(м·К)	250-300
3. Трещиностойкость, МПа·м ^{1/2}	10-12	7. Износостойкость при правке корундового круга, мг/кг	~ 4,4
4. Прочность на сжатие, ГПа	2,2-3,1	8. Термостабильность, К	~ 1500

Как видно из табл. 1, термостабильность материала АКТМ довольно высокая и составляет 1500 К. Это позволяет использовать для изготовления бурового инструмента связки с высокой температурой спекания, что обеспечивает высокую прочность удержания сверхтвердых режущих вставок. Для более прочного удержания в связке вставки из АКТМ необходимо обеспечить надежную связь между АККТМ и матрицей из твердого сплава. Для обеспечения надежной связи между АКТМ и матрицей в некоторых технологиях изготовления вставок предусматривается металлизация АКТМ, или нанесение на него карбидообразующего элемента, например титана, что обеспечивает надежную адгезионную связь между АКТМ и матрицей, или производят спекание твердого сплава совместно со вставками АКТМ.

Табл. 2. Номенклатура изделий АКТМ для бурового инструмента

Наименование	Размеры							
	диаметр, мм	высота, мм	диаметр, мм	высота, мм	диаметр, мм	высота, мм		
Цилиндры	1,0	2,0-4,0	1,8	2,0-4,0	3,5	4,0		
	1,3	2,0-4,0	2,0	2,0-4,0	4,0	4,0		
	1,5	2,0-4,0	2,5	2,5-4,0	5,0	4,0		
			3,0	3,0-4,0				
Наименование	диаметр, мм	высота, мм	диаметр, мм	высота, мм	диаметр, мм	высота, мм	диаметр, мм	высота, мм
Диски	13,5	3,5	25	5	25	4	31	4
Наименование	Зернистость							
Порошки	2500/2000; 2000/1600; 1600/1250							

При добавлении титана в пропитывающий слой образуется пористый слой из TiSi₂, который тормозит процесс пропитки и способствует улучшению

межкристаллитной связи алмаз-алмаз и, соответственно, повышению прочности композиционного материала. Это указывает на возможность добавления в пропитывающий слой карбидообразующих металлов, приводящих к образованию пористого слоя и, тем самым, уменьшению скорости пропитки.

Вставки АКТМ $\varnothing 5\text{мм}$ применяются в коронках резцового типа (коронки типа БТ19) [1].

Порошки АКТМ также могут успешно использоваться в импрегнированных коронках [2].

В данной работе представлены результаты исследований по установлению работоспособности вставок АКТМ, диаметр которых менее 2 мм.

Для оснащения бурового инструмента были выбраны вставки АКТМ диаметром 1,3мм и 1,9мм. Вставки предварительно были подвергнуты послойной металлизации молибденом и медью.

Для оснащения вставками АКТМ были выбраны коронки БС01 $\varnothing 59\text{ мм}$.

Вставки устанавливались в алмазоносную матрицу заподлицо с рабочей поверхностью.

Было изготовлено 4 типа инструмента:

- коронка не оснащалась вставками АКТМ;
- в центральной части каждого сектора устанавливалась вставка АКТМ $\varnothing 1,3\text{ мм}$;
- в центральной части каждого сектора устанавливалась вставка АКТМ $\varnothing 1,9\text{ мм}$;
- в каждом секторе устанавливались по одной вставке АКТМ $\varnothing 1,3\text{ мм}$ и $1,9\text{ мм}$.

С целью обнажения алмазов на породоразрушающей части матрицы каждая коронка перед началом испытаний была подвергнута электрохимической заточке в растворе NaCl.

Испытания выполнялись в лабораторных условиях при бурении скважин в блоке коростышевского гранита.

Параметры режима бурения: частота вращения $n = 630\text{ мин}^{-1}$; осевая нагрузка $P = 1000\text{ даН}$.

Результаты испытаний представлены на рис.1 и 2.

На рис.1 представлены аппроксимированные зависимости изменения интенсивности изнашивания различных типов опытных образцов коронок в зависимости от проходки.

