

УДК 622.38; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2022-2.08>

<https://orcid.org/0000-0003-4707-3322>

<http://orcid.org/0000-0002-1196-5268>

<https://orcid.org/0000-0002-3898-8806>

<https://orcid.org/0000-0002-1225-320>

<https://orcid.org/0000-0001-9898-392X>

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ АЛМАЗНЫХ КОРОНОК ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН



Б.Т. РАТОВ¹,
доктор технических наук,
профессор,
ratov69@mail.ru



Б.В. ФЕДОРОВ¹,
доктор технических наук,
главный научный сотрудник,
fedorovbv20@mail.ru



А.М. ИСОНКИН²,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
almis343@ukr.net



С.Т. ЗАКЕНОВ³,
доктор технических наук,
профессор,
senbek@rambler.ru



Б.Р. БОРАШ³,
докторант PhD,
bokenbay83@mail.ru

¹SATBAYEV UNIVERSITY,
Республика Казахстан, 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

²ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ ИМ. В.Н. БАКУЛЯ НАН УКРАИНЫ,
Украина, 04074, г. Киев, ул. Автозаводская, 2

³YESSEN OV UNIVERSITY,
Республика Казахстан, 130000, г. Актау, мкр. 32

Приведены результаты исследований по созданию буровых коронок, обладающих высокой стойкостью и достаточной производительностью при бурении твердых пород. Определены четыре направления исследований для решения этой проблемы: коронка должна быть многослойной, профиль алмазосодержащих слоев должен представлять кольцевые конусные выступы и впадины; алмазные слои должны разделяться безалмазными слоями меньшей твердости и испытывать при работе равномерное удельное давление; конструкция коронки должна учитывать особенности механизма разрушения породы под действием алмазных зерен; технология изготовления матрицы коронки должна быть совершенной.

В создании матрицы участвуют только бездефектные алмазы, получаемыми при сортировке специальными методами. При добавлении в состав шихты нанопорошков C_1B_2 или VN повышается качество структуры матрицы, все трибологические и эксплуатационные свойства, а за счет предварительной металлизации высокопрочных синтетических алмазов создается переходная зона «алмаз-покрытие-материала матрицы», что значительно повысит износостойкость алмазного породоразрушающего инструмента.

Упомянутые проблемы частично решены: создана и внедрена в производство многослойная импрегнированная коронка с гребешковым профилем алмазосодержащих слоев и равномерным удельным давлением на последние при бурении, проведены лабораторные исследования по улучшению качества композиционных материалов с положительными результатами, проводятся дальнейшие исследования по всем остальным направлениям.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: алмазная многослойная импрегнированная коронка, твердые горные породы, улучшение технологии изготовления, повышение износостойкости и производительности, «гребешковый» профиль торца матрицы.

ҰҢҒЫМАЛАРДЫ БҰРҒЫЛАУҒА АРНАЛҒАН АЛМАЗ КОРОНКАЛАРЫНЫҢ ЗАМАНАУИ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ

Б.Т. РАТОВ¹, техника ғылымдарының докторы, профессор, ratov69@mail.ru
Б.В. ФЕДОРОВ¹, техника ғылымдарының докторы, профессор, fedorovbv20@mail.ru
А.М. ИСОНКИН², техника ғылымдарының кандидаты, А.Ф.Ж., almis343@ukr.net
С.Т. ЗАКЕНОВ³, техника ғылымдарының докторы, профессор, senbek@rambler.ru
Б.Р. БОРАШ³, докторант PhD, bokenbay83@mail.ru

¹SATBAYEV UNIVERSITY,
Қазақстан Республикасы, 050013, Алматы қ, Сәтбаев к., 22

²В.Н. БАКУЛ АТЫНДАҒЫ АСА ҚАТТЫ МАТЕРИАЛДАР ИНСТИТУТЫ УКРАИНА,
Украина, 04074, Киев қ, Автозаводской к., 2

³YESSEN OV UNIVERSITY,
Қазақстан Республикасы, 130000, Актау қ, 32-ші ш.а

Мақалада қатты жыныстарды бұрғылау кезінде жоғары беріктігі мен жеткілікті өнімділігі бар бұрғылау коронкаларын жасау бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Бұл

мәселені шешу үшін зерттеудің төрт бағыты анықталды: тәж көп қабатты болуы керек, алмаз қабаттарының профилі сақиналы конустық шығыңқы жерлер мен депрессияларды білдіруі керек; алмаз қабаттары аз қаттылықтың алмазсыз қабаттарымен бөлінуі керек және жұмыс кезінде біркелкі қысым сезінуі керек; коронканың дизайны алмаз түйірлерінің әсерінен тау жыныстарын бұзу механизмінің ерекшеліктерін ескеруі керек; тәж матрицасын жасау технологиясы өте жақсы болуы керек.

