

4. Неудачин, Г. И. Теоретический анализ работы гидроударных механизмов / Г. И. Неудачин, А. В. Коломоец, В. Г. Абатуров // Труды МИНХиГП. – 1967. – № 63. – С. 19–25.
5. Калиниченко О. И., Русанов В. А., Рязанов А. Н. Методика проектирования конструктивных и рабочих параметров забойных гидроударных машин. // Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые. Межвуз. научн. темат. сб. – Екатеринбург, 1993. – с. 97-102.
6. Калініченко О. І., Каракозов А. А. Вибійні бурові машини. – Донецьк: ДонДТУ, 1997. – 125 с.

Поступила 14.07.11

УДК 622.24.05

**А. М. Исонкин**, канд. техн. наук

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

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДГЕЗИОННО-АКТИВНЫХ СВЯЗОК В КАЧЕСТВЕ МАТЕРИАЛА МАТРИЦ АЛМАЗНЫХ БУРОВЫХ КОРОНОК**

*Приведены результаты исследований возможности эффективного использования адгезионно-активных связей в качестве материала матриц алмазных буровых коронок.*

**Ключевые слова:** буровая коронка, матрица, адгезионно-активная связка.

Работоспособность алмазных буровых коронок существенно зависит от способности металлической связки их матриц прочно удерживать алмазы и противостоять абразивному воздействию частиц шлама разрушенной горной породы. При этом отмечается прямая связь между прочностью закрепления алмазов в матрице алмазного абразивного инструмента и его эксплуатационными показателями [1–3].

Эффективное использование алмазного породоразрушающего инструмента затрудняется тем, что его работоспособность изменяется в зависимости от условий применения. Это объясняется, с одной стороны, сложной зависимостью износостойкости композиционного алмазосодержащего материала матрицы от физико-механических свойств и соотношения его структурных составляющих, с другой – различием абразивных свойств горных пород, режимов изнашивания и главным образом динамического воздействия инструмента на горную породу [4; 5].

Большинство фирм производят алмазный буровой инструмент с широкой гаммой матриц различной твердости, что позволяет добиться его оптимальной износостойкости при бурении в породах различной степени абразивности и прочности [6].

Некоторые исследователи считают, что твердость матрицы только косвенно служит критерием оценки качества изготовления (пропитки, спекания) инструмента. Конкретные критерии оценки свойств матрицы, кроме твердости и рекомендуемых областей применения, в нормативно-технической документации не отражены.

Использование положений термодинамики сложных систем с применением в качестве критериев оценки таких понятий, как активационный барьер и энтропия, позволяет применить новый подход к анализу износостойкости буровых коронок. В этом случае поверхность матрицы буровой коронки может рассматриваться как открытая термодинамическая система, которая обменивается с внешней средой веществом, энергией и энтропией. Можно считать, что микроповреждаемость рабочей поверхности коронки происходит тогда, когда в локальном объеме на ее рабочей поверхности достигается критическая плотность внутренней энергии, накопленной при предельной деформации металлической связки абразивными частицами шлама разрушенной горной породы.

Период времени до достижения критического значения энтропии рабочей поверхности коронки существенно зависит от конструктивных особенностей и технологических параметров инструмента:

$$[S] = S_0 + \int_0^{\tau} S(t) dt \quad (1)$$

где:  $[S]$  – критическое значение энтропии;  $S_0$  – величина энтропии в поверхностном слое матрицы, обусловленная ее конструктивными и технологическими параметрами;  $S(t)$  – функция, описывающая производство энтропии при установившемся процессе бурения;  $\tau$  – период времени до достижения энтропией критического значения;  $t$  – время бурения.

Объективную информацию о свойствах термодинамической системы, которой является поверхность матрицы коронки, можно получить и оценить только по ее реакции на активное внешнее воздействие. В процессе бурения такое воздействие на рабочую поверхность матрицы оказывают частицы шлама разрушаемой горной породы, находящиеся в любой из моментов времени в зазоре между рабочим торцом коронки и забоем скважины. Для обеспечения эффективного процесса бурения матрица алмазной буровой коронки должна обладать оптимальным сочетанием величины активационного барьера и значения энтропии, производимой на ее поверхности при взаимонезависимых единичных контактах с частицами шлама.

