

УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА РЕЗЦОВ БУРОВЫХ КОРОНОК С ПАЙКОКЛИНОВЫМ КРЕПЛЕНИЕМ

Л. Н. Федоров¹, И. В. Федоров¹

¹ Институт горного дела Севера им. Н. В. Черского СО РАН, Якутск, Россия

Аннотация: Показано решение проблемы сменности резцов буровой коронки с применением термических и механических способов крепления и их комбинаций. Однако содержание в этих креплениях клина значительно уменьшает площадь поражения забоя резцами при бурении, т.е. количество резцов буровой коронки. Исходя из этого, для повышения эффективности бурения данными коронками поставлена цель увеличения количества резцов коронки без потери прочности и разъемности креплений. Для достижения поставленной цели на основе анализа прочности инструментальных материалов, находящихся в условиях зажима, сделан вывод о возможности уменьшения геометрических параметров клиньев в клиновых способах крепления резцов в буровых коронках. Исходя из этого, было предложено делать парные встречные клинья из более тугоплавкого и прочного бронзового слоя трехслойного припоя ТП-1М и крепить ими резцы в пазу в нужном положении с выполнением пайки. Это позволяет исключить зажимные клинья, а на их место установить дополнительные резцы, т.е. повысить количество зон поражения забоя буровыми коронками. При этом, как показали исследования, прочность крепления пайкой клином-припоем в пазу с боковой стенкой не уступает прочности крепления свароклиновым способом, а возможность радиального пропила по шву пайки позволяет провести замену резцов или перестановку с повторной последующей пайкой без дополнительной механической обработки.

Ключевые слова: трехслойный припой, клин, пайка, крепление, шов, пропил.

Для цитирования: Федоров Л. Н., Федоров И. В. Увеличение количества резцов буровых коронок с пайкоклинным креплением // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12 – 1. – С. 233–242. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_121_0_233.

Increasing number of drill bits using braze and wedge soldering engagement

L. N. Fedorov¹, I. V. Fedorov¹

¹ Institute of Mining of the North named after N. V. Chersky SB RAS, Yakutsk, Russia

Abstract: The article demonstrates the way of solving the problem connected with replacement of drill bits through the use of thermal and mechanical engagement methods and their combinations. Such engagement contains a wedge, which greatly reduces the cutting area per bit in drilling, i.e. the number of drill bits is small. Aimed to enhance efficiency of drilling, it is necessary to try to attempt to increase the number of drill bits without the loss in their strength and dismountability. To this effect, based on the strength analysis of tool materials under conditions of clamp, it is decided to be feasible to diminish geometrical dimensions of wedges

in wedge engagements in drill bits. It is proposed to make paired counter wedges of stronger three-layer braze alloy TP-IM and to use them to fasten bits in the required position in the housing by soldering. This enables elimination of clamp wedges replaced by extra bits, which enlarges the bottomhole attack zone of drill bits. The tests show that the engagement strength of the braze and wedge soldering in the housing with side wall is equal to the engagement strength of welding wedge engagement, while feasibility of radial notch along the solder seam allows replacement or rearrangement of bits with subsequent re-soldering without additional tooling.

Key words: three-layer braze alloy, wedge, soldering, engagement, seam, notch.

For citation: Fedorov L. N., Fedorov I. V. Increasing number of drill bits using braze and wedge soldering engagement. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(12 – 1):233–242. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_121_0_233.