Матрицаны құруға тек арнайы әдістермен сұрыптау кезінде алынған ақаусыз алмаздар қатысады; нанопорошков C_1B_2 немесе VN қоспаларына матрица құрылымының сапасын, барлық трибиологиялық және пайдалану қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді, ал жоғары беріктігі бар синтетикалық алмаздарды алдын-ала металдандыру арқылы "Алмаз жабыны-матрица материалы" өтпелі аймағы құрылады, бұл алмаз жынысын бұзатын құралдың төзімділігін едәуір арттырады.

Аталған проблемалар ішінара шешілді: құрамында алмасы бар қабаттардың тарақ профилімен және бұрғылау кезінде соңғысына біркелкі үлестік қысыммен көп қабатты импрегирленген тәж жасалды және өндіріске енгізілді, оң нәтижелері бар композициялық материалдардың сапасын жақсарту бойынша зертханалық зерттеулер жүргізілді, қалған барлық бағыттар бойынша одан әрі зерттеулер жүргізілуде.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: алмазды көп қабатты имплантацияланған тәж, қатты тау жыныстары, өндіріс технологиясын жақсарту, беріктік пен өнімділікті арттыру, матрицаның ұшының «тарақ» профилі.

MODERN DESIGNS OF DIAMOND DRILLING TOOLS FOR WELL DRILLING

B.T. RATOV¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, ratov69@mail.ru

B.V. FEDOROV¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, fedorovbv20@mail.ru

A.M. ISONKIN², Candidate of Technical Sciences, AG, almis343@ukr.net

S.T. ZAKENOV³, Doctor of Technical Sciences, Professor, senbek@rambler.ru

B.R. BORASH³, PhD student, bokenbay83@mail.ru

¹SATBAYEV UNIVERSITY,
22 Satpaev st., Almaty, 050043, Republic of Kazakhstan

²V. BAKUL INSTITUTE OF SUPERHARD MATERIALS NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES (NAS) OF UKRAINE
2 Avtozavodskaya st., Kyiv, 04074, Ukraine

³YESSENOV UNIVERSITY,
32 mr. Aktau, 130000, Republic of Kazakhstan

The article presents the results of research on the creation of drill bits with high durability and sufficient productivity when drilling hard rocks. Four areas of research have been identified to solve this problem: the crown must be multilayer, the profile of the diamond-bearing layers must represent annular conical protrusions and cavities; diamond layers should be separated by diamond-free layers of lower hardness and experience uniform specific pressure during operation; the design of the bit should take into account the peculiarities of the rock destruction mechanism under the action of diamond grains; the manufacturing technology of the crown matrix must be perfect.

Only defect-free diamonds obtained by sorting with special methods are involved in the creation of the matrix; Adding CrB₂ or VN nanopowders to the composition of the charge makes it possible to improve the quality of the matrix structure, all tribological and operational properties, and due to the preliminary metallization of high-strength synthetic diamonds, a transition zone "diamond-coating-matrix material" is created, which will significantly increase the wear resistance of diamond rock cutting tools.

The mentioned problems have been partially solved: a multilayer impregnated bit with a ridged profile of diamond-bearing layers and a uniform specific pressure on the latter during drilling has been created and put into production, laboratory studies have been carried out to improve the quality of composite materials with positive results, further research is being carried out in all other areas.

KEY WORDS: diamond multilayer impregnated crown, hard rocks, improvement of manufacturing technology, increase in wear resistance and productivity, "comb" profile of the die end.

ВВЕДЕНИЕ. Алмазные буровые коронки для отбора проб из горного массива применяются для бурения горных пород от VI до XII категорий по буримости по 12-бальной шкале. Однако наибольшие трудности вызывает бурение самых твердых пород XI-XII категорий, где производительность и стойкость упомянутых инструментов значительно снижается [1].

В этой связи работы по созданию конструкции алмазных буровых коронок, повышающих эффективность их применения в твердых породах, ведутся в следующих направлениях:

1) алмазнесущая матрица коронки должна содержать нескольких алмазных слоев, разделенных безалмазными слоями меньшей твердости, такое конструктивное оформление коронок повышает ей стойкость, т.е., количество метров, пробуренных одной коронкой без подъема из скважины для ее замены на новую;

2) каждый алмазнесущий слой матрицы должен иметь так называемый «гребешковой» профиль, представляющий конусные кольцевые выступы и впадины;

3) в конструкции алмазнесущей матрицы необходимо, учитывать особенности взаимодействия алмазных зерен с твердой породой, в частности, формирование зоны внедрения зерна и залегающей под ней зоны разбитой трещинами, но не удаленной горной породы;

4) при изготовлении алмазнесущей матрицы большую роль играет качество исходных материалов, новые методы повышения износостойкости и производительности зерен алмазосодержащей матрицы.