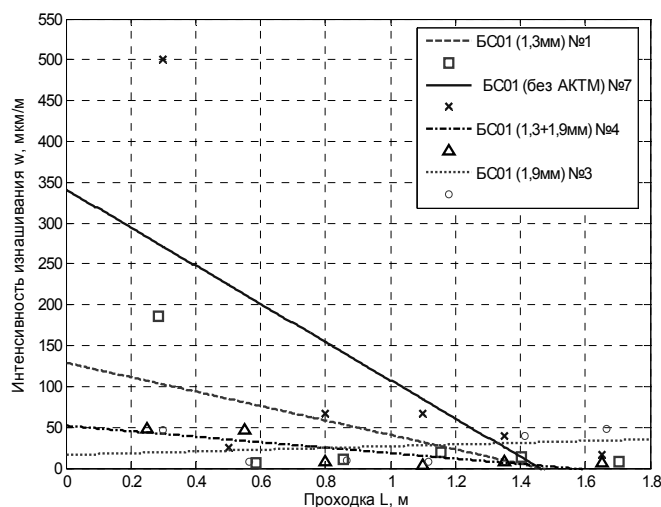


Рис. 1. Зависимость интенсивности изнашивания матрицы коронок от проходки

Как видим, с увеличением проходки интенсивность изнашивания коронок, кроме №3, уменьшается. Наибольшая интенсивность изнашивания отмечается у коронки №7 (без АКТМ), наименьшая - у коронки №3 (АКТМ \varnothing 1,9 мм). У коронки №3 имеет место рост интенсивности изнашивания с увеличением проходки. Падение интенсивности изнашивания коронок, на наш взгляд, происходит из-за износа алмазов породоразрушающей части матрицы, образования на них площадок затупления, в силу чего снижается удельная нагрузка на каждое зерно. При меньшей нагрузке алмаз не может, как первоначально, внедряться на ту же глубину в породу, при этом уменьшается количество шлама под торцом матрицы, что приводит к снижению ее интенсивности изнашивания от контакта с уменьшенным количеством частиц шлама. В коронке №3 образование площадок затупления на алмазах происходит менее интенсивно, чем в первом случае, и поэтому на данном отрезке проходки снижение интенсивности изнашивания не наблюдается.

Подобная картина отмечается и при изменении механической скорости бурения в зависимости от проходки (рис.2).

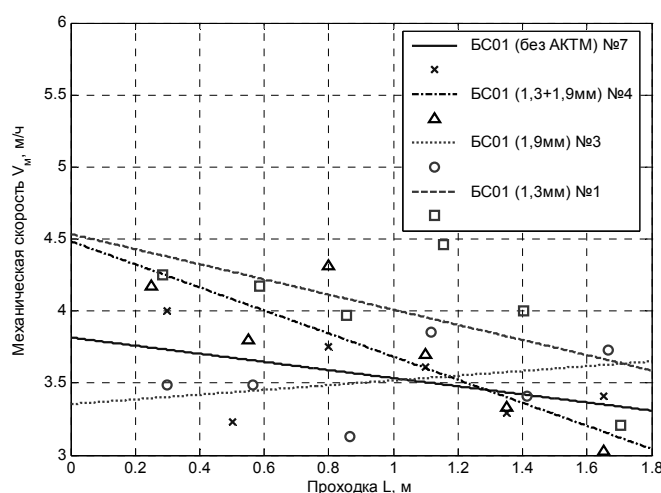


Рис. 2. Зависимость механической скорости бурения коронками от проходки

С увеличением проходки механическая скорость бурения опытными коронками, кроме коронок №3, уменьшается. Наибольшей механической скоростью бурения (в рассматриваемых пределах проходки) обладают коронки №1. Наиболее интенсивное падение механической скорости бурения отмечается у коронки №4. У коронки №3, как и в первом случае, в рассматриваемых пределах проходки, отмечается незначительный рост механической скорости бурения.

Объяснить изменение механической скорости бурения, как и в первом случае, можно образованием площадок затупления на алмазах.

На рис.3 и 4 представлен характер износа породоразрушающей части секторов коронок после завершения их испытаний.

