

**АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ НАНЕСЕНИИ ПОКРЫТИЙ
ДЕТОНАЦИОННЫМ МЕТОДОМ НА КОРПУС АЛМАЗНОГО ДОЛОТА**

© 2023 А.С. Болдырева

Самарский государственный технический университет¹, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 10.008.2023

В данной статье рассматриваются твердосплавные материалы из карбид вольфрама при детонационном покрытии корпуса алмазного долота. Рассмотрены различные свойства этих материалов при их разном составе. На основании приведенного анализа с учетом самых главных характеристик (сцепляемость напыляемого материала с поверхностью корпуса долота, микротвёрдость и изнашивание твердосплавного покрытия) выбран материал, наиболее подходящий для наплавки корпуса шестилопастного долота PDC. Представлено сцепление выбранного твердосплавного материала (BK12) с поверхностью корпуса долота при детонационном напылении при необходимой толщине покрытия 200 мкм.

Ключевые слова: детонационное покрытие, напыление, твердосплавный материал, карбид вольфрама, корпус, алмазное долото, износостойкость, бурение, зубки, резцы PDC, адгезия, когезия, микротвёрдость.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4(2)-233-237

EDN: NTFEFZ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время алмазные долота PDC находят все большее применение при бурении скважин для разведки и добычи полезных ископаемых. Это связано с тем, что алмазные долота позволяют повысить механическую скорость при бурении, улучшить управляемость и ускорить строительство скважины, что приводит к значительному экономическому эффекту. Важно отметить, что у долот PDC отсутствуют подвижные части, а это значительно повышает надежность их работы и снижает количество аварий при бурении.

Долота PDC все чаще работают в агрессивных средах и при больших нагрузках, что приводит к выпадению зубков и поломке корпуса. В литературе [1,6] показано, что для увеличения износостойкости и прочности закрепления зубков необходимо применять твердосплавные покрытия, которые можно наносить на корпус долота различными методами. Эффективность применения твердосплавного покрытия зависит от его сцепляемости с поверхностью корпуса, износостойкости, твердости, толщины слоя покрытия и др. факторов.

Наиболее подходящими для армирования деталей буровых долот в долотостроении считаются вольфрамо - кобальтовые материалы, из которых изготавливаются металлокерамические зубки и

которыми наплавляется корпус алмазного долота PDC. Например, в конструкции шестилопастного долота PDC 220,7 PE 613DS1-X04 на активном калибре используется зубок Г2652, который состоит из сплава BK8-BK ГОСТ 880-75 (рис. 1)

Для разработки технологии нанесения твердосплавного покрытия на корпуса алмазных долот необходимо выбрать материал твердого сплава, который обеспечивал бы все необходимые параметры для повышения износостойкости алмазного долота.

При выборе материала для нанесения покрытия детонационным способом анализировались именно вольфрамо-кобальтовые материалы с различным составом и различных производителей (США, Германии, России) [1].

Ниже приведена таблица 1 с различными материалами для покрытий, фирмами производителей, составом, размерами частиц и гранул.

В таблице 2 показаны численные значения адгезии, когезии и микротвёрдости покрытий рассматриваемых материалов.

В таблице 3 показаны численные значения коэффициентов трения и фрикционного износа покрытий.

В таблице 4 приведены показатели абразивного и эрозийного изнашивания покрытий.

Из приведенных таблиц следует, что наилучшие показатели всех свойств (а именно, высокие адгезия, когезия и микротвёрдость, но при этом

Болдырева Анастасия Сергеевна, аспирант кафедры ТМСИ «Самарский государственный технический университет» (СамГТУ), инженер-конструктор ООО «ИСК» ПетроИнжиниринг».
E-mail: nastena.bolyreva.99@mail.ru

¹ В ходе исследований был использован опыт СамГТУ [4] при внедрении высокоскоростного детонационного нанесения покрытия на корпуса шарошечных долот. При этом разработчикам удалось повысить стойкость долот на 30-40%, а также получить минимальную толщину напыления и высокую адгезию с корпусом долота