Повышение времени работы алмазной буровой коронки на забое скважины позволяет повысить производительность бурения за счет сокращения времени спуско-подъемных операций для замены изношенного бурового инструмента на новый. Это особенно важно при оснащении алмазными коронками снарядов со съемными керноприемниками (ССК).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Сотрудники ТОО «Бурмаш» и КазНИТУ имени К.И. Сатпаева [1] разработали, создали запатентовали и внедрили в производство алмазные многослойные импрегрированные коронки, удовлетворяющие первым двум направлениям – это коронки под маркой КСБ-1 [2] и КСБ-2 [3].

Коронка КСБ-1 имеет кольцевой корпус с резьбой для соединения с снарядом ССК и применяемую алмазнесущую матрицу гребешкового профиля. Последняя содержит по высоте несколько (минимум четыре) импрегрированных конусных кольцевых алмазных слоев, разделенных безалмазными слоями меньшей твердости.

Каждый алмазосодержащий слой состоит из алмазов следующих групп: группа алмазов в объемном слое JNDT 1,460/40; группа более крупных алмазов в подрезном слое – JDMB 6020/30MO. Объемные алмазы при работе формируют кольцевой забой, подрезные калибруют стенки скважины и керн. Безалмазные слои состоят

из твердого сплава ВК-20, имеющего намного меньшую твердость по сравнению с алмазными слоями. Масса для формирования алмазных конусно-кольцевых слоев составляет 51,9 карат (при наружном диаметре коронки 76 мм). Конусно-кольцевая форм алмазных слоев имеет значительное преимущество перед другими видами профиля (плоский, купол, полукупол и т.д.). В работе [1] показано, что суммарная сила трения $F_{\text{тр.сум}}$, возникающая при вращении прижатой к забою коронки, подчиняется зависимости:

$$F_{\text{тр.сум}} = Pf_0 / \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (1)$$

где P – осевая нагрузка на коронку, f_0 – коэффициент трения на границе «алмазы – горная порода», α – угол приострения конусно-кольцевых выступов алмазосодержащих слоев.

Если в формуле (1) положить $\alpha = 180^\circ$, что означает, что коронка имеет прямоугольный профиль торца, то $F_{\text{тр.сум}} = f_0 P$. Если $\alpha = 60^\circ$, то $F_{\text{тр}} = 2f_0 P$. Если $\alpha = 50^\circ$, то $F_{\text{тр}} = 2,4f_0 P$. Отсюда следует вывод, что с уменьшением угла приострения растет сила трения коронки о забой, интенсифицируется процесс разрушения забоя. Такое положения объясняется тем, что при использовании алмазных импрегнированных инструментов порода разрушается микро резанием и, в большей степени, силой трения между трущимися телами. Таким образом, гребешковой профиль алмазных слоев матрицы имеет преимущество перед другими видами профилей, что подтверждается также экспериментально [4,5].

Работа коронки КСБ-1 заключается последовательном воздействии на забой алмазосодержащими слоями конусно-кольцевой формы. При износе первого алмазного слоя, в контакт с забоем вступает алмазный слой, который быстро обнажается вследствие интенсивного износа безалмазного слоя значительно меньшей твердости. Далее процесс повторяется до полного износа всех алмазных импрегнированных слоев по высоте матрицы, что резко повышает стойкость таких буровых инструментов.

Усовершенствованной конструкцией коронки КСБ-1 является коронка КСБ-2, в которой реализован принцип равенства нормальных удельных давлений со стороны всех кольцевых конусных выступов алмазосодержащих слоев на породу забоя скважины при сохранении «гребешковой» их формы.

При этом величина углов α приострения конусных кольцевых выступов линейно уменьшается от внутреннего выступа (внутреннего радиуса коронки) к периферийского до величины γ . Величина угла α в диапазоне R_n, R_b (R_n, R_b – наружный и внутренний радиусы коронки) изменяется в соответствии со следующей зависимостью:

$$\alpha = 2 \arccos \left\{ \left(2R_b + \frac{t}{2} \right) \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} : \left[2R_b + (2m - 1) \frac{t}{2} \right] \right\}, \quad (2)$$

где t – основание конусных кольцевых алмазных выступов, m – номера боковых поверхностей конусных кольцевых выступов, начиная с боковой поверхности, примыкающей к внутреннему радиусу матрицы коронки.