Введение

Новые концепции разработки современного режущего инструмента напрямую связаны с инновационными технологиями, обеспечивающими его высокую энерговооруженность. В практике разрушения горных пород и металлообработки это, как правило, обеспечивается использованием сверхтвердого и износостойкого инструментального материала или разнообразных композитов из этих сверхтвердых и ударостойких материалов [1, 2]. В этом направлении развивается и материаловедение, как у нас, так и за рубежом, открывая все больше сверхтвердых материалов [3–6]. Для породоразрушающего резца концептуально важным является требование ударопрочности. Практически это требование удовлетворяется исполнением резцов в виде двухслойных пластин, состоящих из тонкого режущего сверхтвердого слоя и подложки из твердого сплава. Однако синтез всех этих материалов проводится в условиях высокого давления и температуры, поэтому производство двухслойных пластин становится очень дорогим, а их применение в буровых коронках для бурения мелких скважин – нерентабельным. Тем не менее известно, что многогранные пластины-резцы из этих материалов

в металлообработке достаточно экономически эффективны благодаря их съемному креплению к стальной державке и возможности переустанавливать на неизношенные рабочие кромки.

Пути решения этой проблемы с применением резьбового соединения, клинового зажима, сварки и пайки с возможностью механического пропила по шву крепления, обеспечивающего смену резцов, представлены в работах [7–9]. Однако многие из этих креплений содержат клинья, которые выполняют функцию механического зажима резцов и пригрузки в процессе пайки для удаления газовых пор и уплотнения шва пайки [10, с. 57]. Существенным недостатком коронок с зажимными клиньями является значительное уменьшение площади поражения забоя резцами при бурении, т.е. количества резцов, передающих энергию разрушения забоя [9]. Исходя из этого, для повышения эффективности бурения данными коронками может быть поставлена цель повышения количества резцов без потери прочности и разъемности креплений. Для достижения поставленной цели необходимо решить задачу увеличения числа резцов на торце коронки с возможностью их съема.

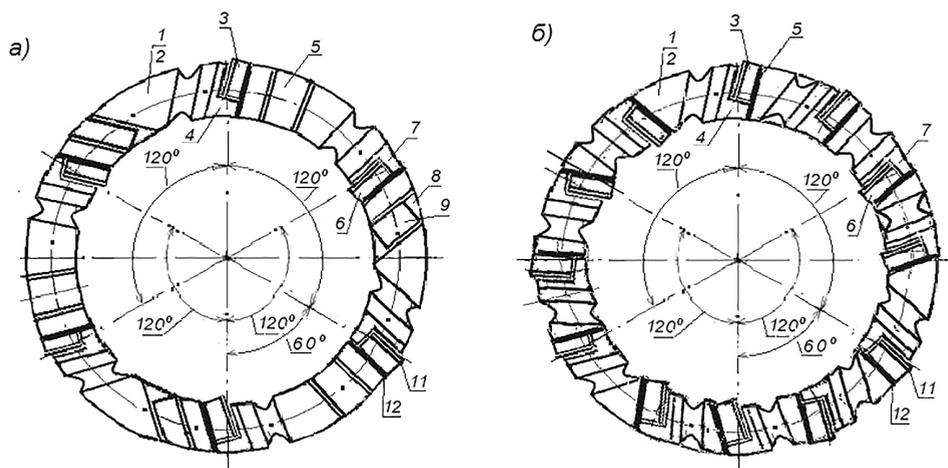


Рис. 1. Коронка с пайкоклиновым креплением резцов: а — 6 резцов; б — 12 резцов; 1 — корпус коронки; 2 — корончатое кольцо; 3 — пластины-резцы скважинообразующие; 4 — боковая стенка паза внутренняя; 5 — клин зажимной (рис. 1, а); 5 — клин-припой (рис. 1, б); 6 — пластины-резцы кernoобразующие; 7 — боковая стенка паза наружная; 8 — паз под клин (рис. 1, а); 9 — клин зажимной кernoобразующего резца; 10 — каналы и пазы промывочные; 11 — режущий слой резца; 12 — шов пайки припоем ТП — 1М (рис. 1, а); 12 — шов пайки клин-припоем ТП-М1 (рис. 1, б).