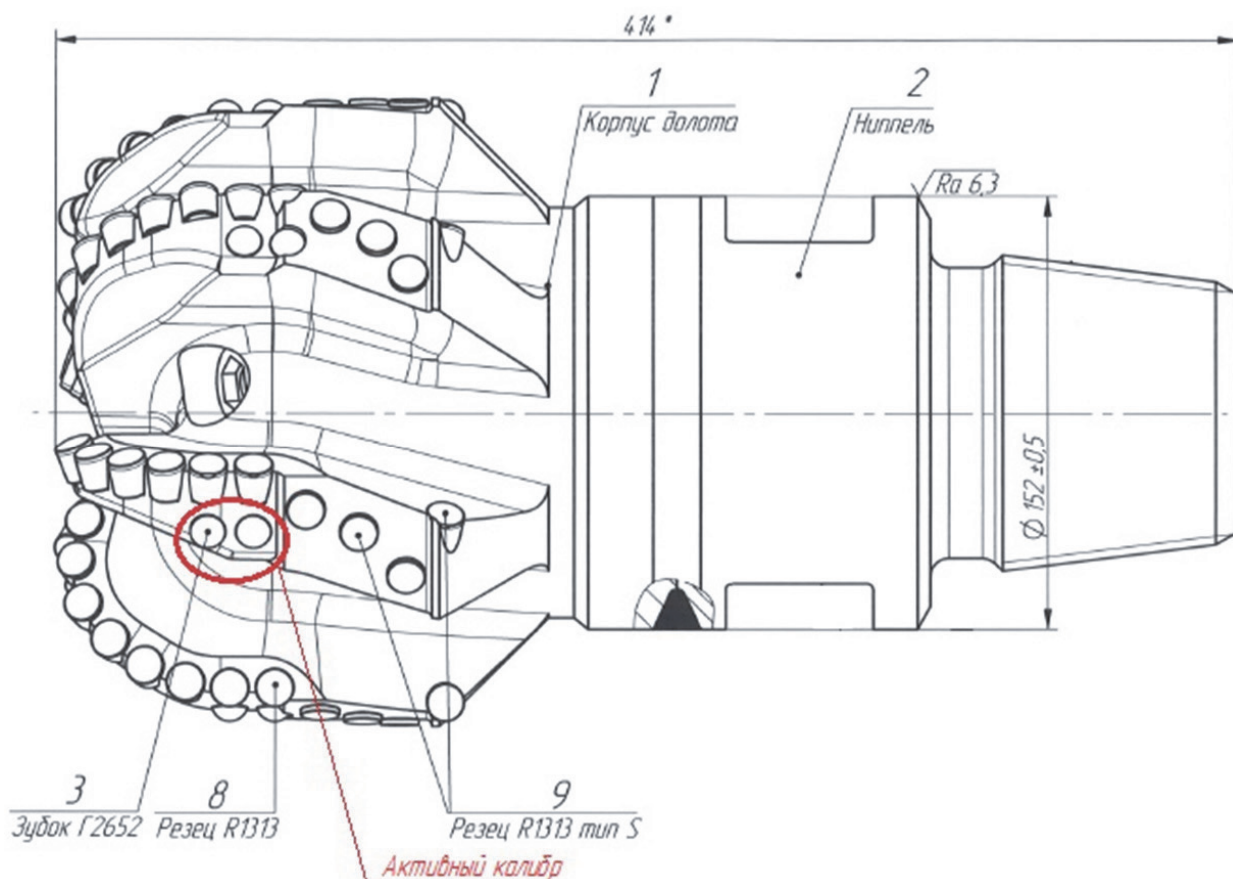


Рисунок 1. Общий вид долота PDC 220,7 PE 613DS1-X04

Таблица 1. Используемые материалы покрытий на основе карбида вольфрама

Название материала	Производитель	Состав, %	Размер частиц, μm	Размер основных гранул
Diamalloy 2004	Sulzer Metco (USA)	88% WC+8% Co	11-45	>1 μm
Diamalloy 2005 NS	Sulzer Metco (USA)	88% WC+12% Co	5,5-45	>1 μm
80.71.1 W	GTV mbH, (Germany)	88% WC+8% Co	20-53	>1 μm
БК 25	Russia (Уфа)	88% WC+25% Co	<50	>1 μm

Таблица 2. Адгезия, когезия и микротвёрдость покрытий

Покрытие	Адгезия, МПа	Когезия, МПа	Микротвёрдость, МПа
Содержание Co 8% Diamalloy 2004	129	199	8562
80.71.1 W	149	192	9104
Содержание Co 12% Diamalloy 2005 NS	257	200	10114
Содержание Co 25% БК 25	197	199	7317

низкие значения абразивного и эрозионного изнашивания), которые необходимы для нанесения покрытия на корпуса алмазного долота детонационным методом, присущи сплавам с 12% содержанием кобальта - сплав типа BK12.

Поэтому для дальнейших испытаний выбрано покрытие Diamalloy 2005 NS (табл.2-4).

На рисунке 2 показан характер сцепления покрытия Diamalloy 2005 NS с поверхностью корпуса долота [1] (при увеличении x200).

