

УДК 622.23.051.72

## ПАЙКОКЛИНОВОЕ РАЗЪЕМНОЕ КРЕПЛЕНИЕ РЕЗЦОВ БУРОВОЙ КОРОНКИ

Федоров Л.Н., Ермаков С.А., Федоров И.В.

*Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН – обособленное подразделение  
Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук», Якутск, e-mail: lnfedorov@mail.ru*

На основе анализа достоинств и недостатков разъемных креплений резцов буровой коронки предложен новый способ пайки резцов. Суть способа заключается в следующем. Ленточным припоем оборачивается термокомпенсационная пластинка из пермаллоя или бронзы, коэффициент линейного теплового расширения которых занимает промежуточное значение между сталью и твердым сплавом, и легким нажимом устанавливается в паяльный паз. Для осуществления способа выбран ленточный аморфный припой Стелмет 1311. Экспериментально в условиях, приближенных к условиям пайки, показана достаточная прочность ленточного припоя для обеспечения его целостности при задавливании в паяльный зазор. Это позволяет формировать шов пайки, соответствующий толщине инструмента для многократного выпиливания резцов, вышедших из строя, с целью их съема и замены. По сравнению со сварочным способом, включающим еще в некоторых его модификациях пайку резцов с предварительно приваренным хвостовиком, крепление резцов новым способом пайки более технологично, так как в нем исключена сварка и отсутствует хвостовик у резцов. Приведено описание буровой коронки с новым пайкоклиновым креплением резцов. При сборке этой коронки пайка проводится по всей заглубленной в паз задней грани резцов. Для замены резцов или установки их на неизношенную кромку проводится радиальный пропил по шву пайки и попутно по боковой стороне стенки паза. Поэтому каждая последующая пайка резцов проводится по всей длине пропила, включая и разрезанную боковую стенку паза. Сравнение разъемных креплений резцов буровых коронок сварочным и пайкоклиновым способами говорит о большей предпочтительности последнего способа, как по прочности, так и по технологичности.

**Ключевые слова:** пайка, ленточный припой, буровая коронка, пропил, сверхтвердый материал, резец, паз глухой, крепление резцов

## SOLDERING WEDGE DETACHABLE FASTENING OF CUTTERS ON DRILL BITS

Fedorov L.N., Ermakov S.A., Fedorov I.V.

*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», Yakutsk, e-mail: igds@ysn.ru*

Based on the analysis of the advantages and disadvantages of detachable fasteners of the drill bit cutters, a new method of soldering the cutters is proposed. The essence of the method is as follows. A thermocompensating plate made of permalloy or bronze, the coefficient of linear thermal expansion of which occupies an intermediate value between steel and hard alloy, is wrapped with a solder tape, and is installed in the soldering groove by light pressure. For the implementation of the method, a strip amorphous solder Stemmet 1311 was selected. Experimentally, under conditions close to soldering conditions, sufficient strength of the strip solder was shown to ensure its integrity when pressed into the soldering gap. This makes it possible to form a soldering seam corresponding to the thickness of the tool for repeated cutting of broken cutters in order to remove and replace them. Compared to the wedge-welding method, which in some of its modifications also includes the soldering of the cutters with a pre-welded shank, the attachment of the cutters by the new soldering method is more technologically advanced, since it excludes welding and there is no shank at the cutters. A description of a drill bit with a new soldering wedge cutter attachment is given. When assembling this crown, the soldering is carried out along the entire rear edge of the incisors recessed into the groove. To replace the cutters or install them on a non-worn edge, a radial cut is made along the soldering seam and along the way along the side of the groove wall. Therefore, each subsequent soldering of the cutters is carried out along the entire length of the cut, including the cut side wall of the groove. Comparison of detachable fasteners of drill bit cutters by welding-wedge and paikoklene methods indicates that the latter method is more preferable, both in terms of strength and manufacturability.