За счет равномерности давлений на все алмазные кольцевые выступы матрицы обеспечивается большая стойкость коронки, а также экономия алмазного сырья при ее изготовлении. Например, при одинаковых стандартных диаметрах (75,3 мм)

и конструкции коронок КСБ-1 и КСБ-2 на последнюю было затрачено 48,4 карат против 51,9 карат на коронку КСБ-1. Общий вид коронки КСБ-2 показан на рисунке 2а. В остальном ее конструкция аналогична коронке КСБ-1.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Коронки КСБ прошли многочисленные производственные испытания при разведочном бурении на геологических объектах Казахстана. Результаты сравнительных технико-экономических показатели коронки КСБ-2 с буровыми коронками известных зарубежных фирм приведены в *таблице 1* [6].

Таблица 1 – Результаты сравнительных испытаний алмазных буровых коронок NQ

№	Производитель буровых коронок	Проходка, м	Расход коронок шт.	Средняя проходка на коронку (стойкость) $S, м$	Средне-квадратичное отклонение проходки, δ см	Коэффициент вариации $V=\delta/S$	Стоимость коронки тенге/доллар (т/долл.)	Эффективность использования коронок $F=C/S$
1	Dimatec (США)	560 м	14	40	1,3	0,032	$\frac{70000}{467}$	$\frac{467}{40} = 11,675$
2	ALFA-0,8 (Канада)	175 м	6	35	1,35	0,039	$\frac{80000}{533}$	$\frac{533}{35} = 15,23$
3	Ultra Terra (Канада)	175 м	5	35	1,36	0,039	$\frac{85000}{567}$	$\frac{567}{35} = 16,2$
4	Boart Longyear (Канада)	355 м	7	50	1,42	0,028	$\frac{90000}{600}$	$\frac{600}{50} = 12$
5	Терек-Алмаз (Россия)	315 м	7	45	1,45	0,032	$\frac{65000}{433}$	$\frac{433}{45} = 9,6$
6	Bohwa (Китай)	150 м	5	30	1,33	0,044	$\frac{50000}{333}$	$\frac{333}{30} = 11,1$
7	КСБ-2 (Терек-Алмаз по патенту РК)	630 м	10	63	1,45	0,023	$\frac{65000}{433}$	$\frac{433}{63} = 6,87$

Анализ таблицы по позициям 1 – 6 показывает, что средняя проходка S на коронку варьирует с 30 м (Китай) до 50 м (Boart Longyear). Величины вычисленных среднеквадратичных отклонений δ и коэффициентов вариации $V=\delta/S$ свидетельствует о достоверности полученных результатов. За критерий эффективности F различных коронок принята доля их цены C , приходящаяся на 1 м бурения:

$$F=C/S, \quad (3),$$

причем наиболее эффективной будет применение той коронки, у которой упомянутый критерий будет минимален. В 7 столбце *таблицы 1* приведены цены алмазных импрегнированных коронок различных фирм-производителей (в тенге и долларах США), а в столбце 8 – критерий F эффективности их применения. Анализ данных последнего столбца показывает, что минимальную величину имеет критерий F при использовании импрегнированных многослойной алмазной коронок КСБ-2, выпускаемой фирмой «Терек Алмаз» по патенту РК [3]; его величина составляет $F=6,87$, что показывает высокую эффективность созданной на мировом уровне буровой коронки.

Исследования по третьему направлению сотрудничество ТОО «Бурмаш» и КазННТУ привело к мысли использовать давно известный эффект появления мно-

гочисленных трещин в породе, расположенной ниже, под зоной внедрения алмазных зерен [7]. В твердых породах мощность упомянутой зоны $h_p = (8:10) h_b$, где h_b – глубина внедрения алмазных зерен в породу. Этот эффект предлагается использовать в алмазодержащей матрице коронки, у которой алмазные и безалмазные слои размещены на трехзаходной винтовой поверхности [8]. Конструкция такой коронки типоразмера NQ (Ø75,3 мм) приведена на *рисунке 1*. Шаг винтовой поверхности выполнен с очень малым шагом (порядка 1–15 мм). Это сделано для воздействия на зону трещиноватости породы, залегающей под зоной внедрения алмазного зерна, составляющей на глубине всего 0,1 – 0,15 мм. На каждом заходе винтовой поверхности размещено по 3 алмазодержащих сектора матрицы, разделенных промывочными каналами (*рисунок 1в*). Алмазодержащие слои матрицы, расположенные на винтовой поверхности и обращенные к забою скважины, имеют форму, представляющую чередующиеся конусные кольцевые выступы и впадины. Угол подъема, α винтовых поверхностей алмазодержащих слоев матрицы определяется по формуле:

$$\alpha = \arctg \frac{3h_p}{\pi D_{cp}}, \quad (4)$$

где 3 – число заходов винтовой поверхности; h_p – глубина разрушения горной породы; D_{cp} – средний диаметр торца матрицы.