Fig. 1. Crown with Paikoklinefastening of incisors: a — 6 incisors; b — 12 incisors; 1 — crown body; 2 — crown ring; 3 — well-shaped cutter plates shchy; 4 — inner sidewall of the groove; 5 — clamping wedge (Fig. 1, a); 5 — wedge-solder (Fig. 1, b); 6 — core-forming cutter plates; 7 — outer side wall of the groove; 8 — groove for a wedge (Fig. 2, a); 9 — wedge of the flushing clamping core-forming cutter; 10 — cana slots and grooves; 11 — cutting layer of the cutter; 12 — seam of soldering with TP-M1 solder (Fig. 1, a); 12 — wedge-solder seam TP-M1 (Fig. 1, b)

Анализ и применение припоя-клина в креплении резцов в коронке

Поставленная выше задача может быть решена за счет удаления зажимных клиньев и установки на их место дополнительных резцов при условии их фиксации и создании пригруза во время пайки. Однако уменьшение прочности крепления без этих мер не позволяет принять такое решение поставленной задачи, несмотря на повышение энерговооруженности коронки. В этом плане наибольший интерес представляет коронка, резцы которой припаяны трехслойным припоем ТП — 1М (рис. 1, а). Особенностью этого припоя является наличие твердого брон-

зового слоя, который при температуре плавления слоев пайки сохраняет свою несущую способность. Это позволяет использовать его в качестве клина с выполнением функций стального клина коронки — пригруз в процессе пайки резцов и легкий зажим резцов. Поэтому удаление стального клина в этой коронке не приводит к ослаблению крепления и непропаю резцов. Как известно, легкое давление на припой во время пайки удаляет газовые пузыри и поры и делает шов пайки более плотным. Тем самым, если разместить тонкие клинья с резцами в общий паз и припаять их в один монолит, то на корончатом кольце освободится место для установки новых резцов,

и на их место можно установить дополнительные резцы (рис. 1, б).

Коронка имеет корпус 1 с корончатым кольцом 2, скважинообразующие пластины-резцы 3 в контакте с опорной боковой стенкой 4, клинья 5, кернообразующие пластины-резцы 6 с опорой на боковую стенку 7 и заклиненные в пазу 8, клинья 9, промывочные каналы и радиальные пазы 10. Все пластины-резцы имеют сверхтвердый режущий слой 11 и прикреплены к задней стенке паза некапиллярной пайкой посредством листового трехслойного припоя 12, марки ТП — 1М. Ширина припоя составляет 6 мм, высота — 7 мм, толщина — 0,8—1,00 мм. При этом для создания определенного натяга установка клина в зону пайки осуществляется заклиниванием, т.е. приложением вдоль оси клина определенного усилия путем нажима или легких ударов молотка. Чтобы создать устойчивость при нажиме или ударах, выступающую часть клина-припоя необходимо плотно прижимать к резцу.

Поскольку клинообразные припои не производятся, мы предлагаем полосовой припой ТП — 1М нужного размера шлифовать с уклоном самоторможения от 1:10 и до 1:50. Для этого предлагается устройство 1 рамного типа из твердосплавных пластин, изготовленное методом пайки (рис. 2, а). Ширина устройства кратна ширине припоя, а высота — высоте припоя. Дно 2 из стальной пластины крепится к твердосплавной раме швом пайки 3 с образованием углубления, профиль которого соответствует профилю клина (рис. 2, б). Затем в это углубление устанавливается лист припоя 4 (рис. 2, в), и его выступающая часть сошлифовывается (рис. 2, г). При этом ввиду высокой твердости рама не меняет свою форму и размеры. Для получения клиньев сошлифованный под углом

самоторможения лист 4 припоя разрезается на отдельные парные клинья 6 и 7 (рис. 2, д), которые устанавливаются в радиальном пропиле навстречу друг другу. Крепление резцов осуществляется парой клиньев-припоев легким нажимом или ударом по выступающему клину до и после расплавления флюса. В остальном пайка осуществляется согласно методике Кировградского завода твердых сплавов [11]. Таким образом, получается пайкоклинковая коронка с припоем-клином без зажимных клиньев с возможностью установки на их место новых резцов, как показано на рис. 1, б.

