

УДК 622.243.051.64

## Влияние металлизации алмазов на показатели работоспособности буровых коронок

Исонкин А. М., Богданов Р. К.

*Институт сверхтвердых материалов им.В.Н.Бакуля НАН Украины*

Поступила в редакцию 01.03.11, принята к печати 18.03.11

### **Аннотация**

В настоящей статье представлены результаты исследований по повышению эксплуатационных характеристик бурового инструмента за счет применения в нем синтетических алмазов с различной степенью металлизации. Показано, что показатели работоспособности буровых коронок при их оснащении металлизированными алмазами повышаются.

Ключевые слова: металлизация, синтетические алмазы, буровой инструмент.

Основным резервом повышения эффективности геологоразведочных работ при разведке месторождений полезных ископаемых является дальнейший рост механической скорости бурения скважин и износостойкости геологоразведочного инструмента, для оснащения которого в настоящее время широко используются различные по свойствам и зернистости синтетические алмазы и сверхтвердые материалы.

Один из способов улучшения исходных свойств синтетических алмазов, используемых для оснащения матриц буровых коронок, является нанесение на поверхность алмазных зерен тонкого металлического покрытия.

Анализ литературных источников показал, что нанесение металлических покрытий на зерна алмаза и кубического нитрида бора получило широкое распространение в мировой практике изготовления алмазно-абразивного инструмента и является одним из перспективных путей повышения его эксплуатационных показателей. По мнению авторов металлизация адгезионно-активными по отношению к алмазам металлами, в частности, никелем и хромом, способствует повышению прочностных свойств алмаза ("залечивающий эффект"), предохраняет алмаз от воздействия высоких температур и окисления, повышает прочность крепления зерна в металлической матрице, играет роль теплопроводной и амортизирующей оболочки [1–4].

Технология химической металлизации состоит из следующих последовательных операций: очистки в различных средах (щелочь, вода, соляная кислота, спирт, эфир); первичного нанесения металла путем химического восстановления в растворе, катодного напыления или покрытия испарением; вторичного нанесения металла по полученному слою гальваническим методом или методом «эвтектических элементов». Такая технология позволяет наносить пленки из различных металлов и сплавов, обеспечивает прочное соединение металла с алмазом [5].

Целью проведенных исследований являлось установление влияния на механическую скорость бурения и износостойкость инструмента металлизации синтетических алмазов, используемых для оснащения матриц буровых коронок конструкции ИСМ НАН Украины.

На первом этапе были проведены исследования влияния металлического покрытия природных алмазов на прочность их закрепления в материале матрицы буровых коронок на основе шихты ВК6, пропитанной медью марки М1. Алмазы покрывались никелем и хромом. Алмаз без покрытия и металлизированные алмазы закреплялись с равным выступанием над торцевой поверхностью в штабиках диаметром 10 мм, изготовленных по той же технологии, что и матрицы бурового инструмента. Прочность крепления алмазов в матрице определялась на специальном

стенде, который позволял прикладывать к ним изгибающее или вырывающее усилие до 3000 Н. [6]

К выступающей части алмаза прикладывалось постепенно возрастающее усилие, которое действовало в том направлении, в каком материал матрицы не препятствовал вырыванию алмаза из штабика. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1. Прочность закрепления алмазов с различным покрытием в матричном материале на основе ВК6, пропитанной медью марки М1.

№ п/п	Усилие вырыва алмаза из матрицы, Н					
	Размер алмазов 2,8-3,3 мм			Размер алмазов 1,0-1,2 мм		
	без покрытия	никель	хром	без покрытия	никель	хром
1	250	550	450	150	160	400
2	350	350	500	150	320	300
3	240	500	460	100	350	350
4	290	400	460	140	200	210
5	250	450	400	120	180	200

Из таблицы видно, что металлизация позволяет повысить прочность закрепления алмазных зерен в среднем в два раза.

На втором этапе были проведены лабораторные исследования влияния металлизации синтетических алмазов на изменения механической скорости бурения и износостойкости буровых коронок.