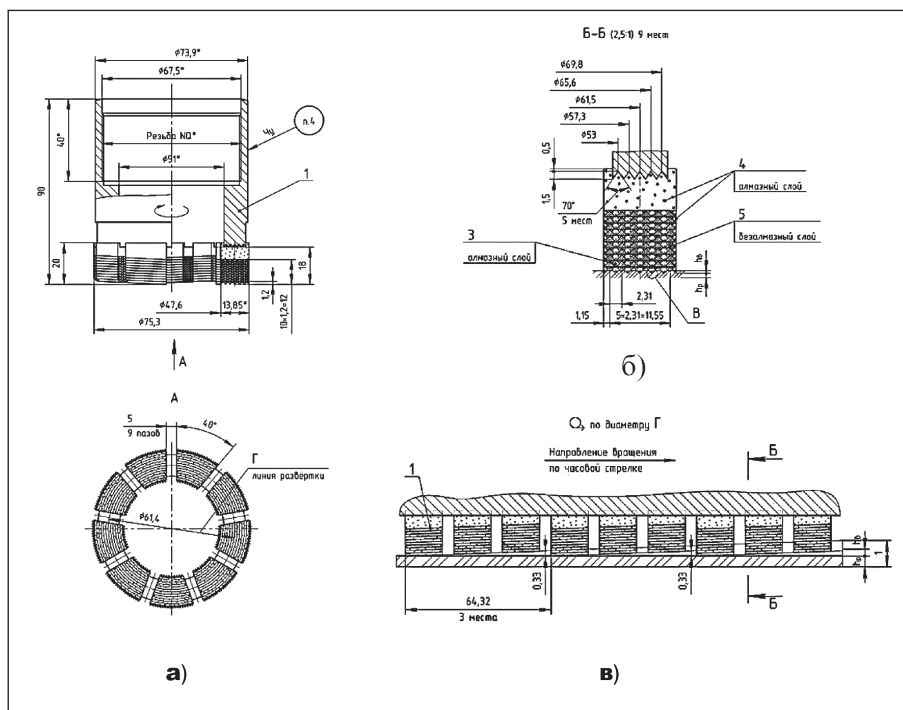


Рисунок 1 – Многослойная импрегнированная алмазная коронка КБ-3 типоразмера NQ (75,3 мм) с трехзаходной винтовой поверхностью размещения алмазодержащих слоев:
1 – корпус, 2 – многослойная алмазодержащая матрица, 3 – алмазные слои, 4 – безалмазные слои;
а – общий вид коронки, б – алмазодержащая матрица, в – развертка матрицы по среднему диаметру

Работа коронки осуществляется следующим образом. В начальный момент процесса бурения после подачи промывочной жидкости, приложения осевой нагрузки и крутящего момента коронка внедряется в породу концами граней секторов, наибольших по высоте.

Каждый из указанных секторов коронки, воздействуя на породу наибольшим по высоте конусными кольцевыми выступами алмазосодержащего слоя, пройдя $1/3$ окружности забоя, формирует аналогичные по форме конусные кольцевые впадины, а под ними – зону разрушения, т.е. зону раздробленной трещинами, но не удаленной породы.

При дальнейшем вращении коронки каждая группа секторов, расположенная на одном заходе винтовой поверхности, перемещается в часть забоя, подготовленного к углублению впереди работающей группой секторов, расположенной на соседнем заходе. Таким образом, через $1/3$ оборота вследствие сформированной на забое кольцевой зоны разрушения и действия постоянной осевой нагрузки секторы матрицы, вытесняя раздробленную породу, перемещаются вниз на величину, близкую к толщине разрушенного слоя, и осуществляют удаление последнего. Формирующиеся на забое кольцевые выступы разрушаются под действием всегда имеющихся вибраций буровой коронки. После отработки первого, начиная от забоя алмазосодержащего слоя, вследствие опережающего износа малоабразивного слоя связующего материала происходит обнажение второго алмазосодержащего слоя секторов, который производит дальнейшее углубление забоя. Опережающий износ малоабразивного безалмазного слоя позволяет, постепенно обнажая алмазосодержащий слой, полностью отработать его при разрушении породы. Далее процесс углубления забоя повторяется до полной отработки всех алмазосодержащих слоев матрицы.

