

УДК 622.248.051.64

Ю. Е. Будюков, В. И. Спирин, доктора технических наук¹, **В. В. Кубасов**²

¹ОАО «Тульское научно-исследовательское геологическое предприятие», Россия

²Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго
Орджоникидзе, г. Москва

ВЛИЯНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ АЛМАЗА МЕТАЛЛОМ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Рассмотрено влияние смачиваемости алмаза металлом на работоспособность породоразрушающего инструмента. Установлено, что повышение смачиваемости алмаза металлом связки приводит к повышению твёрдости, абразивной износостойкости материала матрицы и в целом повышению работоспособности породоразрушающего инструмента при бурении.

Ключевые слова: алмаз, смачивание, металл, связка, породоразрушающий инструмент, работоспособность.

Из литературных источников известно что, повышение прочности связи алмаз–металл при достаточной твердости матрицы приводит к некоторому повышению работоспособности алмазного породоразрушающего инструмента [1–4]. При этом связка (пропиточный сплав) должна обеспечивать хорошее смачивание алмазов и температуру плавления не выше 1130 °С. Взаимодействие жидких металлов и сплавов, выполняющими роль связки в матрице, с поверхностью алмаза может быть охарактеризовано смачиваемостью. Смачиваемость оценивается величиной краевого угла, который зависит от межфазных поверхностных энергий по уравнению Лапласа

$$\cos \theta_c = \frac{\sigma_T - \sigma_{ТЖ}}{\sigma_Ж},$$

где θ_c – краевой угол, град; σ_T , $\sigma_{ТЖ}$, $\sigma_Ж$ – удельные межфазные поверхностные энергии на границе раздела твердое тело–газ, твердое тело–жидкость, жидкость–газ соответственно, МПа.

Если краевой угол $\theta_c = 0^\circ$, то имеет место полное смачивание поверхности твердого тела жидким металлом. Если же $\theta_c = 180^\circ$, то смачивание отсутствует, что чрезвычайно бывает редко. Наличие краевого угла $\theta_c < 90^\circ$ свидетельствует о смачивании.

Применительно к алмазам требование химической теории смачивания можно сформулировать по В. Н. Еременко и Ю. В. Найдичу так: чем сильнее сродство металла с углеродом, тем лучше будет смачивать алмаз. Сильные связи с углеродом металлоподобного характера образуют все переходные металлы, т. е. элементы с дефектом в d или f электронном слое.

При изготовлении алмазного инструмента холодным прессованием с матрицей из твердосплавных смесей в качестве связки используют преимущественно медь или медно-никелевый сплав с содержания никеля 6–10%. Эти связки алмаз не смачивают. Повысить адгезию сплава можно путем введения в него небольшого количества одного или нескольких межфазно-активных присадок. Для меди такими присадками могут быть Ti, Cr, Fe, W, Mn, V, B, Ni и другие элементы. Эффективность влияния добавок устанавливают экспериментально, причем, полезным может оказаться введение двух- и более элементов.

По литературным данным и на основе имеющегося опыта были разработаны на основе меди пропиточные сплавы [3], данные по определению температур, плавления которых и качество пропитки ими образцов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Данные по определению температур плавления опытных сплавов и качества пропитки образцов

Номер сплава	Температура плавления, °С	Качество пропитки образцов
1	1130	Хорошее
2	1120	Хорошее
3	1140	Плохое
4	1160	Среднее
5	1170	Среднее
6	1130	Хорошее
7	1140	Среднее
8	1170	Среднее
9	1160	Хорошее
10	1150	Хорошее
11	1160	Хорошее
12	1180	Хорошее
13	1170	Среднее
14	1190	Среднее
15	1150	Среднее
16	1140	Среднее
17	1190	Среднее
18	1170	Плохое
19	1200	Среднее
20	1130	Хорошее
21	1130	Хорошее

Как видно из табл. 1 сплавы № 4, 5, 8, 9, 11–14, 17–19 имеют температуру плавления выше 1150 °С и по этой причине не могут быть использованы в дальнейших экспериментах, а сплав № 3 плохо пропитывает карбид вольфрама.

По результатам определения ударной вязкости окончательно определены для дальнейших исследований три сплава: № 6, 20 и 21. В эти сплавы входят в различных вариациях Cu, Mn, Fe, Cr, Ti, Sn.