Для сравнительных испытаний были изготовлены две партии коронок типа БС-01 диаметром 36 мм с шестью промывочными каналами и полукруглым рабочим профилем. Объемный рабочий слой высотой 4 мм всех буровых коронок оснащался синтетическими алмазами АС125 зернистостью 315/250 мкм, взятых из одной партии с одинаковой исходной прочностью. Относительная концентрация алмазов в матрицах буровых коронок была одинакова и составляла 125%.

В отличие от коронок первой партия, матрицы которых оснащались алмазами без покрытия, для оснащения матриц коронок второй партии были использованы алмазы, предварительно покрытые никелем.

Бурение осуществлялось по коростышевскому граниту IX категории буримости на специально оборудованном буровом стенде, оснащенный контрольно измерительной аппаратурой [6].

Средняя механическая скорость бурения определялась по величине отношения проходки в породе к времени бурения при условии сохранения постоянной величины углубки коронки за один оборот в пределах заданных значений осевого усилия и частоты вращения. Величина проходки определялась по лимбу стенда с точностью до  $10^{-3}$  м. Время фиксировалось секундомером с точностью до 0,2 с. Величина осевого усилия и крутящего момента  $M_{кр}$  измерялись с помощью двухкомпонентного динамометра с точностью 100 Н и 1,0 Нм соответственно:

$$V_m = 36 \frac{l}{t} \quad (1)$$

где:  $V_m$  – средняя механическая скорость бурения, м/ч;  
 $l$  – проходка за опыт, см;  $t$  – время бурения, с.

$$h_{об} = 1,67 \times 10^4 \frac{V_m}{n} \quad (2)$$

где:  $h_{об}$  – углубка коронки за один оборот, мкм;  
 $n$  – частота вращения, мин<sup>-1</sup>

Износ коронки по высоте измерялся с помощью индикатора часового типа МИГ-1 с точностью до  $10^{-6}$  м, установленного на специально оборудованной стойке С-1У, позволяющей производить замер в определенной точке рабочего торца коронки до и после опыта за счет ее жесткой фиксации на плите стойки.

По величине линейного износа матрицы коронки и времени бурения определялась скорость изнашивания  $V_u$

$$V_u = \frac{h}{t} \quad (3)$$

где:  $h$  – линейный износ по высоте, мм.  
 $t$  – время бурения, ч;

Графики семейства кривых, отражающих корреляционную связь между механической скоростью бурения и осевым усилием при различных значениях частоты вращения буровых коронок, приведены на рис. 1,а,б.