Наклонное (по отношению к забою) положение алмазосодержащих слоев, расположенных на винтовой поверхности и разделяющих их слои малоабразивного материала, а также их конусная кольцевая форма позволяет создавать большие удельные нагрузки на забой, реализовать эффект самозатачивания и особенности механизма разрушения твердых пород при воздействии алмазных зерен. Таким образом, использование предлагаемой алмазной коронки позволяет увеличить ее удельное контактное давление на забой и стойкость, что, в свою очередь, повышает механическую и рейсовую скорости бурения и в целом эффективность проходки скважины.

По четвертому направлению исследований, касающихся повышению качества создаваемых алмазосодержащих матриц, как основного элемента в конструкции буровой коронки, наибольших успехов добились сотрудники института сверхтвердых материалов НАН Украины. В рамках совместной работы с КазНИТУ и сотрудники ИСМ получили следующие результаты [9–16]:

1) Сортировка зерен алмаза зернистости 400/315 по степени дефектности позволили получить высокопрочные термостойкие алмазные порошки марок АСТ200-АСТ250 с высокой однородностью по прочным характеристикам.

2) Результатами лабораторных исследований подтверждена возможность повышения износостойкости в 1,6 раза матриц буровых коронок в случае их оснащения высокопрочными алмазами с низкой степенью дефектности, полученными в результате применения специальных методов сортировки.

3) Добавление нанопорошка CrB_2 в состав матрицы 51Fe-32Cu-9Ni-8Sn КАМ, сформированной методом холодного прессования с последующим спеканием с горячей допрессовкой, влияет на ее структуру, механические и эксплуатационные свойства. Наименьшие значения коэффициента трения (0,130) и скорости износа ($2,1 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^3 \text{ Н}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$) зафиксированы при концентрации 2% CrB_2 . Трибологические испытания спеченных образцов в дополнение к измерению микротвердости и модуля упругости свидетельствуют о существенном расширении функциональных возможностей композита, содержащего 2% CrB_2 .

4) Использование нанопорошка VN в количестве 3% (по массе) в составе исходной шихты 51Fe-32Cu-9Ni-8Sn с размером частиц 10 – 60 мкм, позволяет сформировать микрогетерогенную структуру с размером зерна 20 – 400 нм с плотными межзеренными границами, на которых отсутствуют поры.

5) Измельчение алмазных зерен от 5 – 50 мкм до 20 – 400 нм приводит к резкому снижению силы трения от 250 до 180 мН и скорости износа; испытания на износостойкость измельченных зерен свидетельствуют о значительном расширении возможностей композита с нанокристаллической матрицей.

6) Применение предварительной металлизации высокопрочных синтетических алмазов с целью получения переходной зоны «алмаз-покрытие-материал матрицы» позволяет использовать технологические методы повышения износостойкости композиционных алмазосодержащих материалов алмазного породоразрушающего инструмента.

7) Установлено, что при проведении лабораторных испытаний использование для оснащения опытных коронок синтетическим алмазами марок АСТ – 200 – АСТ250 с высокой однородностью по прочностным характеристикам позволяет не только увеличить износостойкость буровых коронок в 1,5 – 2,5 раза, но и повысить эффективность разрушения ими горной породы.

8) В результате изучения влияния прочности алмазных зерен и однородности их по прочности на износостойкость буровых коронок и энергоемкость разрушения, установлено, что повышение прочности используемых алмазов приводит к увеличению их выступания из матрицы. Это, в свою очередь, уменьшает величину расклинивания, повышает износостойкость инструмента и снижает объемную работу разрушения породы.

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ. В результате исследования установлена, что для бурения твердых абразивных пород наиболее эффективно применять алмазные многослойные коронки, матрица которых содержит по высоте несколько (три-пять и более) алмазных импрегнированных слоев, разделанных между собой безалмазными слоями значительного меньшей твердости (например, твердых слоев ВК-20). Предположительная форма алмазных слоев – «ребешковая», представляющая концентрические конусные выступы и впадины. Показано, что повышение стойкости и производительности бурения алмазных коронок имеет быть реализована, если алмазосодержащую матрицу изготавливают путем предварительной сортировки алмазов по их дефектности, добавлением в шихту нанопорошков CrB_2 или VN, измельчением алмазных зерен до 20 – 400 нм и предварительной металлизацией высокопрочных синтетических с целью получения переходной зоны, «алмаз-покрытие-материал матрицы». Теоретически установлено перспективность размещению

алмазосодержащих импрегнированных слоев в матрице на трех заходная винтовой поверхности с очень малым шагом (1 – 1,5 мм).