Из рис. 3 видно [12, с. 148], что наибольшей прочностью выступающей из клинового зажима части резца из кубического нитрида бора марки NBR 6010 в 36 МПа отвечает удельный зажим клина в 40 МПа. Для сравнения заметим, что для твердого сплава наибольшая прочность в 183 МПа удельный зажим составит около 200 МПа. Подчеркнем, что в то же время прочность пайки резца из твердого сплава имеет прочность от 200 до 320 МПа, и паяные резцы применяются эффективно в режиме вращательного бурения в породах не выше средней крепости (VII категория по буримости). Анализ этих данных показывает, что в применении клинового крепления важное значение имеет сам материал резцов и роль клинового зажима в пайкоклинковом креплении резцов из кубического нитрида бора марки NBR 6010 значительно меньше, чем в креплении резцов из твердого сплава. Это позволяет в пайкоклинковом креплении резцов из сверхтвердых материалов массивные стальные клинья заменить на менее нагруженные клинья, например, на клин-припой из трехслойного припоя марки ТП — 1М.

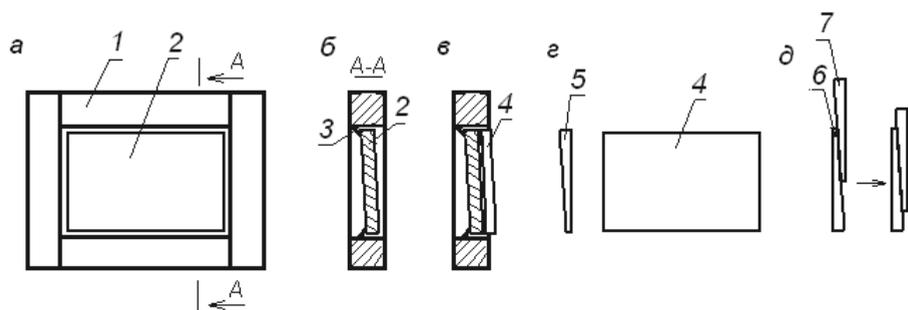


Рис. 2. Устройство для изготовления клина из припоя ТП – 1М: а – устройство для шлифования пластины припоя под клин; б – разрез по А-А; в – пластина припоя в устройстве для шлифования; 1 – корпус устройства; 2 – дно; 3 – шов пайки; 4 – припой листовой ТП – 1М; 5 – профиль листа припоя 4 после шлифовки; 6 – встречный клин-припой; 7 – подвижный клин-припой

Fig. 2. Device for making a wedge from TP – 1M solder: а – a device for grinding a solder plate under a wedge; б – section along A-A; в – solder plate in the grinding device; 1 – device body; 2 – bottom; 3 – soldering seam; 4 – sheet solder TP – 1M; 5 – profile of the solder sheet 4 after grinding; 6 – counter wedge-solder; 7 – movable wedge-solder

Экспериментальное исследование прочности крепления резцов припоем-клином

Однако цель может считаться достигнутой, если прочность крепления резцов будет сопоставима с прочностью других креплений с зажимным клином. Измерение прочности крепления резцов проводится по методике,

изложенной в [13], но с другим устройством для удержания коронки на столе прессы (рис. 3). Если прессом давить с усилием P на выступающий резец 4, то он выдавится из паза. Это усилие фиксируется силоизмерителем прессы, передается на компьютер, сохраняется в его памяти и отображается на мониторе. Все это позволяет проводить необходимую последующую обработку полученных данных.

