

Исследование работоспособности нового гибридного алмазного композиционного поликристаллического материала при разрушении крепких горных пород

Шульженко А. А.¹, Богданов Р. К.¹, Загора А. П.¹, Ашкинази Е. Е.²,
Соколов А. Н.¹, Гаргин В. Г.¹, Ральченко В. Г.², Конов В. И.²,
Ильницкая Г. Д.¹, Супрун М. В.¹

¹Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина

²Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН, Москва, Россия

Поступила в редакцию 21.06.10, принята к печати 15.10.10.

Аннотация

В работе проводится определение наиболее износостойкой поверхности CVD-компонентов и общую работоспособность новых гибридных алмазных композиционных термостойких поликристаллических материалов (ГАКТПМ) при разрушении крепких горных пород.

Ключевые слова: износостойкость, алмазные композиционные термостойкие поликристаллические материалы.

В мировой практике геологоразведочного бурения с применением алмазного инструмента за последние 30 лет произошли существенные изменения в вопросах оснащения его алмазным сырьем. В настоящее время большинство ведущих фирм США, Англии, Швеции, Бельгии и других стран перешли на оснащение бурового инструмента синтетическими алмазами (СА) вместо применявшихся ранее в нем природных алмазов. При этом около 80 % применяемого алмазного породоразрушающего инструмента для бурения геологоразведочных скважин в твердых горных породах составляют коронки, армированные СА, в том числе около 5% - поликристаллами [1].

Одним из основных направлений технического прогресса при поиске и разведке месторождений полезных ископаемых является снижение материальных и трудовых затрат на единицу разведанных запасов. Достигается это в первую очередь за счет создания и применения новых марок сверхтвердых композиционных материалов в буровом инструменте, разработке его новых конструкций, рациональных технологий применения породоразрушающего инструмента.

Композиционными материалами обычно называют многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жесткостью и т.д. [2]. Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы (связующего), их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств. Использование в материале нескольких наполнителей различной природы (гибридные композиционные материалы) позволяет значительно расширить возможности регулирования свойств композиционных материалов.

Одними из наиболее наукоемких и многообещающих для дальнейшего использования при разработке новых типов высокоэффективного породоразрушающего инструмента для сложных условий эксплуатации являются алмазные композиционные поликристаллические гибридные материалы и технологии их получения. Новейшее поколение гибридных сверхтвердых материалов сочетает положительные свойства синтетического, природного и CVD-алмаза. Многокомпонентные композиционные материалы в большинстве случаев представляют собой структуру типа "гость-хозяин". В алмазных композиционных гибридных материалах, состоящих

из синтетического, природного и CVD–алмаза, каждый из этих материалов выполняет роль "хозяина", дополняя друг друга своими положительными свойствами.

В ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины совместно с ИОФ им. А.М. Прохорова РАН получен ультратвердый гибридный композиционный материал, который содержит CVD–алмаз (светлый), поверхность которого частично или полностью в условиях высокого давления и температуры окружена оболочкой из алмазного композиционного термостойкого материала (АКТМ) [3, 4] со связью между зернами алмаз-алмаз, между которыми размещена активирующая добавка, при этом площадь оболочки, которая охватывает CVD–алмаз, составляет не меньше 40 % его поверхности.

Цель настоящей работы – определение наиболее износостойкой поверхности CVD-компонентов и общую работоспособность новых гибридных алмазных композиционных термостойких поликристаллических материалов (ГАКТПМ) при разрушении крепких горных пород.

Для проведения сравнительных лабораторных исследований износостойкости и работоспособности были изготовлены цилиндрические породоразрушающие элементы диаметром 3,5 мм и высотой 3,7 мм из АКТМ, в котором по оси были размещены режущие вставки CVD-алмаза (светлые и черные) в виде брусков с размерами 4,0 мм × 1,0 мм × 0,3 мм с выступанием их вершины (или режущей части) на поверхность защитной оболочки из АКТМ (рис.1).