Таблица 3. Коэффициент трения и фрикционный износ покрытий

Покрытие	Фрикционный износ, мм ³	Коэффициент трения (сухая поверхность)	Коэффициент трения (со смазкой)
Содержание Со 8% Diamalloy 2004	0,91	0,16	0,09
80.71.1 W	0,83	0,13	0,10
Содержание Со 12% Diamalloy 2005 NS	0,59	0,12	0,07
Содержание Со 25% BK 25	0,97	0,22	0,13

Таблица 4. Абразивное и эрозионное изнашивание покрытий

Покрытие	Абразивное изнашивание, мм ³	Эрозионное изнашивание, мм ³
Содержание Со 8% Diamalloy 2004	0,92	0,28
80.71.1 W	0,73	0,23
Содержание Со 12% Diamalloy 2005 NS	0,65	0,23
Содержание Со 25% BK 25	1,97	0,31

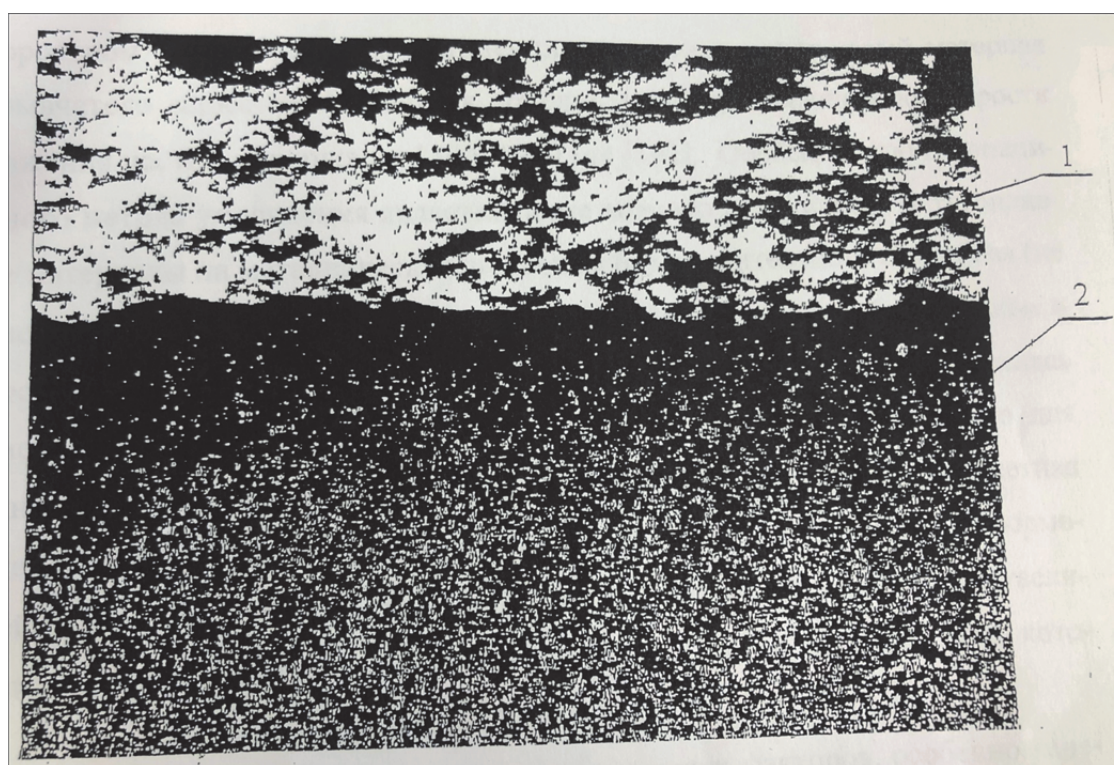


Рисунок 2. Косой срез образца с покрытием сплава BK12
1-материал покрытия толщиной 200 мкм;
2-материал корпуса долота (сталь 40ХН2МА ГОСТ 4543-2016)

ВЫВОДЫ

1. Сплав BK 12 больше всего подходит для наплавки корпуса долота детонационным методом.