Исследование связок с целью уточнения их качественного состава проводилось на рентгено-флюоресцентном спектрометре «Спектроскоп».

Спектрограмма определения в сплаве содержания Cu, Ni, Fe, Mn приведена на рис. 1.

При исследовании адгезии к графиту сплавов № 6, 20, 21 и медно-никелевого сплава получены результаты, приведенные на рис. 2, а также в табл. 2, где также приведены усредненные значения твердости и абразивной износостойкости образцов.

При этом для определения краевого угла смачивания использовался метод покоящейся капли на графите. На рис. 2 показаны затвердевшие капли исследуемых сплавов на подложке из точеного графита марки МГ. Из рисунка видно, что сплавы № 6, 20 и 21 краевой угол не превышает 75°, т.е. они смачивают графит и, следовательно, алмаз. В то же время, серийно используемый в качестве связки медно-никелевый сплав, имеет краевой угол θ_c , равный 140°, что равнозначно отсутствию смачивания.

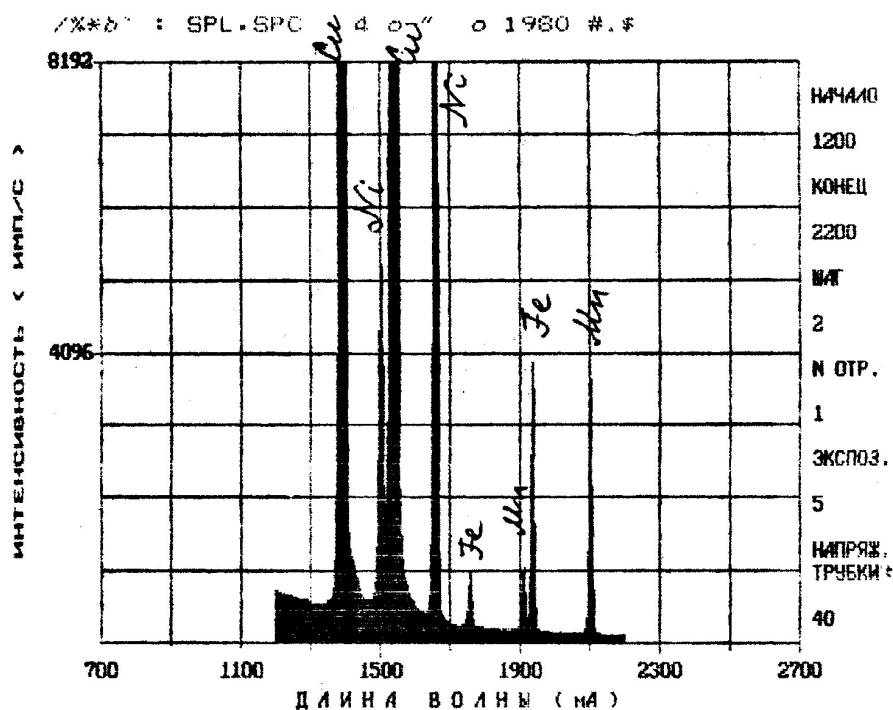


Рис. 1. Фрагмент спектрограммы определения содержания металлов в сплаве

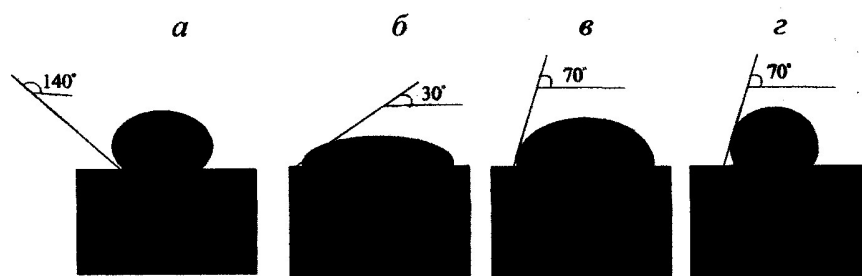


Рис. 2. Краевой угол θ на графите сплавов: а – медно-никелевого сплав; б – № 6; в – № 20; г – № 21

Таблица 2. Значения краевого угла смачивания твердости и абразивной износостойкости образцов

Номер сплава	Краевой угол, θ_c	Средняя ударная вязкость, кгс/см	Твердость, HRC	Абразивная износостойкость (потеря массы)	
				г	%
6	30	35	34	0,40	62
20	70	35	48	0,24	38
21	70	34	50	0,22	34
Серийный	140	36	28	0,64	100

Сравнение полученных значений твердости и абразивной износостойкости образцов, приведенных в табл. 2, показывает улучшение этих характеристик в случае пропитки опытными сплавами. В результате исследований установлено, что большей твердости материала матрицы алмазных коронок соответствует большая износостойкость. На рис. 3 показана зависимость для образцов матрицы из шихты, состоящей из карбида вольфрама с 20% релита.