Испытанию подвергается коронка без клиньев, резцы которой закреплены некапиллярной пайкой встречными припоями-клиньями из припоя ТП –

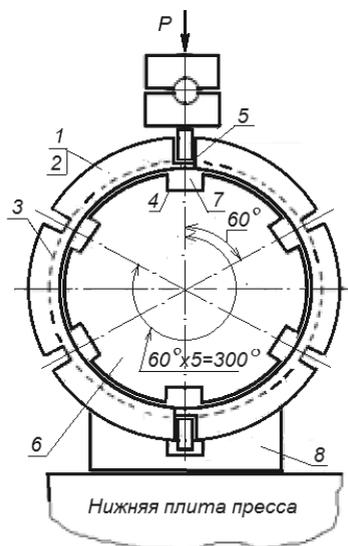


Рис. 3. Общий вид коронки для испытания крепления резцов на прочность: 1 – кольцо корончатое; 2 – корпус коронки; 3 – шов пайки; 4 – резец твердосплавный; 5 – шов пайки припоем ТП – 1М; 6 – опора внутренняя; 7 – паз для свободного выдавливания резцов; 8 – опора наружная; P – нагрузка от прессы для выдавливания закрепленного резца из паза

Fig. 3. General view of the crown for testing fastening cutters for strength: 1 – crown ring; 2 – crown body; 3 – soldering seam; 4 – carbide cutter; 5 – soldering seam with TP-M solder; 6 – internal support; 7 – groove for free extrusion of cutters; 8 – outer support; P – load from the press for extrusion of the fixed cutter from the groove.

1М. Пайка проводится двумя способами: в печи типа СШОЛ и пламенем газосварочного аппарата «Лига-2». Далее все работы проводятся по вышеупомянутой методике, приведенной в работе [13], а их результаты обрабатываются по методике обработки статистических данных нормального распределения случайной величины [14]. Средние значения прочности пайки резцов газосварочным аппаратом и в муфельной печи клин-припоем составляют 20 333 и 16 100 Па. Низкая прочность пайки в печи объясняется тем, что в пазу трудно создать необходимый пригруз при температуре пайки.

Однако для объективной оценки увеличения числа резцов на коронках необходимо знать прочность комбинированных креплений коронок с клином. Значения прочности сварных креплений без клина были нами определены ранее. Поэтому, прибавив к ним величину сопротивления клинового зажима, получим полную прочность креплений с клином. Для опре-

деления влияния клина на прочность крепления резцов была поставлена и решена следующая задача: провести измерение величины сопротивления сдвигу резцов в клиновом зажиме в зависимости от нормального давления на клин. Испытания проводились на макете, представляющем развертку корончатого кольца. Отличие заключается в том, что пазы под резцы выполнены сквозными для прохода резцов при их выдавливании из пазов.

Усредненные данные испытаний представлены в табл. 1.

Зависимость прочности клинового крепления от усилия давления на клин представлена на рис. 4. График показывает, что до $F = 4$ кН зависимость носит линейный характер, а затем начинает плавно снижаться. Это объясняется тем, что при более высоких усилиях стенки паза коронки и начинают пластически деформироваться.

Таким образом, получается, что максимальная прочность клинового крепления не может превысить 4 кН, т.е.

Таблица 1

Значения сопротивлений резцов выдавливанию из паза
Values of resistance of cutters to extrusion from the groove

Усилие прессы — F , кН	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Сопротивление крепления сдвигу — R , кН	0	1,3	2,1	3,0	4,1	3,9	3,7

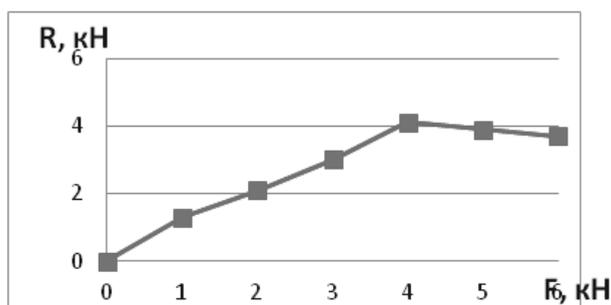


Рис. 4. Зависимость прочности клинового крепления от усилия давления на клин:

R — сопротивление резцов выдавливанию из паза; F — давление прессы на клин

Fig. 4. Dependence of the strength of the wedge mount on the pressure on the wedge:

R — resistance of the cutters to extrusion from the groove; F — press pressure on the wedge

Таблица 2

Сравнение прочности креплений резцов с зажимным клином и без него
Comparison of the fastening strength of cutters with and without a clamping wedge.