**Keywords:** brazing, strip solder, drill bit, kerf, superhard material, cutter, blind slot, attachment of cutters

Современная мировая потребность в сверхтвердых инструментальных материалах (СТМ), применяющихся в области разведки и добычи минерального сырья, обеспечивается природными и синтетическими алмазами (СА), кубическим нитридом бора (КНБ) и другими сверхтвердыми материалами. Кроме того, развитие нанонауки позволяет синтезировать на уровне

нанотехнологий новые сверхтвердые материалы в виде композитов СА и КНБ [1, 2]. Однако из-за синтеза в условиях высоких температур и давлений эти материалы имеют высокую стоимость и применяются в основном в высокорентабельных производствах, таких как нефтяная и газовая промышленность. Этому способствует наличие на долотах глубокого бурения до 50 шт. рез-

цов, одновременно контактирующих с забоем скважины и дублирующих друг друга по линии резания. Поэтому выход из строя даже нескольких резцов не оказывает существенного влияния на работу долота. При бурении скважин коронками геологоразведочного сортамента, когда по внешнему и внутреннему диаметру устанавливаются только по 3 или 4 резца, потеря работоспособности одного из них вызывает преждевременный съем коронки с работы при еще достаточной работоспособности остальных резцов. В металлообработке при выколе режущей кромки, благодаря разъемному креплению, резец устанавливается на другую режущую кромку, что значительно увеличивает наработку на инструмент. Известно, что в машиностроительной промышленности применение СТМ с разъемным креплением дает 60 % эффективности, по сравнению с неразъемным [3].

В настоящее время имеются разработки в виде коронок со съёмными резцами из алмазно-твердосплавных пластин (АТП) и СТМ для бурения геологоразведочных скважин, но они не нашли практического применения. Наиболее исследованными являются коронки с креплением резцов из АТП на базе резьбовых соединений, разработанные А.А. Третьяком [4]. Известна также алмазная буровая коронка со съёмными дугообразными секторами, которые также закреплены на корончатом кольце резьбовым соединением [5]. Существенным недостатком этих креплений является недостаточная несущая способность крепежных болтов и ослабление корпуса коронки из-за отверстий под болты.

Известны также буровые коронки, пластины-резцы которых снабжены стальным хвостовиком и прикреплены сварочным способом [6, 7]. При этом пластины-резцы установлены и зажаты клином в сквозных пазах по схеме скважино- и кернаобразующих резцов, а хвостовик приварен к корпусу бурового инструмента с возможностью последующего прорезания на сварном шве узких щелей для съема пластин-резцов (рис. 1). Достоинством этой коронки является применение сварки как наиболее технологичного и прочного соединения. При этом несущие способности клинового зажима и сварного шва хвостовика совместно работают на повышение надежности крепления резцов. Однако в коронках геологоразведочного сортамента при сварке хвостовика резцов существует реальная опасность перегрева алмазного слоя, так

как температура сварной ванны достигает 1600–1750 °С. Однако следует заметить, что этот недостаток ликвидируется, если сначала приварить к корпусу коронки хвостовик, а затем к нему в пазу припаять резец [8].

Общим недостатком сварочных креплений является пропил вдоль корпуса коронки вместе со швом сварки, что снижает прочность корпуса коронки. Кроме того, технологическая сложность пайки в пазу, наличие сварки и клинового соединения делают коронку малоприменимой как для массового производства, так и штучного. Для устранения вышеперечисленных недостатков, ограничивающих практическое применение коронок для бурения геологоразведочных скважин, сформулирована цель минимизировать количество технологических операций без потери прочности крепления резцов и корпуса коронки.



Рис. 1. Пропилы под хвостовик кернаобразующего резца

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачу разъемного крепления пайкой вместо сварки и освободить резец от крепления одним пропилом по шву пайки.

#### Материалы и методы исследования

Поставленная задача может быть решена, если в буровой коронке резцы со сверхтвердым режущим слоем и твердосплавной подложкой установлены в глухие прямоугольные пазы и закреплены твердосплавной подложкой к задней стенке паза некапиллярной пайкой припоем, толщина которого равна ширине пропила. При этом для съема вышедших из строя резцов выполняется радиальный пропил по припою и боковой опорной стенке паза, но последующая пайка производится по всей ширине