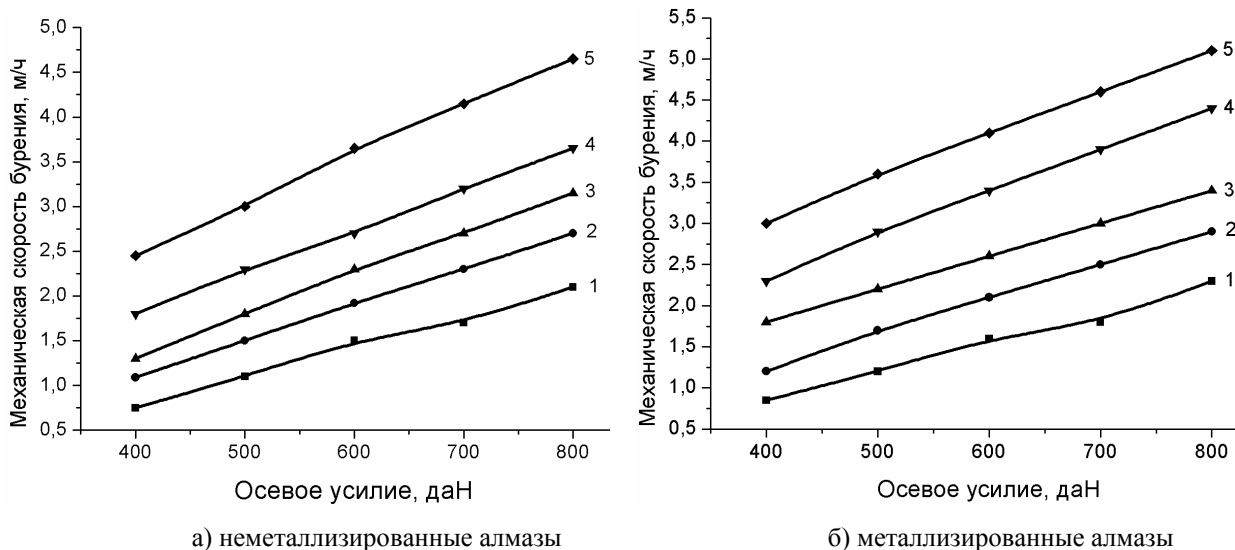


Рис. 1. Зависимость механической скорости бурения от осевого усилия для коронок, оснащенных неметаллизированными (а) и металлизированными (б) алмазами, при частоте вращения соответственно: 1 – 600 мин<sup>-1</sup>; 2 – 750 мин<sup>-1</sup>; 3 – 950 мин<sup>-1</sup>; 4 – 1180 мин<sup>-1</sup>; 5 – 1500 мин<sup>-1</sup>.

Анализ представленных графиков свидетельствует о росте механической скорости бурения с интенсификацией параметров режима бурения. При этом необходимо отметить, что при частоте вращения до 750 мин<sup>-1</sup> для сравниваемых коронок величины механической скорости бурения существенно не отличаются.

Изменение частоты вращения в пределах от 750 до 1500 мин<sup>-1</sup> привело к более интенсивному росту механической скорости у коронок с металлизированными алмазами: при частоте вращения 950 мин<sup>-1</sup> на 6–20%, а при частоте вращения 1180 и 1500 мин<sup>-1</sup> это увеличение составляет 15–30%.

Графики величины линейного износа на один метр бурения коронок, оснащенных металлизированными и неметаллизированными алмазами, в зависимости от величины осевого усилия при различной частоте вращения представлены на рис. 2,а,б.

Количественный анализ приведенных зависимостей указывает на то, что при изменении нагрузки от 4 кН до 8 кН и частоте вращения от 600 мин<sup>-1</sup> до 1500 мин<sup>-1</sup> величина износа у коронок, оснащенных неметаллизированными алмазами, больше на 40–65%, чем у коронок с металлизированными алмазами. При этом в процессе интенсификации режима бурения скорость износа у коронок с неметаллизированными алмазами выше на 20–60% этого показателя у коронок, оснащенных металлизированными алмазами, о чем свидетельствуют приведенные на рис. 3,а,б графики зависимости скорости износа от величины осевого усилия при различной частоте вращения.