На заключительном этапе исследований планируется создать алмазную коронку с учетом достижений в каждом из упомянутых направлений. Предположительно это будет алмазная многослойная импрегрированная коронка матрица, которая выполнена с трехзаходной поверхностью размещения алмазных слоев, причем изготовление матрицы будет происходить по технологии с учетом результатов работы Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля ИСМ НАН (Украина).

«Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP08857201)». 

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кудайкулов С.К. Бурение скважин в сложных условиях снарядами со съёмками керноприемниками (ССК) – Алматы: КазНТУ, 2010 – 248 с. [Kudajkulov S.K. Burenie skvazhin v slozhnyh usloviyah snaryadami so s"emkami kernopriemnikami (SSK) – Almaty: KazNTU, 2010 – 248 s.]
- 2 Инновационный патент №13169 РК. Алмазная буровая коронка / Кудайкулов С.К., Федоров Б.В. Бюлл. №6. 2003. [Innovacionnyj patent №13169 RK. Almaznaya burovaya koronka / Kudajkulov S.K., Fedorov B.V. Byull. №6. 2003].
- 3 Инновационный патент №17379 РК. Алмазная буровая коронка / Кудайкулов С.К., Федоров Б.В. Бюлл. №5. 2006. [Innovacionnyj patent №17379 RK. Almaznaya burovaya koronka / Kudajkulov S.K., Fedorov B.V. Byull. №5. 2006.]
- 4 Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Кудайкулова Г.А., Отебаев М. Совершенствование алмазных коронок для бурения твердых абразивных пород / В сб. Породоразрушающей и металлообрабатывающей инструмент. Техника и технология его изготовления и применения. – Вып. 16. – Киев: ИСМ им. В.Н.Бакуля, НАН Украины, 2013 – С. 26-32. [Ratov B.T., Fedorov B.V., Kudajkulova G.A., Otebaev M. Sovershenstvovanie almaznyh koronok dlya bureniya tverdyh abrazivnyh porod / V sb. Porodorazrushayushchej i metalloobrabatyvayushchej instrument. Tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniya i primeneniya. – Vyp. 16. – Kiev: ISM im. V.N.Bakulya, NAN Ukrainy, 2013 – S. 26-32.]
- 5 Соловьев Н.В., Чихоткин В.Ф., Богданов Р.К., Закора А.П. Ресурсосберегающая технология алмазного бурения в сложных геологических условиях. – М.: ОАО ВЭГ-КНОЭНТ, 1997 – 126 с. [Solov'ev N.V., Chihotkin V.F., Bogdanov R.K., Zakora A.P. Resursosberegayushchaya tekhnologiya almaznogo bureniya v slozhnyh geologicheskikh usloviyah. – M.: ОАО VEGKNOENT, 1997 – 126 s.]
- 6 Федоров Б.В., Кудайкулова Г.А. и др. Результаты сравнительных испытаний алмазных буровых коронок ведущих фирм // Вестник КазНТУ. – 2014. – №2(102). – С. 75-79. [Fedorov B.V., Kudajkulova G.A. i dr. Rezul'taty sravnitel'nyh ispytaniy almaznyh burovyyh koronok vedushchih firm // Vestnik KazNTU. – 2014. – №2(102). – S. 75-79.]
- 7 Корнилов Н.И., Травин В.С. и др. Породоразрушающий инструмент для геолого-разведочных скважин. – М.: Недра, 1979. – С. 21-22. [Kornilov N.I., Travin V.S. i dr. Porodorazrushayushchij instrument dlya geologorazvedochnyyh skvazhin. Spravochnik. – M.: Nedra, 1979. – S. 21-22.]
- 8 Инновационный патент № 25764 РК. Алмазная буровая коронка / Федоров Б.В., Кудайкулова Г.А., Бердибаев Н.М. Бюлл. № 5. 2012. [Innovacionnyj patent №25764 RK. Almaznaya burovaya koronka / Fedorov B.V., Kudajkulova G.A., Berdibaev N.M. Byull. №5. 2012.]