При пластическом деформировании поверхности функцию диссипации, описывающую производство энтропии, можно представить в виде

$$\frac{dS}{dT} = \frac{F(t)V(t)}{T(t)} \quad (2)$$

где:  $S$  – энтропия;  $T$  – температура;  $t$  – время;  $F$  – усилие на инденторе;  $V$  – скорость перемещения индентора относительно поверхности матрицы буровой коронки.

Линейные размеры исследуемого образца по сравнению с деформируемым объемом достаточно велики, что обеспечивает термостабилизацию трассы царапания, т.е.  $T = \text{const}$ .

При использовании линейных датчиков перемещения индентора

$$F(t) = Kl(t); \quad (3)$$

$$V(t) = \frac{dl(t)}{dt} + V_0, \quad (4)$$

где:  $K$  – коэффициент пропорциональности,  $l(t)$  – отклонение индентора в процессе царапания от его среднего положения;  $V_0$  – линейная скорость перемещения стола с образцом относительно индентора, задаваемая системой привода.

Поскольку скорость колебаний индентора существенно превышает скорость перемещения стола, значением  $V_0$  в (4) пренебрегаем. Тогда, подставив (3) и (4) в (2), с учетом  $T = \text{const}$  после преобразования получим

$$dS = \frac{K}{T} l(t) dl(t), \quad (5)$$

Откуда после дискретизации диаграммы  $l(t)$  получим

$$S = \frac{K}{T} \sum_{i=0}^{n-1} l_i \Delta l_i \quad (6)$$

где:  $n$  – количество точек диаграммы колебаний индентора;  $l_i$  – смещение индентора в  $i$ -ой точке трибограммы;  $\Delta l_i$  – изменение смещения индентора

$$\Delta l_i = l_i - l_{i-1}; \quad l_i = \mu + X_i \quad (7)$$

$\mu$  – среднее положение индентора в процессе царапания,  $X_i$  – значение отклонения индентора от его среднего положения.

$$\text{Для достаточно больших } n \quad S = \frac{K}{T} \sum_{i=0}^{n-1} X_i^2 \quad (8)$$

С учетом того, что для централизованного дискретного случайного процесса

$$\sum_{i=0}^{n-1} X_i^2 \approx Dn \quad (9)$$

$$\text{где: } D \text{ – дисперсия, получим, что } S = \frac{K}{T} nD \quad (10)$$

Энтропия, производимая в поверхностном слое матрицы при ее пластическом деформировании, пропорциональна дисперсии отклонений индентора, а собственно дисперсия колебаний индентора характеризует удельное производство энтропии (на длину трассы царапания между отсчетами).

Обобщение изложенного позволяет предложить для характеристики матрицы бурового инструмента критерий  $\gamma$ , который определяется по результатам склерометрирования и представляющий собой отношение средней величины активационных барьеров  $A$  вдоль трассы царапания к среднему квадратическому отклонению  $\sigma$  индентора от его среднего положения в процессе царапания

$$\gamma = \frac{A}{\sigma} \quad (11)$$

С учетом рассмотренного подхода были проведены исследования материалов матриц алмазных буровых коронок конструкции ИСМ. На предварительном этапе исследований анализировали свойства и состав разработанных в ИСМ вольфрамсодержащих и безвольфрамовых адгезионно-активных металлических связей, широко используемых для изготовления бурового, камнеобрабатывающего и близкого к нему по условиям работы алмазного инструмента. Для изготовления матриц опытных буровых коронок были отобраны адгезионно-активные металлические связки МП9 (СТП ИСМ 90.1086-87) и МЗ-21 (СТП ИСМ 90.1103-86). Выбор этих связок в качестве связующего материала матриц опытных буровых коронок был обусловлен температурой спекания не более 950 °С, высокой химической активностью по отношению к алмазам за счет введения в оловянистую бронзу гидроксида титана и достижения физико-механических свойств, близких к широко применяемой связке на основе шихты ВК6, пропитанной медью М1.