Изучая картину износа, представленную на рис.3 и 4, можно отметить следующее. Алмазы в коронке №7 (рис.3,а) в большинстве своем изношены и имеют значительное количество площадок затупления. Борозды на поверхности контакта матрицы с забоем скважины неглубокие, что свидетельствует об образовании в зоне контакта шлама небольшого размера. Наличие части шлама малого размера свидетельствует о малоэффективности процесса разрушения породы, что подтверждается зависимостью представленной на рис.2.

Характер износа коронки №1 (рис.3,б) отличается от характера износа коронки №7. Количество целых алмазов на поверхности трения в первом случае больше, чем во втором, и борозды более глубокие. Можно констатировать, что вставка защищает алмазы и процесс разрушения породы происходит более эффективно. Это также подтверждается и зависимостями на рис.2.

Характер износа сектора на рис.4,а в значительной степени близок к характеру износа, представленного на рис.3б. По интенсивности изнашивания (см. рис.1) коронка №3 наиболее стабильна и как видно из рис.4,а площадки заполировки на алмазах практически отсутствуют.

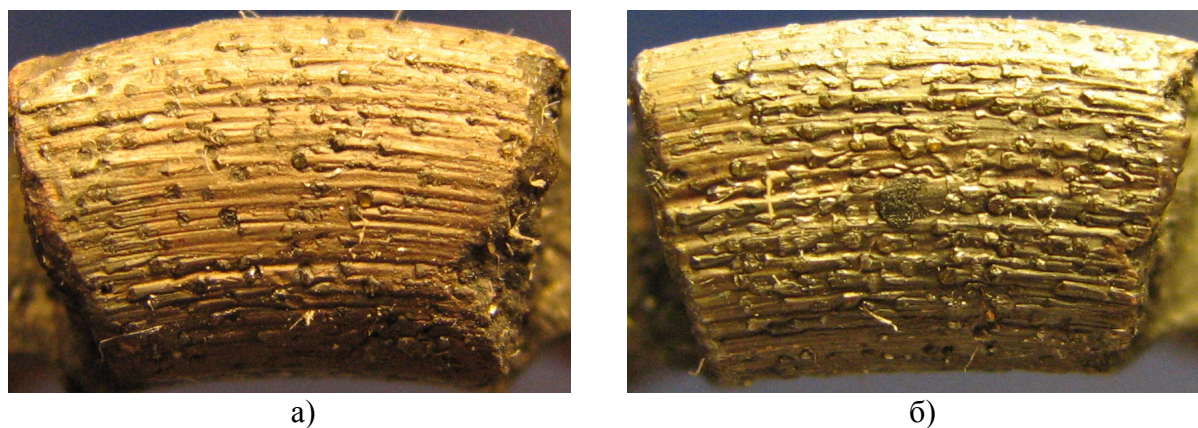


Рис. 3. Характер износа породоразрушающей части секторов коронок №7 (а) и №1 (б)