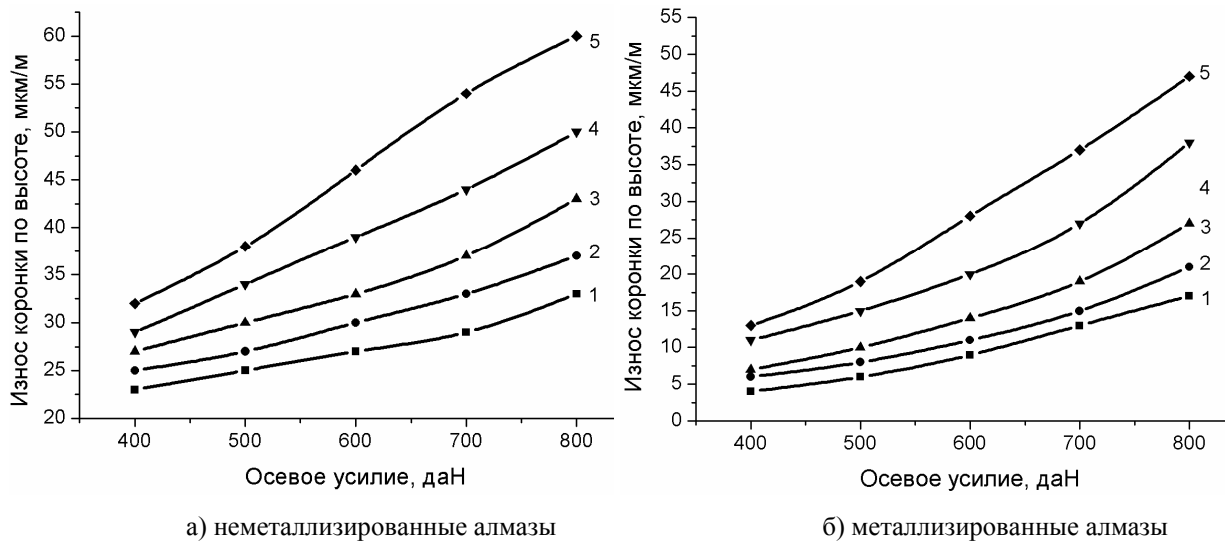


Рис. 2. Зависимость величины износа на один метр бурения от осевого усилия для коронок, оснащенных неметаллизированными (а) и металлизированными (б) алмазами, при частоте вращения соответственно: 1 – 600 мин<sup>-1</sup>; 2 – 750 мин<sup>-1</sup>; 3 – 950 мин<sup>-1</sup>; 4 – 1180 мин<sup>-1</sup>; 5 – 1500 мин<sup>-1</sup>.

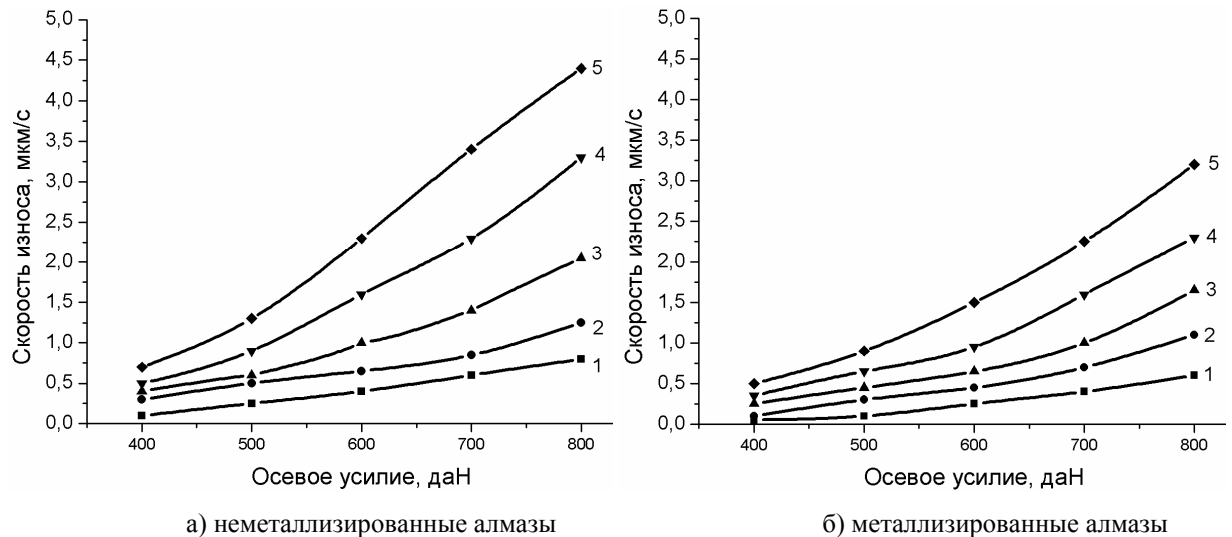


Рис. 3. Зависимость величины скорости износа от осевого усилия для коронок, оснащенных неметаллизированными (а) и металлизированными (б) алмазами, при частоте вращения соответственно: 1 – 600 мин<sup>-1</sup>; 2 – 750 мин<sup>-1</sup>; 3 – 950 мин<sup>-1</sup>; 4 – 1180 мин<sup>-1</sup>; 5 – 1500 мин<sup>-1</sup>.

Обобщая приведенные результаты лабораторных исследований, можно отметить следующее: износостойкость буровых коронок, оснащенных металлизированными алмазами, выше износостойкости коронок, оснащенных неметаллизированными алмазами. На одинаковых сочетаниях параметров режима бурения скорость износа указанных коронок ниже, чем коронок с неметаллизированными алмазами. Применение металлизированных алмазов для оснащения буровых коронок обеспечивает рост механической скорости бурения до 30% и износостойкости до 20-40%.