№	1	2	3	4	5
F, Н	17780	15800	17580	20333	16100



Рис. 5. Диаграмма прочности различных способов крепления резцов: 1 – сварка хвостовика резцов без упора; 2 – сварка хвостовика с припаенным резцом в пазу коронки; 3 – пайка хвостовика резцом с упором; 4 – пайка резцов в пазу клиньями-припоями газовым аппаратом «Лига 1»; 5 – пайка резцов в пазу клиньями-припоями в солевом расплаве

Fig. 5. Diagram of the strength of various methods of fastening the cutters: 1 – welding of a shank with brazed in confined conditions without emphasis; 2 – welding the shank with brazed in confined conditions with a cutter in the groove of the crown; 3 – brazing the shank with a soldered in the open under conditions with a cutter with a stop; 4 – soldering the incisors in the groove of the crown of the meeting by wedges-solders gas-welding machine “Liga 1”; 5 – soldering of incisors in the groove of the crown with counter wedges-solders in saline melted in a muffle furnace

максимальное сопротивление сдвигу составляет 4,1 кН. Это значение усилия зажима суммируем с полученными в предыдущих экспериментах значениями прочности креплений сваркой и пайкой резцов со стальным хвостовиком без клина. Результаты суммирования и выше полученные значения прочности пайкоклинового крепления с припоем-клином ТП – 1М заносим в табл. 2 и строим сравнительную диаграмму (рис. 5).

Полученная диаграмма показывает, что прочность пайкоклинового крепления без стального зажимного клина не уступает прочности свароклинового крепления с зажимным клином.

Выводы

1. В пайкоклиновом креплении для фиксации и легкого зажима сверхтвердых резцов в качестве клиньев можно использовать трехслойные припои типа ТП – 1М.

2. Применение клин-припоя на основе трехслойного припоя марки ТП – 1М позволяет увеличить количество резцов на коронке диаметром 76 мм с 6 до 12 шт., что увеличивает скорость бурения при определенных условиях приблизительно пропорционально количеству резцов. В теории это может увеличить скорость бурения примерно в два раза, соответственно увеличению количества энергии, поступающей через буровые резцы на забой.

3. Наличие термокомпенсационного слоя из твердой бронзы в припое и увеличение площади пайки за счет задней стенки паза для резцов делает некапиллярную пайку конкурентоспособным с креплением сваркой резцов со стальным хвостовиком.

Таким образом, некапиллярная пайка пластин-резцов к задней стенке паза встречными клиньями-припоями из полосового припоя ТП – 1М с возможностью последующего пропила

пилы толщиной, равной толщине припоя, позволяет проводить съём резцов и повторную последующую пайку и создает условия для повышения