Исследовали образцы, изготовленные по стандартной технологии без оснащения их алмазным порошком на основе связок ВК6 с пропиткой медью М1, МЗ-21 и МП-9. В качестве склерометра использовали прибор, изготовленный на базе инструментального микроскопа УИМ-21, дополнительно оснащенного электронным блоком для автоматизации сбора и обработки информации на ПЭВМ.

Склерометрирование осуществляли при скорости перемещения образца 2,5 мм/мин и вертикальной нагрузке 40 Н с использованием конического твердосплавного индентора с углом при вершине 120°. Диаграмму колебаний индентора в процессе царапания записывали в память ПЭВМ и обрабатывали с помощью специально разработанных программ, которые рассчитывали для каждого образца среднее значение величины активационного барьера, среднее квадратическое отклонение колебаний индентора на трассе царапания и величину критерия  $\gamma$ . Результаты в виде характеристик колебаний индентора при царапании матричных материалов приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Результаты склерометрирования материалов матриц буровых коронок**

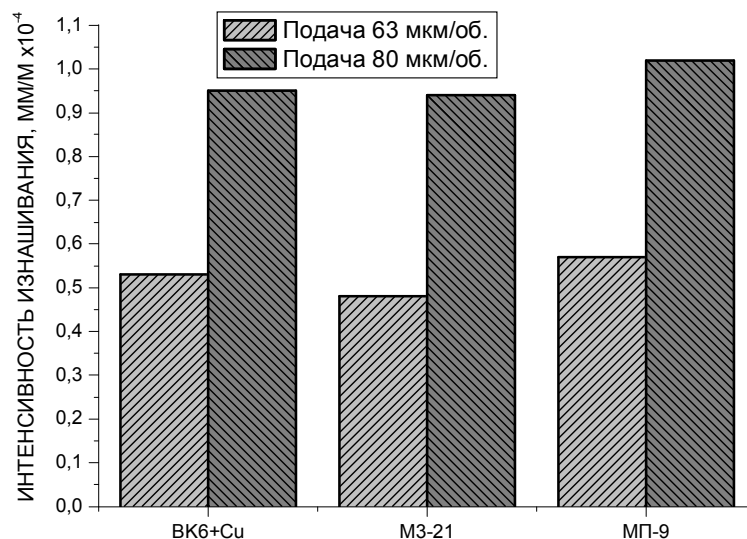
Материал матрицы – Связка	Активационный барьер В	Среднеквадратическое отклонение колебаний индентора В	Критерий $\gamma$
ВК6+Cu	7,97	0,13	61,31
МЗ-21	5,93	0,22	26,95
МП-9	4,95	0,31	15,97

Результаты анализа данных табл. 1 свидетельствуют о том, что исследованные матричные материалы различаются как высотой активационного барьера, так и производимой в их поверхностном слое энтропией. При этом энтропия обратно пропорциональна высоте активационного барьера. Проанализировав расчетные значения критерия  $\gamma$ , можно утверждать, что более износостойким при сопоставимых условиях бурения может быть материал матрицы на основе связки ВК6+Cu. Это обусловлено тем, что у этого материала наиболее высокий активационный барьер и наименьшая производимая энтропия.

Для проверки правомерности полученных данных по критерию  $\gamma$  и возможности использования связок МЗ-21 и МП-9 в качестве материала матрицы буровых коронок в сравнении с матрицей на основе ВК6+Cu провели лабораторные исследования по оценке их износостойкости. В целях исключения влияния конструкции инструмента, прочности и зернистости алмазов на его

работоспособность все опытные коронки с матрицами на основе указанных металлических связок были выполнены шестисекторными диаметром 36 мм с плоским рабочим профилем и высотой алмазосодержащего слоя 4 мм, оснащенного взятыми из одной исходной партии алмазами АС125 зернистостью 315/250 мкм.