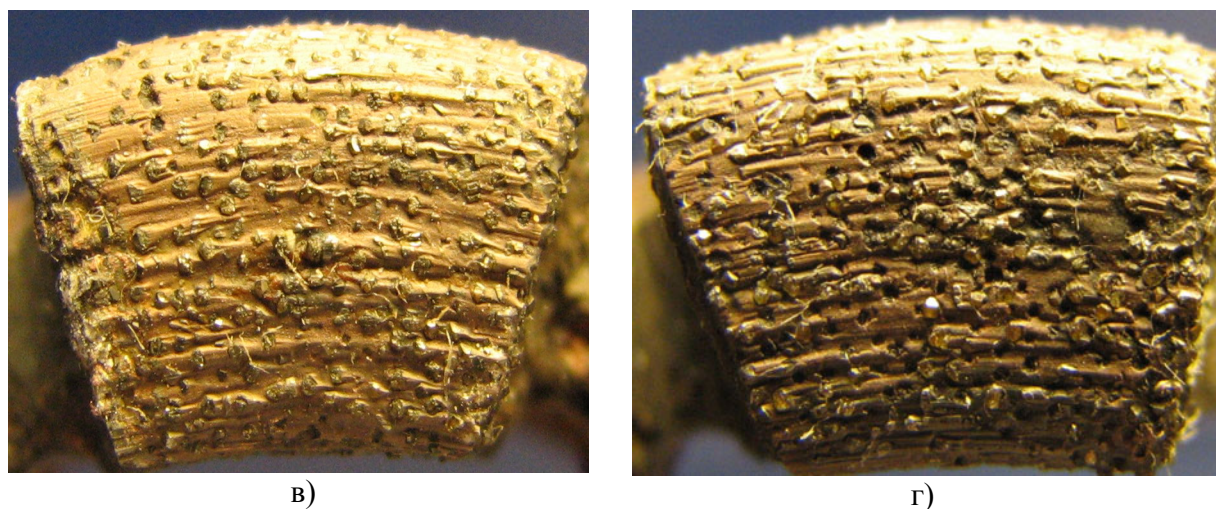


Рис. 4. Характер износа породоразрушающей части секторов коронок №3 (а) и №4 (б)

На рис.4,б представлен характер износа коронки №4 ($\varnothing 1,3 \text{ мм} + \varnothing 1,9 \text{ мм}$). На поверхности матрицы, контактировавшей с породой, наблюдается большое количество лунок от вырванных из нее алмазных зерен. Это свидетельствует о работе коронки такой конструкции в режиме вибрации. На последнем этапе испытаний отмечается самая низкая работоспособность коронки №4 (см. рис.1 и 2), по сравнению с другими инструментами.

Анализируя результаты исследований, можно отметить, что наиболее работоспособными являются буровые коронки, оснащенные наравне с алмазами АС160Т, вставками АКТМ Ø 1,3 мм (№1) и вставками АКТМ Ø 1,9 мм (№3).

Выводы

1. Поликристаллический материал на основе алмаза АКТМ, изготовленный в виде цилиндров Ø 1,3 мм и Ø 1,9 мм, способен эффективно разрушать твердые породы в инструментах истирающего типа (импрегнированные коронки).

2. Наиболее эффективно разрушает твердые горные породы буровая импрегнированная коронка, оснащенная алмазами АС160Т в комбинации со вставками АКТМ Ø 1,3 мм.

Библиографический список

1. **Богданов Р. К., Загора А. П., Исонкин А. М.** Алмазный инструмент для бурения в породах средней твердости. Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. Випуск 96, Донецьк, ДонНТУ, 2005, с.61-68.

2. **Богданов Р. К., Загора А. П., Исонкин А. М.** Буровой инструмент из алмазного композиционного термостойкого материала. Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения/Сборник научных трудов. – Вып..7, - Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2004, с.18 - 21.

© *Богданов Р.К., Шульженко А.А., Загора А.П., Исонкин А.М., Гаргин В.Г., Панов А.В., 2006*

УДК 622.24.05.(031)

Канд. техн. наук **СИРИК В. Ф.**, инж. **ЛУЦИК А. С.**, инж. **ЯРОШ Д. И.**, инж. **БЕССОНОВ И. Ю.** (ООО «Днепропетровский завод бурового оборудования»)

СКВАЖИННЫЙ АМОРТИЗАТОР

Бурение твердых горных пород шарошечными долотами сопровождается вибрациями, генерируемыми при ударах зубьев шарошек или твердосплавных вставок о забой скважины. Вибрации могут достигать значительных значений и приводить к преждевременному износу опор шарошек, аномальному износу вооружения и поломкам деталей вращателя и мачты бурового станка.

Применение амортизаторов имеет конечной целью повышение стойкости долота, элементов бурильной колонны, увеличение срока службы наземного оборудования, увеличение проходки за рейс и повышение эффективности бурения в целом. Особенно эффективно применение амортизаторов при высокооборотном бурении скважин турбобуром, электробуром, а также при использовании долот с герметизированной опорой, сальниковые уплотнения которых быстро выходят из строя при больших знакопеременных нагрузках и не выносят вибраций и значительных толчков.

Исследованиями фирмы «Кристенсен» [1] установлено, что при бурении крепких трещиноватых горных пород амплитуда виброколебаний может достигать 100 мм. возникающие циклические нагрузки могут превышать осевую нагрузку на долото в 4 раза.