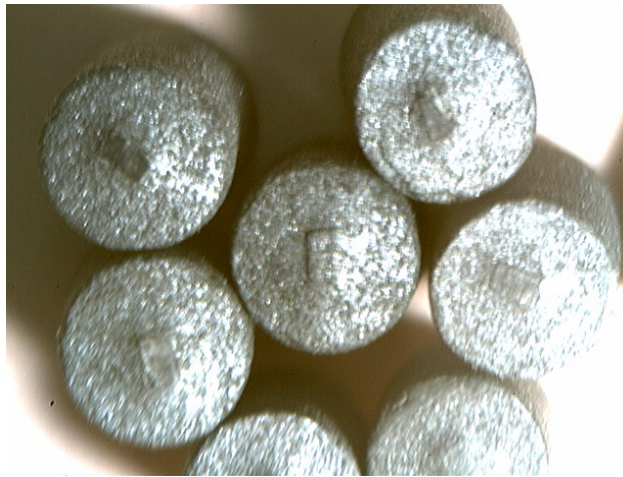


Рис.1. Общий вид цилиндрических породоразрушающих элементов ГАКТПМ.

При этом цвет исследуемых образцов CVD–алмаза определяется степенью их чистоты и структурного совершенства, зависящих от технологии плазмохимического синтеза.

Как отмечалось выше, благодаря особенностям технологии синтеза CVD–алмаз имеет три отличающихся по структуре рабочие поверхности: зародышевую, ростовую и боковую (рис.2)[4].

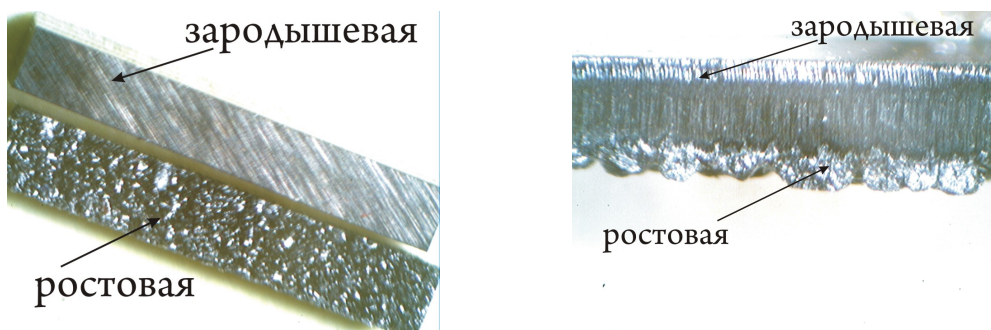


Рис.2. Рабочие поверхности брусков CVD–алмаза.

Испытания на износостойкость проводились при точении коростышевского гранита XI категории буримости, характеризующегося стабильными свойствами, высокой твердостью и

абразивностью, на токарно-винторезном станке модели ДИП-200 со специальной оснасткой для закрепления керна горной породы в виде разрезного цилиндра и стакана. Для закрепления исследуемого образца породоразрушающего элемента в резцедержателе использовали специальное приспособление на основе сверлильного патрона. Исследуемый образец породоразрушающего элемента закреплялся в патроне специального приспособления и подводился к поверхности керна горной породы, где и осуществлялось его продольное точение с заданной глубиной внедрения.

Износ по массе породоразрушающих элементов измерялся электронными весами типа Sartorius, с точностью до 0,0001 г.

Параметры режима резания были следующие: частота вращения – 355 мин⁻¹, глубина внедрения – 1,0 мм.

Контролируемыми параметрами служили глубина внедрения (с точностью до 0,05 мм) и время точения (с точностью до 1 с).

Интенсивность изнашивания I (мг/км) определялась как отношение потери массы породоразрушающего элемента $\Delta m = m_n - m_k$ к величине проходки на вставку L , где m_n и m_k (мг) – масса образца соответственно до и после испытаний:

$$I = \frac{\Delta m}{L},$$

где $L = \frac{\pi D n}{60} t$; (D – диаметр керна, м; n – частота вращения шпинделя станка, мин⁻¹; t – продолжительность точения, мин).

Образцы породоразрушающих элементов испытывали при скорости резания 2,2 м/с; пути резания 1716 м и продолжительности резания 780 с.

Результаты сравнительных испытаний износостойкости породоразрушающих элементов с различным оснащением приведены в табл.1.