- 9 Мечник В.А., Бондаренко Н.А., Кузин Н.О., Ляшенко Б.А. Роль структурообразования в формировании физико-механических свойств композитов системы алмаз – (Fe-Cu-Ni-Sn) // Трение и износ. – 2016. – Т. 37. – № 4. – С. 482-490. [Mechnik V.A., Bondarenko N.A., Kuzin N.O., Lyashenko B.A. Rol' strukturoobrazovaniya v formirovani fiziko-mekhanicheskikh svoystv kompozitov sistemy almaz – (Fe-Cu-Ni-Sn) // Trenie i iznos. – 2016. – T. 37. – № 4. – S. 482-490.]
- 10 Gevorkyan E., Mechnik V., Bondarenko N., Vovk R., Lytovchenko S., Chishkala V., Melnik O. Peculiarities of obtaining diamond-(Fe-Cu-Ni-Sn) hot pressing // Functional Materials. – 2017. – № 24. – P. 31-45.
- 11 Mechnik V. A., Bondarenko N. A., Dub S. N., Kolodnitskiy V. M., Nesterenko Yu. V., Kuzin N. O., Zakiev I. M., Gevorkyan E. S. A study of microstructure of Fe-Cu-Ni-Sn and Fe-Cu-Ni-Sn-VN metal matrix for diamond containing composites // Materials Characterization. – 2018. – № 146. – P. 209-216.
- 12 Mechnik V. A., Bondarenko N. A., Kolodnitskiy V. M., Zakiev V. I., Zakiev I. M., Storchak M., Dub S. N., Kuzin N. O. Physico-mechanical and tribological properties of Fe-Cu-Ni-Sn and Fe-Cu-Ni-Sn-VN nanocomposites obtained by powder metallurgy methods. Tribology in Industry. – 2019. – Vol. 41, № 2. – P. 188-198.
- 13 Мечник В. А., Бондаренко Н. А., Колодницкий В. Н., Закиев В. И., Закиев И. М., Игнатович С. Р., Дуб С. Н., Кузин Н. О. Формирование нанокристаллической матрицы Fe-Cu-Ni-Sn-VN вакуумным горячим прессованием для композиционного алмазосодержащего материала. Механические и трибологические свойства // Сверхтвердые материалы. – 2019. – №6. – С. 26-43. [Mechnik V. A., Bondarenko N. A., Kolodnickij V. N., Zakiev V. I., Zakiev I. M., Ignatovich S. R., Dub S. N., Kuzin N. O. Formirovanie nanokristallicheskoj matrixy Fe-Cu-Ni-Sn-VN vakuumnym goryachim pressovaniem dlya kompozicionnogo almazosoderzhashchego materiala. Mekhanicheskie i tribologicheskie svoystva // Sverhtverdye materialy. – 2019. – №6. – S. 26-43.]
- 14 Ратов Б. Т., Федоров Б.В., Исонкин А.М., Сыздыков А.Х. Ильницкая Г.Д. Основные направления совершенствования алмазных буровых коронок // Нефть и газ. – 2021. – №5 (125). – С. 46-59. [Ratov B. T., Fedorov B.V., Isonkin A.M., Syzdykov A.H. Il'nickaya G.D. Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniya almaznyh burovyyh koronok // Neft' i gaz. – 2021. – №5 (125). – S. 46-59.]
- 15 Ратов Б.Т., Бондоренко Н.А., Мечник В.А., Стрелчук В.В., Колодницкий В.Н., Николенко А.С., Коростишевский Д.Л., Пошванюк Н.Ф. Особенности микроструктуры композитов WC-Co упрочненных добавкой CrB2 / Инструментальное материаловедение. Сборник научных трудов. – Вып. 24. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, НАН Украины. Греция. Литохоро, 2021. – С. 27–36. [Ratov B.T., Bondorenko N.A., Mechnik V.A., Strelchuk V.V., Kolodnickij V.N., Nikolenko A.S., Korostishevs'kij D.L., Poshvanyuk N.F. Osobennosti mikrostruktury kompozitov WC-Co upravnennyyh dobavkoj CrB2 / Instrumental'noe materialovedenie. Sbornik nauchnyh trudov. – Vyp. 24. – Kiev: ISM im. V.N. Bakulya, NAN Ukrainy. Greciya. Litochoro, 2021. – S. 27–36.]
- 16 Ratov B.T., Bondarenko M.O., Mechnik V.A., Strelchuk V.V., Prikhna T.A., Kolodnitskiy V.M., Nikolenko A.S., Lytvyn P.M., Danylenko I.M., Moshchil V.E., Gevorkyan E.S., Kosminov A.S., Borash A. R. Structure and Properties of WC–Co Composites with Different CrB2 Concentrations, Sintered by Vacuum Hot Pressing, for Drill Bits // Journal of Superhard Materials. – 2021. – Vol. 43. – No. 5. – Pp. 344–354.