Бурение опытными коронками осуществляли по коростышевскому граниту категории буримости X при частоте вращения 800 мин<sup>-1</sup>. Углубление за единичный опыт составляла 0,2 м. Для каждого цикла опытов поддерживалась постоянная подача коронки за один оборот 63 или 80 мкм. Износостойкость коронок оценивалась по величине интенсивности изнашивания - отношению линейного износа матрицы коронки по высоте к длине пути трения. Результаты исследований приведены на рисунке.



*Интенсивность изнашивания опытных буровых коронок с матрицами на основе различных связок*

Сопоставление данных табл. 1 и рисунка подтверждает правомерность предложенного метода с использованием склерометрии для предварительной оценки способности материала матрицы буровых коронок сопротивляться абразивному воздействию частиц шлама и позволяет отметить следующее. Несмотря на то, что связки М3-21 и МП9 имеют меньшие значения активационного барьера и критерия  $\gamma$ , интенсивность изнашивания алмазосодержащих матриц на их основе сопоставима с аналогичным показателем для связки на основе шихты ВК6 +Cu. Это свидетельствует о том, что применение специальных адгезионно-активных материалов с низкой температурой изготовления позволяет в большей степени сохранить исходную прочность алмазов. Дополнительно за счет повышенной адгезии связки повышается прочность закрепления алмазов в материале матрицы и увеличивается высота их выступания над рабочей поверхностью коронки, что способствует снижению степени абразивного воздействия на неё частиц шлама и, как следствие, снижению интенсивности изнашивания инструмента [7].

Сравнительные производственные испытания опытных коронок БС01 (связка ВК6+Cu) и БА30 (связка М3-21) конструкции ИСМ, а также серийных коронок типа 02ИЗ (связка ВК6+Cu) производства Терского завода алмазного инструмента были проведены в различных геолого-технических условиях. Их результаты показали, что коронки с матрицей на основе адгезионно-активных связок не уступают коронкам с вольфрамсодержащей матрицей (табл. 2).

**Таблица 2. Результаты производственных испытаний буровых коронок диаметром 59 мм с разной металлической связкой алмазосодержащей матрицы**

Буримые породы (средняя категория)	Тип коронки	Количество отработанных коронок	Общий объём бурения, м	Средняя механическая скорость бурения, м/ч	Средняя проходка на коронку, м	Удельный расход алмазов, карат/м
Диабазы (8,4)	02ИЗСВ40/60	53	954	1,21	18,0	0,89
	БА-30	10	269	1,52	26,9	0,64
Порфириты (8,9)	02ИЗТ150/К60	40	376	1,8	9,4	1,23
	БА-30	20	380	2,4	19,0	0,92
Диориты (9,2)	02ИЗТ150/К60	42	478	0,8	11,38	1,00
	БА-30	25	425	1,1	17,0	1,01
Граниты (9,8)	02ИЗТ150/К60	16	92	1,8	5,75	1,35
	БА-30	12	216	1,7	18,0	1,22
	БС-01	10	124	2,2	12,4	0,97

Результаты производственных испытаний подтвердили достоверность результатов лабораторных исследований, что свидетельствует о возможности эффективного применения буровых коронок, алмазосодержащая матрица которых выполнена на основе безвольфрамовых адгезивно-активных связок.

*Наведені результати досліджень можливості ефективного використання адгезійно-активних зв'язок у якості матеріала матриць алмазних бурових коронок.*

**Ключові слова:** бурова коронка, матриця, адгезійно-активна зв'язка.

*The possibility of effective application of adhesive-active ligaments as the matrix material of diamond drill bits*

**Key words:** drill bit, a matrix adhesion-active bunch.

### Литература

1. Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов/ Ю. В. Найдич, Г. А. Колесниченко, И. А. Лавриненко, Я. Ф. Моцак — К. Наук. думка, 1977. – 186 с.
2. Аршиков А. С., Лысов А. А., Дербуш С. В. Влияние технологических факторов на прочность закрепления алмазных зерен в металлических связках // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2005. – № 6.
3. Коновалов В. А., Ткач В. Н., Шатохин В. В. Взаимосвязь прочности закрепления зерен в связке со стойкостью алмазно-абразивного инструмента // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент—техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч.тр.. – К. ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2010. –Вып.13. с. 508–513.

4. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении / П. В. Зыбинский, Р. К. Богданов, А. П. Загора, А. М. Исонкин – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.
5. Геологоразведочный породоразрушающий инструмент на основе алмазов и сверхтвердых материалов / Н. В. Соловьёв, Д. Н. Башкатов, Л. К. Горшков и др. Изд-во ЮРГТУ, Новочеркасск: – 2009. – 335 с.
6. Справочник по бурению геологоразведочных скважин / И. С. Афанасьев, Г. А. Блинов, П. П. Пономарев – СПб.: Недра, 2000. – 712 с.
7. Исонкин А. М., Богданов Р. К. Влияние микрогеометрии рабочей поверхности импрегнированных буровых коронок на показатели их работоспособности // Сб. науч. тр. "Научно-технические достижения и передовой опыт в области геологии и разведки недр" –М.: –ВИЭМС. –№2. 1990. – С.59–65.

Поступила 26.04.11

УДК 622.245.12

**Б. Н. Васюк<sup>1</sup>**, канд. техн. наук; **С. В. Гошовский<sup>2</sup>**, д-р техн. наук

<sup>1</sup>Днепропетровское отделение Украинского государственного геологоразведочного института (ДО УкрГГРИ) г. Днепропетровск

<sup>2</sup>УкрГГРИ, г. Киев, Украина

### УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УСТАНОВКИ ОБСАДНЫХ КОЛОНН В СКВАЖИНЕ

*Рассмотрен усовершенствованный метод установки обсадных колонн в скважине с применением вибратора поперечного действия.*

**Ключевые слова:** обсадная колонна, вибратор.

Важным этапом процесса бурения скважин является закрепление неустойчивых пород обсадными трубами, которые устанавливаются, практически, во всех скважинах, независимо от способа бурения и целевого назначения: на твердые полезные ископаемые, гидрогеологических, нефтяных и газовых, морских и т. д. Надежное закрепление неустойчивых пород определяет успешное проведение буровых работ и достижение поставленной цели.

При бурении скважин на нефть и газ, особенно при морском бурении со стационарных гидротехнических сооружений и плавучих буровых установок, качественная установка и цементация обсадных колонн обеспечивают не только выполнение геологического задания и успешную эксплуатацию скважин, но и соблюдение необходимых экологических требований и исключение возможности возникновения технических и экологических катастроф.

В настоящее время для спуска обсадной колонны в скважину используется вышка буровой установки, лебедка, талевая система, а также механизмы для подвешивания спущенной колонны в устье скважины [1]. Свинчивание труб обсадной колонны производится в процессе её спуска специальным механизмом свинчивания – развинчивания. В ряде случаев осуществить спуск колонны до проектной глубины не удастся из-за вывалов горных пород, их пучения, по другим причинам; в этом случае лебедкой бурового станка производится «расходка» труб, что может обеспечить устранение осложнений и успешное выполнение запланированных работ. Недостаток метода – воздействие экстремальных нагрузок на буровую вышку и оборудование.

Прихваты колонны при спуске возможно ликвидировать, также, за счет применения вибрационных механизмов, среди которых следует выделить дебалансные вибраторы осевого действия [2], которые основаны на принципе возбуждения центробежных сил при вращении эксцентрично смещенных масс, обеспечивают создание пульсирующих осевых усилий. Вибрация уменьшает силы трения и сопротивления, действующие по наружной поверхности обсадных труб. По данным Д. Д. Баркана и Н. А. Преображенской [2] статическое усилие для срыва колонны труб при использовании дебалансных вибровозбудителей может быть уменьшено с 200 до 10-15 т, т. е. более, чем в 13 раз, что подтверждает эффективность устройств. Однако, затухание вибрации по длине колонны определяет ограниченную область их рационального применения: при установке колонн длиной не более 70 м.