энерговооруженности буровых коронок путем увеличения числа установленных на ней породоразрушающих резцов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьева М. В., Перфилов С. А., Поздняков А. А., Ломакин Р. Л., Бланк Д. В. Новые возможности породоразрушающего инструмента, оснащенного алмазно-твердосплавными режущими элементами // Вопросы материаловедения. — 2020. — №1(101). — С 74 — 84.
2. Третьяк А. А. Теоретическое обоснование, разработка конструктивных параметров технологии бурения скважин коронками, армированными алмазно-твердосплавными пластинами: Дис. докт. техн. наук. — Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, 2017. — 319 с.
3. Alexander G. Kvashnin, Hayk A. Zakaryan, Changming Zhao, Yifeng Duan, Yulia A. Kvashnina, Congwei Xie, Huafeng Dong, Artem R. Oganov. New Tungsten Borides, Their Stability and Outstanding Mechanical Properties. Cite This: J. Phys. Chem. Lett. 2018, 9, pp. 3470–3477.
4. Narayan J., Bhoumik A., & Narayan R. (2016). Discovery of Q -phases and direct of car-bonto diamond and h-BN в c-BN. — Advanced materials and processes, 2016, 174(3), — pp. 24–28.
5. Narayan J., Gupta S., Bhaumik A., Sachan R., Cellini F., & Riedo E. Q-carbon harder than diamond. MRS Communications, 8(2), (2018), pp. 428–436.
6. Natalia A. Solopova, Natalia A. Dubrovinskaya, Leonid S. Dubrovinsky. Synthesis of nanocrystalline diamond from glass carbon balls. J. Cryst. 412, (2015), pp. 54–59. GoogleScholar.
7. Патент РФ №2009146596/03 15.12.2009. Третьяк А. Я., Литкевич Ю. Ф., Асеева А. Е. и др. Кольцевая буровая коронка. 2011, Бюл. № 18
8. Федоров, Л. Н., Ермаков С. А., Иванов И. И. Буровая коронка со сварошлиновым креплением резцов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2017. — №11 (специальный выпуск 24). — С. 162 — 169. — М.: Издательство «Горная книга».
9. Сысоев Н. И., Чу Ким Хунг, Буренков Н. Н. Обоснование структуры и выбор рациональных конструктивных параметров бурового резца, армированного алмазно-твердосплавными пластинами // Технические науки (известия вузов. Северо-Кавказский регион). — 2016. — №2. — С. 77 — 83.
10. Новиковский Е. А. Пайка металлов (учебное пособие) // Е. А. Новиковский. — Барнаул: Типография АлтГТУ, 2013. — 63 с.
11. Рекомендации по пайке и термообработке металлорежущего инструмента. URL: <http://www.kzts.ru/articles/15>. (Обращение: 13.02.2021).
12. Федоров Л. Н., Ермаков С. А. Прочность пластин-резцов из твердых и сверхтвердых материалов в условиях клинового зажима // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический). — 2018. — № 12. — С. 142 — 150.
13. Федоров Л. Н., Федоров И. В. Разработка методики сравнительных испытаний на резцеудержание новых разъемных способов крепления резцов буровых коронок // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции (Якутск, 10–12 апреля 2019) / Ответ. редактор Л. И. Полуфунтикова. — Якутск: Издательский дом СВФУ, — 2019. Том II. — С. 309 — 313.

14. Козлов А. Г. Планирование и обработка результатов эксперимента: методическое пособие для студ. Физ.-мат. и инст. техн. ф-тов; М-во Высш. и среднего спец. обр. РСФСР, Якут. гос. ун-т. — Якутск. 1977. — 54 с. **MIAB**

REFERENCES

1. Vorob'eva M. V., Perfilov S. A., Pozdnyakov A. A., Lomakin R. L., Blank D. V. New possibilities of rock cutting tools equipped with diamond-carbide cutting elements. *Voprosy materialovedeniya*. 2020. no. 1(101). pp 74 — 84. [In Russ].

2. Tret'yak A. A. *Teoreticheskoe obosnovanie, razrabotka konstruktivnykh parametrov tekhnologii bureniya skvazhin koronkami, armirovannymi almazno-tverdosplavnymi plastinami*: [Theoretical substantiation, development of design parameters for the technology of drilling wells with bits reinforced with diamond-hard alloy plates]. Doctor's thesis Novocherkassk: South-Russian State Polytechnic University (NPU) named after M. I. Platova 2017. 319 p. [In Russ].

3. Alexander G. Kvashnin, Hayk A. Zakaryan, Changming Zhao, Yifeng Duan, Yulia A. Kvashnina, Congwei Xie, Huafeng Dong, Artem R. Oganov. New Tungsten Borides, Their Stability and Outstanding Mechanical Properties. *Cite This: J. Phys. Chem. Lett.* 2018, 9, pp. 3470–3477.