2. Для достижения износостойкости при необходимом обеспечении высокой адгезии, когезии, микротвёрдости и низкой изнашиваемости необходимая толщина детонационного покрытия на корпус долота составляет 200 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кремлёв, В.И.* Повышение долговечности буровых шарошечных долот на основе совершенствования технологии сборки и упрочнения шарошек с твердосплавными зубками : специальность 05.02.08 «Технология машиностроения»: дисс. ... канд. техн. наук / В.И. Кремлёв. – Самарский государственный технический университет. – Самара, 2009. – 175 с.
2. Патент № 2491406 Российская Федерация, С1 (2013). Буровое шарошечное долото № 2012112144/03: заявл. 30.03.2012: опубл.27.08.2013/ Богомолов Р.М., Ясашин В.А., Сериков Д.Ю., Будюкова Т.Ю., Панин Н.М.
3. *Недыхалов, М.* Повышение стойкости алмазного вооружения долот PDC/ М. Недыхалов, Р.М. Богомолов // Ашировские Чтения. – 2020. – № 1 (12). – С. 272-275.
4. Патент № 2383655 Российская Федерация, С2 (2010). Способ детонационного нанесения покрытий № 2007148060/02: заявл. 21.12.2007: опубл. 10.03.2010/ Калашников В.В., Ненашев М.В., Деморецкий Д.А., Нечаев И.В., Ганигин С.Ю., Мурзин А.Ю., Богомолов Р.М., Макейкин И.В.
5. *Буров, В.Г.* Технологические ограничения упрочнения стальных изделий вольфрамкобальтовыми твердосплавными покрытиями / В. Г. Буров, С. В. Веселов // В сборнике: Инновации в машиностроении. сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017. – С. 436-443.
6. *Болдырева, А.С.* Разработка технологии наплавки алмазных долот / А.С. Болдырева, Н.В. Носов // Электрофизические методы обработки в современной промышленности. VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2023. – С. 81-85.
7. *I.L. Shitarev, V.G. Smelov, A.V. Sotov.* Repair of a gas turbine blade tip by impulse laser build-up welding, Applied Mechanics and Materials, 682 (2014), pp. 96-99.
8. *V.G. Smelov, A.V. Sotov, S.A. Kosirev,* Development of process optimization technology for laser cladding of GTE compressor blades, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 9(10) 2014, pp. 1854-1858.

MATERIAL FOR APPLYING A WEAR-RESISTANT COATING OF THE DIAMOND BIT BODY BY DETONATION METHOD

© 2023 A.S. Boldyreva

Samara State Technical University, Samara, Russia

This article discusses carbide tungsten carbide materials for detonation coating of the diamond bit body. Various properties of these materials with their different composition are considered. Based on the above analysis, taking into account the most important characteristics (adhesion of the sprayed material to the surface of the bit body, microhardness and wear of the carbide coating) the material most suitable for surfacing the body of a six-blade PDC chisel has been selected. The coupling of the selected carbide material (VK 12) with the surface of the bit body during detonation spraying with the required coating thickness of 200 microns is presented.

Key words: detonation coating, spraying, carbide material, tungsten carbide, housing, diamond chisel, wear resistance, drilling, teeth, PDC cutters, adhesion, cohesion, microhardness.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4(2)-233-237

EDN: NTFEFZ

REFERENCES

1. *Kremlyov, V.I.* Povyshenie dolgovechnosti burovyyh sharoshechnyyh dolot na osnove sovershenstvovaniya tekhnologii sborki i uprochneniya sharoshek s tverdospлавnymi zubkami : special'nost' 05.02.08 «Tekhnologiya mashinostroeniya»: diss. ... kand. tekhn. nauk / V.I. Kremlyov. – Samarskiy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet. – Samara, 2009. – 175 с.
2. Patent № 2491406 Rossijskaya Federaciya, S1 (2013). Burovoe sharoshechnoe doloto № 2012112144/03: заявл. 30.03.2012: opubl.27.08.2013/ Bogomolov R.M., Yasashin V.A., Serikov D.Yu., Budyukova T.Yu., Panin N.M.
3. *Nedyhalov, M.* Povyshenie stojkosti almaznogo vooruzheniya dolot PDC/ М. Nedyhalov, R.M. Bogomolov // Ashirovskie Chteniya. – 2020. – № 1 (12). – С. 272-275.
4. Patent № 2383655 Rossijskaya Federaciya, S2 (2010). Cposob detonacionnogo naneseniya pokrytij № 2007148060/02: заявл. 21.12.2007: opubl. 10.03.2010/ Kalashnikov V.V., Nenashev M.V., Demoreckij D.A., Nechaev I.V., Ganigin S.Yu., Murzin A.Yu., Bogomolov R.M., Makejkin I.V.
5. *Burov, V.G.* Tekhnologicheskie ogranicheniya uprochneniya stal'nyh izdelij vol'framokobal'tovymi tverdospлавnymi pokryt'yami / V. G. Burov, S. V. Veselov // V sbornike: Innovacii v mashinostroenii. sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Novosibirsk: Novosibirskij gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet, 2017. – С. 436-443.
6. *Boldyreva, A.S.* Razrabotka tekhnologii naplavki

- almaznyh dolot / A.S. Boldyreva, N.V. Nosov // *Elektrofizicheskie metody obrabotki v sovremennoj promyshlennosti. VI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodyh uchenyh, aspirantov i studentov.* – Perm: Permskij nacional'nyj issledovatel'skij politekhnicheskij universitet, 2023. – S. 81-85.
7. *I.L. Shitarev, V.G. Smelov, A.V. Sotov.* Repair of a gas turbine blade tip by impulse laser build-up welding, *Applied Mechanics and Materials*, 682 (2014), pp. 96-99.
8. *V.G. Smelov, A.V. Sotov, S.A. Kosirev,* Development of process optimization technology for laser cladding of GTE compressor blades, *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences* 9(10) 2014, pp. 1854-1858.