корончатого кольца коронки. Ширина пропила определяется шириной ножовочного полотна или режущих дисков по металлу, т.е. может быть равной 0,8–1,5 мм. Таким образом, для повышения прочности крепления необходим припой повышенной прочности, толщина которого должна быть в пределах 0,8–1,5 мм. Как известно, наибольшей прочностью обладают аморфные ленточные припои, толщина которых колеблется от 0,02 до 0,06 мм [9], что не отвечает ширине пропила. Наибольшую толщину 0,7–0,8 мм имеют трехслойные припои [10]. Притом они менее прочные, чем аморфные, к тому же если ширина пропила больше 0,8 мм, то потребуются для уширения припоя дополнительно специальная паяльная сетка. Таким образом, ни один припой в отдельности не подходит для прочной пайки резцов с возможностью последующего пропила по шву. Однако, если обертывать аморфным припоем тонкую из пермаллоя или бронзы термокомпенсационную пластину, можно получить припой с регулируемой толщиной в соответствии с шириной паяльного зазора. Необходимую толщину нового припоя, т.е. толщину компенсационного слоя и ленточного припоя, можно ориентировочно определить, исходя из ширины инструмента, которым выполнены пропилы. Подготовка к пайке проводится по рекомендациям, изложенным в руководствах по применению ленточного припоя Стемет 1311 системы никель – кобальт – кремний и пайке зубков в паз долотчатых коронок. Однако в ходе проведения пайки есть существенные отличия. После подготовки к пайке во все пазы (пропилы) с резцами устанавливается без припоя компенсационная прокладка и в зазоры засыпается флюс, после чего он нагревается до расплавления. Затем из паза удаляют прокладку и после охлаждения и зачистки от шлака ее обрабатывают ленточным припоем и устанавливают легким нажимом или ударами медного молотка в защищенный от шлака паз. После плавления припоя и базирования резцов последние до застывания припоя фиксируют клином. Завершение и термообработка проводятся в соответствии с рекомендациями [9]. Затем после остывания коронки осуществляется окончательный зажим резцов.

Однако при установке термокомпенсационной прокладки нажимом или ударами молотка в паз, в ленточном припое возникают напряжения разрыва. Рассчитать, даже ориентировочно, какое усилие необходимо приложить к прокладке, чтобы устано-

вить ее в паз, представляет определенные трудности, так как необходимо учитывать деформацию и смятие контактных поверхностей. Считаем более приемлемым экспериментальный метод с задавливанием на прессе клина в соответствующий паз. Здесь может возникнуть вопрос, почему клин, когда в паяльный зазор задавливается не клиновидная пластина. Дело в том, что если при задавливании в паз сечение пластинки не меняется, то не меняется и усилие задавливания. Чтобы изменить усилие задавливания, надо изменять ширину паяльного зазора или толщину пластины и при этом надо поймать ту ширину или толщину, при которой разрывается ленточный припой. Такой подход предполагает проведение множества экспериментов с определенным шагом изменения ширины зазора или толщины пластины.

Нами в эксперименте принято менять толщину пластины, задавливая клин в клиновидный зазор. При задавливании клина в паз он будет вызывать деформацию и смятие контактных поверхностей, как и в креплении, а также рост усилия сопротивления по мере задавливания клина. При достижении определенного усилия задавливания напряжение разрыва, возникающее на обертывающем клин ленточном припое, превысит его прочность. Однако в этом опыте нас интересует только сила давления прессы. Исходя из вышеприведенных соображений, было изготовлено устройство по определению усилия задавливания, при котором нарушается целостность припоя (рис. 2). Оно состоит из кольца с пазами шириной равной толщине собранного в верхнем положении пакета парных клиньев (рис. 2). Клинья выполнены с уклоном 1:50, а верхний задавливаемый клин обернут листом припоя Стемет 1311. Все рабочие контактные поверхности клиньев и паза обрабатываются до шероховатости  $Ra = 6,3$ , что достигается тонким фрезерованием. Собранное устройство устанавливается между давящими плитами прессы, а измерительная система прессы подключается к компьютеру. По мере роста усилия давления прессы кривая на мониторе будет расти, а разрыв ленты припоя вызовет резкое падение кривой. Проведенные нами испытания показали критическое усилие заклинивания клина при разрыве ленты припоя в 4 кН. Для ручного нажима, как и для легких ударов молоточком, это недостижимое усилие, т.е. при ручном задавливании в паяльный паз лента припоя не разорвется.

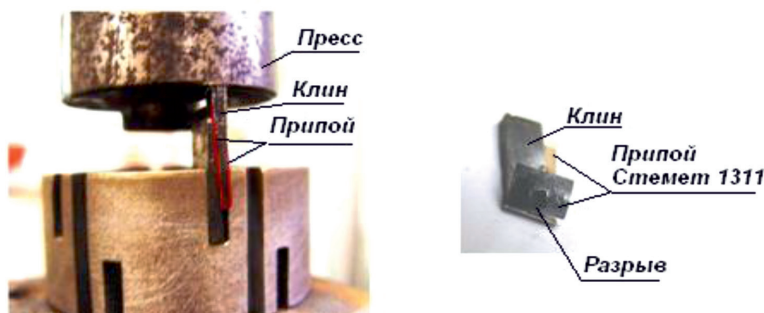


Рис. 2. Испытание ленточного припоя Стемет 1311 на прочность при разрыве, обусловленного задавливанием клина в паз