4. Narayan J., Bhoumik A., & Narayan R. (2016). Discovery of Q-phases and direct conversion of carbon to diamond and h-BN v c-BN. *Advanced materials and processes*, 2016, 174 (3), pp. 24 – 28.

5. Narayan J., Gupta S., Bhaumik A., Sachan R., Cellini F., & Riedo E. Q-carbon harder than diamond. *MRS Communications*, 8(2), (2018), pp. 428 – 436.

6. Natalia A. Solopova, Natalia A. Dubrovinskaya, Leonid S. Dubrovinsky. Synthesis of nanocrystalline diamond from glass carbon balls. *J. Cryst.* 412, (2015), pp. 54 – 59. Google Scholar.

7. Tret'yak A. Ya., Litkevich Yu. F., Aseeva A. E. i dr. Patent RF no. 2009146596/03 15.12.2009. Kol'tsevaya burovaya koronka. 2011, Byul. no. 18.

8. Fedorov, L. N., Ermakov S. A., Ivanov I. Drill bit with welded-wedge fastening of cutters. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017, no. 11 (special issue 24), pp. 162 – 169. [In Russ].

9. Sysoev N. I., Chu Kim Khung, Burenkov N. N. Obosnovanie struktury i vybor ratsional'nykh konstruktivnykh parametrov burovogo reztsa, armirovannogo almazno-tverdosplavnymi plastinami. *Tekhnicheskie nauki (izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region)*. 2016, no. 2, pp. 77 – 83. [In Russ].

10. Novikovskii E. A. *Paika metallov (uchebnoe posobie)* [Brazing of metals (textbook)], Barnaul, Printing house of Altai State Technical University, 2013, 63 p.

11. Fedorov L. N., Ermakov S. A. Strength of cutter inserts made of hard and superhard materials under wedge clamping conditions. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no. 12, pp. 142 – 150. [In Russ].

12. Rekomendatsii po paike i termoobrabotke metallovezhushchego instrumenta. [Recommendations for soldering and heat treatment of metal cutting tools], available at: <http://www.kzts.ru/articles/15>. (accessed: 13.02.2021).

13. Fedorov L. N., Fedorov I. V. *Razrabotka metodiki sravnitel'nykh ispytaniy nareztsseuderzhanie novykh raz'emnykh sposobov krepleniya reztsov burovyykh koronok* [Development of a comparative test method for incisal retention of new detachable methods of fastening the cutters of drill bits]. *Geologiyai mineral'no-syr'evye resursy Severo-Vostoka Rossii: IX Vserossiiskaya nauch.-praktich.konf. (Yakutsk, 10 – 12 aprelya 2019 g.)*. *Otvet. redaktor L. I. Polufuntikova*. Yakutsk, Publishing House of the North-Eastern Federal University, 2019. Vol II. — p. 309 – 313.

14. Kozlov A. G. *Planirovaniye i obrabotka rezul'tatov eksperimenta: metodicheskoye posobiye dlya studentov* [Planning and processing of the results of the experiment: a methodological guide for students], Yakutsk, Publishing House of the North-Eastern Federal University], 1977. 54 p. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Федоров Лазарь Николаевич*¹ — научный сотрудник, lnfedorov@mail.ru;

*Федоров Илья Васильевич*¹ — инженер;

¹ Институт горного дела Севера им. Н. В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», 677980, г. Якутск, пр. Ленина, 43.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Fedorov L. N.*¹, Scientific degree, Scientific employee, lnfedorov@mail.ru;

*Fedorov I. V.*¹, Scientific degree, engineer,

¹ Institute of Mining of the North named after N. V. Chersky SB RAS — a separate subdivision of the Federal Research Center “Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, 677980, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), city of Yakutsk, GSP, Lenin Ave, 43.

Получена редакцией 18.07.2021; получена после рецензии 06.11.2021; принята к печати 10.11.2021.

Received by the editors 18.07.2021; received after the review 06.11.2021; accepted for printing 10.11.2021.