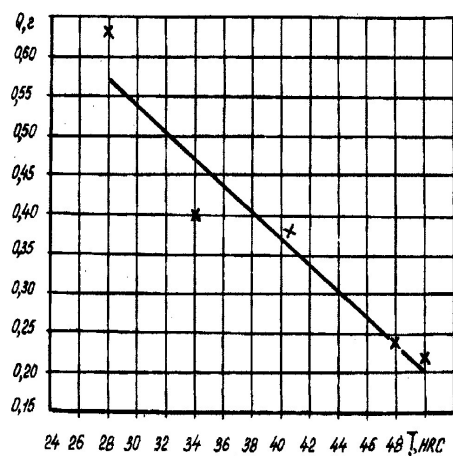


Рис. 3. Зависимость абразивной износостойкости Q материала матрицы от твердости T

Из трех опытных сплавов наибольший интерес представляет сплав № 6, имеющий самый малый краевой угол θ_c , что обеспечивает лучшее удержание алмазов. Сплавы № 20 и 21 по показателям идентичны и тоже могут использоваться для изготовления коронок.

В результате производственных испытаний алмазных коронок, изготовленных с применением новых связок, установлено повышение механической скорости бурения в 1,1–1,4 раза и снижение расхода алмазов на 20–35% по сравнению с применением стандартных алмазных коронок.

Таким образом, в результате исследований установлено, что повышение смачиваемости (уменьшение краевого угла) алмаза металлом связки приводит к повышению твердости, абразивной износостойкости материала матрицы и

соответственно повышению работоспособности (механической скорости бурения и стойкости) породоразрушающего инструмента.

Розглянуто вплив змочуваності алмазу металом на працездатність породоруйнівного інструменту. Встановлено, що підвищення змочуваності алмазу металом зв'язки призводить до підвищення твердості, абразивної зносостійкості матеріалу матриці і в цілому підвищенню працездатності породоруйнівного інструменту при бурінні.

Ключові слова: алмаз, змочування, метал, зв'язка, породоруйнівний інструмент, працездатність.

Influence of wettability of diamond metal for proper rock cutting tool. Found that improving wettability of diamond metal bond increases hardness and abrasive wear resistance of matrix material and to improve the health of the instrument.

Key words: diamond, wetting, metal, bunch, rock cutting tool, working capacity.

Литература

1. Будюков Ю.Е., Власюк В.И., Спиринов В.И. Алмазный породоразрушающий инструмент. – Тула: Гриф и Ко, 2005. – 288 с.
2. Спиринов В.И., Кубасов В.В. Повышение износостойкости алмазного породоразрушающего инструмента за счёт термической обработки / Докл. XI междунар. конф. «Новые идеи в науке о земле», 9–12 апр. 2013 г.: в 3 т. – 2013. – Т. 2.
3. Будюков Ю.Е., Ососов И.А. Матричные композиции с заданными свойствами при изготовлении алмазного инструмента / Сб. науч. тр. «Научно-техническая продукция Тульской области». – Тула, ТулГУ, 2009. – 268 с.
4. Спиринов В.И., Будюков Ю.Е., Кубасов В.В. Анализ результатов работы алмазных коронок, подвергнутых криогенной обработке / Науч.-техн. журн. «Инженер-нефтяник». – 2013. – № 2.
5. Игнатов В.И. Организация и проведение эксперимента в бурении. – М.: Недра, 1980. – 101 с.
6. Кубасов В.В., Будюков Ю.Е., Спиринов В.И. Зависимость работоспособности породоразрушающего инструмента от смачиваемости алмаза металлом связки / Матер. науч.-техн. конф. «Инновационные наукоёмкие технологии». – Тула: Инновационные технологии, 2014.

Поступила 06.06.14