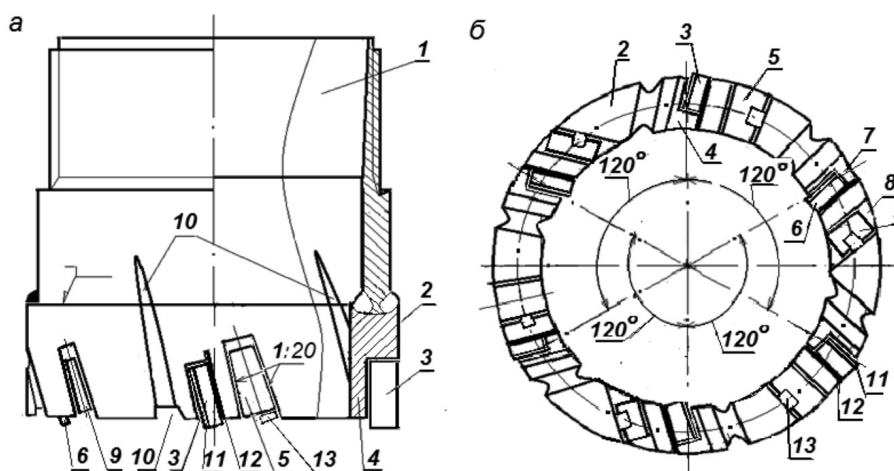


Рис. 3. Общий вид спереди а) и снизу б) на буровую коронку с пайокклиновым креплением резцов: 1 – корпус коронки; 2 – корончатое кольцо; 3 – резец скважинообразующий; 4 – боковая стенка паза под скважинообразующий резец; 5 – клин скважинообразующего резца; 6 – кернообразующий резец; 7 – боковая стенка паза под кернообразующий резец; 8 – паз под клин 9; 9 – клин под кернообразующий резец; 10 – пазы и каналы промывочные; 11 – сверхтвердый слой резца; 12 – шов пайки ленточным припоем; 13 – стопор

### Результаты исследования и их обсуждение

Сохранение целостности ленточного припоя, собранного в пакет с термокомпенсационной прокладкой, при его задавливании в паяльный офлюсованный зазор позволяет разработать пайокклиновое соединение для крепления пластин-резцов к корпусу буровой коронки. Особенностью собранного в пакет припоя стала возможность согласования его толщины с шириной пропила, чтоб последующий пропил удалил полностью припой из паяльного зазора. И все это делает возможным многократный пропил по шву пайки и многократный съем пластин резцов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что предложенный способ пайки резцов

вполне осуществим и применим для разъёмного крепления резцов буровой коронки. На рис. 3, а, изображен вид спереди на кольцевую буровую коронку с двухслойными пластинами-резцами, закрепленными ленточным припоем с термокомпенсационной прокладкой; на рис. 3, б, вид снизу. Коронка включает корпус 1 с корончатым кольцом 2, пластины-резцы скважинообразующие 3, взаимодействующие с опорной боковой стенкой 4, клинья 5, пластины-резцы кернообразующие 6, взаимодействующие с боковой стенкой 7, заклиненные в пазу 8 клинья 9 и промывочные каналы и радиальные пазы 10. Все пластины-резцы имеют сверхтвердый режущий слой 11 и прикреплены к задней стенке паза некапиллярной пайкой посредством ленточного с термокомпенса-



ционной прокладкой припоя 12, к примеру марки Стемет 1311, и зажаты в пазу клином. Клинья в свою очередь зафиксированы в рабочем положении стопором 13. Применение ленточного припоя обеспечивает дозированную подачу припоя путем его обрезки и выбора толщины припоя от 0,02 до 0,08 мм. Это ограничивает затекание припоя под боковую сторону резца, т.е. резец боковой стороной не будет припаян к боковой стенке паза. При пайке резца еще и боковой стороной затрудняется его съем с коронки. Для съема резца делается один радиальный пропил по шву пайки и попутно по боковой стенке паза, рис. 4. При этом весь припой с термокомпенсационной прокладкой выпиливается в виде стружки, образуя паяльный зазор для последующего размещения припоя для повторной пайки. Причем радиальные пропилы можно прорезать как вручную, так и резаками с электроприводом, а также миниболгарками. Поэтому после переустановки или смены резца пайка проводится по всей ширине корончатого кольца. Съем пластин-резцов обеспечивается удалением клина, предварительно отбив прихваченный сваркой стопор 13 с последующим прорезанием одного радиального щелевидного реза по контуру задней поверхности твердосплавной подложки пластины-резца. Отметим, что в свароклиновых креплениях делается два пропила, а в предложенном – один, что говорит о возможности более высокого уровня восстановления прочности боковой стенки паза, чем в свароклиновой коронке.