Таблица 1. Сравнительные испытания породоразрушающих элементов при точении коростышевского гранита XI категории по буримости

Вариант изготовления породоразрушающих элементов	Масса вставки, мг		Интенсивность изнашивания по массе, мг/км · 10 ⁻³
	начальная	конечная	
АКТМ	121,4	107,0	8,4
АКТМ + CVD черный (зародышевая сторона)	122,7	120,0	1,6
АКТМ + CVD черный (ростовая сторона)	120,0	117,2	1,6
АКТМ + CVD черный (боковая сторона)	117,2	115,8	0,8
АКТМ + CVD светлый (зародышевая сторона)	127,2	126,1	0,6
АКТМ + CVD светлый (ростовая сторона)	126,1	124,7	0,8
АКТМ + CVD светлый (боковая сторона)	124,7	123,3	0,8

Как видим из табл. 1, износостойкость породоразрушающих элементов, изготовленных из неармированных АКТМ в 5,25 – 14,0 раз ниже, чем у гибридного АКТМ с компонентом CVD алмаза. При этом интенсивность изнашивания в варианте изготовления "АКТМ + CVD-алмаз черный" по зародышевой и ростовой стороне CVD алмаза не отличается, а в варианте изготовления "АКТМ + CVD-алмаз светлый" интенсивность изнашивания при работе зародышевой стороной CVD-алмаза ниже в 1,33 раза, чем при работе ростовой стороной. При работе боковой стороной CVD-алмаза, в варианте "АКТМ + CVD-алмаз черный" интенсивность изнашивания в 2 раза ниже, чем при работе зародышевой и ростовой сторонами. В случае "АКТМ

+ CVD-алмаз светлый" интенсивность изнашивания боковой стороны равна интенсивности изнашивания ростовой стороны и выше в 1,33 раза, чем при работе зародышевой стороной.

На рис.3 представлена картина разрушения образца гранита при точении породоразрушающими элементами из неармированного АКТМ и АКТМ с компонентом CVD алмаза.

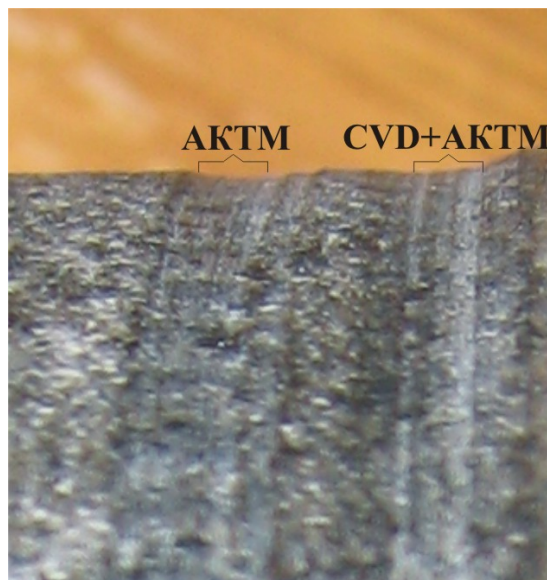


Рис.3. Изображение участков разрушения образца гранита при точении породоразрушающими элементами из неармированного АКТМ и CVD алмаз+АКТМ.

Так при работе породоразрушающих элементов из неармированного АКТМ наблюдается картина разрушения гранита, характерная для процесса шлифования, т.е. с отделением от массива породы шлама мелких фракций, причем сравнительно одинакового размера, в среднем порядка 50 - 80 мкм (рис.4 а). При работе породоразрушающих элементов из АКТМ с компонентом CVD алмаза очевиден характер разрушения, присущий процессу резания, т.е. с отделением от массива породы шлама, неоднородного по размеру.