С целью подтверждения результатов, полученных в процессе лабораторных исследований, были проведены производственные испытания. Для этого по стандартной технологии были изготовлены три партии коронок типа БС-01 диаметром 59 мм, оснащенных синтетическими алмазами АС125 зернистостью 250/200, взятыми из одной исходной партии. Первая партия коронок была оснащена неметаллизированными алмазами, вторая - металлизированными никелем

алмазами со степенью металлизации 25 мас. %, третья - металлизированными никелем алмазами со степенью металлизации 50 мас. %. Толщина слоя никеля на металлизированных алмазах составляла от 3 до 5 мкм.

Сравнительные испытания опытных коронок были проведены в производственных условиях при бурении плановых скважин в интервале глубин от 50 до 1000 м. Геологический разрез скважин был представлен диорит-пиро-ксен-плагиоклазовыми роговиками, магнетитами IX-X категории по буримости от плотных до трещиноватых различной степени абразивности.

Обработка опытных коронок выполнялась с использованием станка ЗИФ-650М при соблюдении следующих параметров режима бурения: осевое усилие 500-1000 даН, частота вращения,  $470\div 780 \text{ мин}^{-1}$ , подача промывочной жидкости 40-60  $\text{дм}^3/\text{мин}$ .

Механическая скорость бурения отработанных коронок была в пределах 1,5–1,8 м/ч.

Полученные показатели бурения приведены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние степени металлизации синтетических алмазов на показатели работоспособности буровых коронок

Степень металлизации, мас.%	Число отработанных коронок, шт.	Механическая скорость бурения, м/ч	Средняя проходка на коронку, м	Удельный расход алмазов, кар/м
Без металлизации	8	1,5	12,2	1,066
25	8	1,6	14,6	0,890
50	9	1,8	19,2	0,677

Из таблицы видно, что показатели бурения у опытных коронок, оснащенных синтетическими алмазами с различной степенью металлизации выше, чем у коронок, оснащенных неметаллизированными алмазами. Так, при степени металлизации алмазов 25 мас.% и 50 мас.% средняя проходка на коронку составила соответственно 14,6 м и 19,2 м, что в 1,2 и 1,56 раза выше по сравнению с коронками, оснащенными неметаллизированными алмазами. При этом расход алмазов соответственно на 17% и 37% ниже, чем у коронок с неметаллизированными алмазами.

### Выводы

1. Покрытие алмазов металлами позволяет повысить прочность их закрепления в матрице буровой коронки в среднем до 2-х раз.
2. Применение металлизированных алмазов для оснащения буровых коронок позволяет увеличить показатели их работоспособности до 1,6 раза в зависимости от степени металлизации.

### Библиографический список

1. Найдич Ю. В., Колесниченко Г. А., Лавриненко И. А., Моцак Я. Ф. Пайка и металлизация сверхтвёрдых инструментальных материалов. — К.: Наук, думка. 1977. — 186 с.
2. Evans D., Nicholas M., Scott P. The wettig and bonding of diamond by coper—titanium alloys // Ind. Diamond Rev. —1977. —No.9. —P. 306—309.
3. Коновалов В. А. Исследование влияния прочности алмазодержания и износостойкости металлических связок на работоспособность алмазно-абразивного инструмента: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Харьков. 1974.—27 с.
4. Чистяков ЕМ., Шепелев А.А., Дуда Т.М. Инструмент из металлизированных сверхтвердых материалов. Киев: Наук, думка, 1982. 204 с.
5. Дуда Т. М. Металлизированные никелем, медью и титаном алмазные и кубонитовые шлиф- и микропорошки // Инструмент. світ. - 1999. -№ 4-5. - с. 28-29.

6. Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении // Под ред. В.Н.Бакуля. - К., -Наукова думка. -1978. 232с.

© Исонкин А. М., Богданов Р. К., 2011.

#### **Анотація**

У цій статті представлені результати досліджень з підвищення експлуатаційних характеристик бурового інструменту за рахунок застосування в ньому синтетичних алмазів з різним ступенем металізації. Показано, що показники працездатності бурових коронках у їх обладнанні металізованими алмазами підвищуються.

Ключові слова: металізація, синтетичні алмази, буровий інструмент.

#### **Abstract**

This article presents the results of research to improve the performance of the drilling tool through the use of synthetic diamonds in it with varying degrees of metallization. It is shown that the rate of efficiency of drill bits for their equipment metalized diamond increase.

Keywords: metallization, synthetic diamonds, drilling tools.