Рис. 4. Радиальный пропил по боковой стенке паза и шву пайки для съема припаянного резца

### Выводы

1. В основу разработки нового способа крепления резцов буровой коронки положена технологическая возможность паять двухслойные резцы по задней грани твердосплавной подложки и делать один пропил

в радиальном направлении по шву пайки при их демонтаже.

2. Наиболее технологичным способом разъемного крепления двухслойных резцов для их многократного съема является пайкоклиновой, с применением припоя, толщиной равной ширине пропила.

3. Прочность предложенного пайкоклинового крепления двухслойных пластин-резцов выше, чем свароклинового крепления. При этом в новом креплении, как технологическая операция, отсутствует сварка, а как конструктивный элемент – стальной хвостовик.

### Список литературы / References

1. Narayan J., Gupta S., Bhaumik A., Sachan R., Cellini F., Riedo E. Q-carbon harder than diamond. MRS Communications. 2018. No. 8 (2). P. 428–443.
2. Solopova N., Dubrovinskaya N., Dubrovinsky L. Synthesis of nanocrystalline diamond from glass carbon balls. Journal of Crystal Growth. 2015. No. 412. P. 54–59.
3. Васин С.А., Хлудов С.Я. Проектирование сменных многогранных пластин. Методологические принципы. М.: Машиностроение, 2006. 352 с.
4. Vasin S.A., Khludov S.Ya. Design of removable polygonal plates. Methodological principles. M.: Mashinostroyeniye, 2006. 352 p. (in Russian).
5. Третьяк А.Я., Литкевич Ю.Ф., Асеева А.Е., Третьяк А.А., Бурда М.Л., Онофриенко С.А. Кольцевая буровая коронка // Патент РФ № 2422613. Патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)» (RU). 2011. Бюл. № 18. (II ч.).
6. Ешимов Г.К. Колонковое долото // Патент РФ № 1765346. Патентообладатель Сургутское отделение Западно-Сибирского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института технологии глубокого разведочного бурения (RU). 1992. Бюл. № 37.
7. Федоров Л.Н., Буровая коронка со свароклиновым разъемным креплением пластин-резцов // ПМ РФ № 186600. Патентообладатель Федер. гос. бюджет. учреждение науки «Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сиб. отд-ния Рос. акад. наук». 2019. Бюл. № 3.
8. Федоров Л.Н., Ермаков С.А., Иванов И.И. Буровая коронка со свароклиновым креплением резцов // Геомеханические и геотехнологические проблемы освоения недр Севера: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 11 (специальный выпуск 24). С. 162–179.
9. Fedorov L.N., Yermakov S.A., Ivanov I.I. Drill bit with welded wedge fastening of cutters // Geomekhanicheskiye i geotekhnologicheskiye problemy osvoyeniya neдр Severa: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten. 2017. № 11 (spetsialnyy vypusk 24). P. 162–179 (in Russian).
10. Федоров Л.Н., Ермаков С.А. Способ разъемного крепления пластин-резцов с одним или двумя сверхтвердыми внешними слоями и твердосплавной подложкой // Пат. РФ № 2694644. Патентообладатель Федер. гос. бюджет. учреждение науки, Инс-т горн. дела Севера им. Н.В. Черского Сиб. отд-ния Рос. акад. наук. 2019. Бюл. № 20.
11. Аморфный ленточный припой СТЕМЕТ® 1311. [Электронный ресурс]. URL: <http://stemet.ru/s1311.htm> (дата обращения: 11.09.2020).
12. Amorphous Ribbon Solder STEMET® 1311. [Electronic resource]. URL: <http://stemet.ru/s1311.htm> (date of access: 11.09.2020).
13. Рекомендации по пайке и термообработке металлорежущего инструмента припой ТП-1М. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kzts.ru/articles15> (дата обращения: 08.09.2020).
14. Soldering and heat treatment recommendations for metal cutting tools TP-1M. [Electronic resource]. URL: <http://www.kzts.ru/articles15> (date of access: 08.09.2020).