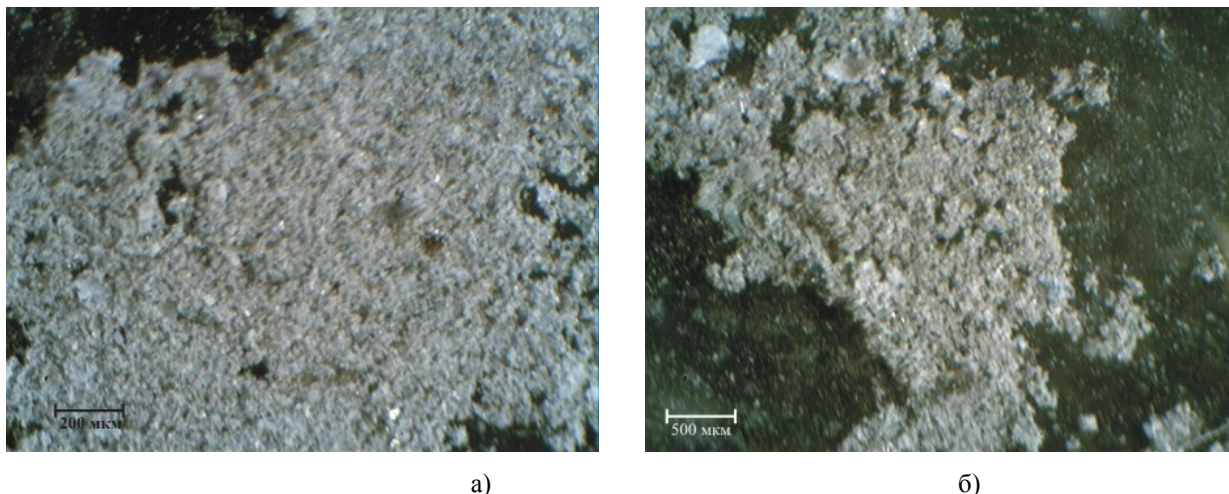


Рис. 4. Шлам гранита, полученный при работе породоразрушающих элементов: а) из неармированного АКТМ; б) из АКТМ с компонентом CVD алмаза.

При этом при наличии мелких фракций (50 -80 мкм) наблюдается наличие частиц более крупного размера 100 – 200 мкм (рис.4 б), что свидетельствует о повышении эффективности разрушения горной породы.

Особенно следует отметить присутствие в процессе работы породоразрушающих элементов во всех вариантах изготовления АКТМ с компонентом CVD алмаза очевидного эффекта

"самозатачивания", то есть появления при изнашивании равномерной конусности на рабочем торце элементов при вершине армирующей вставки из CVD алмаза (рис. 5).

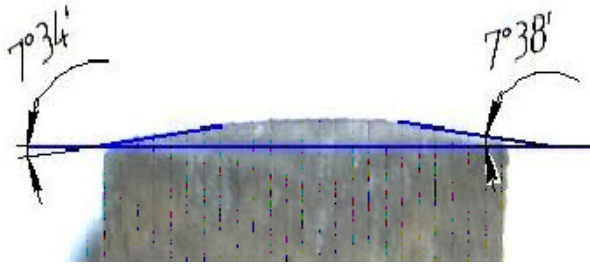


Рис. 5. Вид рабочего торца породоразрушающего элемента из АКТМ с компонентом CVD алмаза после процесса точения

Данный результат является положительным фактором для дальнейшего использования таких вариантов исполнения породоразрушающих элементов на базе АКТМ с компонентом CVD алмаза при разработке новых конструкций буровых геологоразведочных коронок с комбинированной алмазосодержащей матрицей.

Выводы

1. Износостойкость породоразрушающих элементов, изготовленных из АКТМ с компонентом CVD алмаза, в 5,25 – 14,0 раз превышает износостойкость элементов, изготовленных только из неармированного АКТМ.
2. При работе породоразрушающих элементов из неармированного АКТМ наблюдается картина разрушения гранита, характерная для процесса шлифования, то есть с отделением от массива породы шлама мелких фракций. Напротив, при работе породоразрушающих элементов из АКТМ с компонентом CVD алмаза очевиден характер разрушения, присущий процессу резания, а именно с отделением от массива более крупных частиц шлама, что свидетельствует о повышении эффективности разрушения горной породы.
3. В процессе работы породоразрушающих элементов во всех вариантах изготовления АКТМ компонентом CVD алмаза присутствует очевидный эффект "самозатачивания", то есть при изнашивании появляется равномерная конусность на их рабочем торце при вершине армирующей вставки из CVD-алмаза.

Библиографический список

1. Зыбинский П. В., Богданов Р. К., Загора А. П., Исонкин А. М. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении. – Донецк: Изд-во НОРД-ПРЕСС, 2007. – 244 с.
2. Справочник по композиционным материалам. Кн. 1. / Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А. Б. Геллера, М. М. Гельмонта; Под ред. Б. Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – 448 с.
3. Алмазный поликристаллический материал для оснащения бурового инструмента / А.А. Шульженко, Р.К. Богданов, В.Г. Гаргин и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: Изд-во ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2007. – Вып. 10. – С. 189–196.
4. 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. – Вып.12, - Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2009, с.143-154.

© Шульженко А. А., Богданов Р. К., Загора А. П., Ашкинази Е. Е., Соколов А. Н., Гаргин В. Г., Ральченко В. Г., Конов В. И., Ильницкая Г. Д., Супрун М. В., 2011.