

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ШТЫРЕВОГО БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА СО СМЕННЫМИ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ВСТАВКАМИ

Удальцова А.В., Алиева Л., Жуков И.А.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: бурение, горная порода, скважина, безлезвийный инструмент, буровая коронка, твердосплавная вставка, штырь, сменность, сепаратор.

Аннотация. В статье подробно рассматривается механический способ бурения с вариациями машин, используемых в соответствующих им видах разрушения горной породы. Приводится обзор известных технических решений, связанных с безлезвийным буровым инструментом, с их последующим анализом. На основе этого выявляются основные недостатки существующих конструкций и формулируются направления для дальнейших исследований в области совершенствования штыревого бурового инструмента.

ANALYSIS OF THE DESIGN FEATURES OF A PIN DRILLING TOOL WITH REPLACEABLE CARBIDE INSERTS

Udaltsova A.V., Alieva L., Zhukov I.A.

Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Keywords: drilling, rock, borehole, bladeless tool, drill bit, carbide tip, pin, replaceability, separator.

Abstract. The article provides a detailed consideration of the mechanical drilling method, including the range of drilling machines used for the corresponding modes of rock destruction. It presents a review of know technical solutions related to bladeless drilling tools, followed by their structural analysis. Based on the results obtained, the main disadvantages of existing, designs are identified and further research directions in the field of improvement of pin drilling tools are formulated.

Введение

Бурение является одним из ключевых технологических процессов при проведении горных выработок, разработке месторождений полезных ископаемых, а также при выполнении геологоразведочных и взрывных работ. Под бурением понимают процесс образования шпуров и скважин в горной породе [1, 2]. В зависимости от параметров образуемых полостей различают: шпуры с диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м и скважины, по геометрическим параметрам превышающие шпуры.

Многообразие способов бурения подразделяется на две большие группы. К первой группе относятся механические способы, при которых разрушение горной породы достигается путем внедрения в неё под действием механического усилия инструмента. Ко второй группе относят теплофизические способы, где разрушение происходит за счет термического воздействия на породу.

Для механического бурения, в основе которого лежит прямое воздействие инструмента на разрушаемую породу, широко применяются бурильные машины, которые различаются между собой по взаимодействию инструмента с забоем и

делятся на следующие виды: вращательные, ударные, ударно-вращательные (ударно-поворотные) и вращательно-ударные.

Вращательный способ бурения эффективен преимущественно в породах малой и средней крепости $f \leq 8$ и происходит путём движения инструмента по винтовой линии, которое возникает при его одновременном вращении и осевом перемещении, при том, что ударное воздействие отсутствует $N_y = 0$. В результате данного вида бурения происходит резание, скалывание и истирание породы рабочей частью бурового инструмента. Для осуществления данного вида бурения применяются бурильные головки вращательного действия: ручные и колонковые свёрла, шарошечные станки [1, 2].

Ударно-поворотный или ударно-вращательный способ применяется для бурения в породах средней и высокой крепости с $f = 10 \div 20$. Процесс разрушения реализуется аналогично ударному способу с поворотом бурового инструмента на некоторый угол воздействием на него незначительного крутящего момента от вращателя машины. Бурение происходит с помощью машин, называемых перфораторами с независимым вращением бура и буровыми станками с погружными пневмударниками.

К ударному способу бурения относят машины, в которых мощность механизма вращения соотносится с мощностью ударного механизма в соотношении $N_y \geq 10N_v$. При данном виде бурения инструмент вступает в контакт с крепкой хрупкой породой с $f = 6 \div 20$. Основную роль здесь играет кратковременный ударный импульс, направленный вдоль оси скважины или шпура, при этом вращательное движение отсутствует: инструмент внедряется в породу, создаёт локальные напряжения, тем самым вызывая в ней образование сколов и трещин. В этом случае используются такие машины, как: переносные, колонковые перфораторы при бурении шпуров и телескопные перфораторы при бурении скважин.

При ударном и ударно-поворотном способе разрушения горной породы машина оснащается породоразрушающим инструментом – буровой коронкой [3], рабочая поверхность которой армируется твердосплавными элементами (вставками), чаще всего штырями (инденторами). Соединений штырей с корпусом коронки осуществляется или с помощью пайки, или запрессовкой в натяг. Такие способы установки не являются эффективными с точки зрения необходимости обеспечения оперативной замены изношенных или сломанных штырей. В таком случае замене подлежит целиком вся коронка или даже вместе с буровой штангой. В связи с этим приобретает особую актуальность задача обеспечения сменности отдельных твердосплавных вставок без демонтажа буровой коронки.

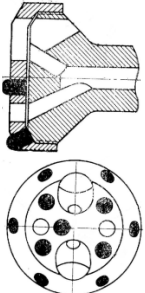
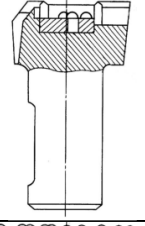
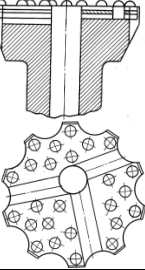
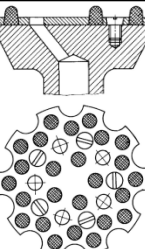
Анализ известных технических решений

В настоящее время существует множество различных конструкций буровых коронок, отличающихся вариациями рабочих поверхностей (плоские, синусоидные и т.д.), разрушающими элементами (алмазные и твердосплавные резцы, твердосплавные вставки и т.д.), геологическими условиями применения (мягкие породы, породы средней и высокой крепости), а также видом сменности разрушающих штырей (сменные и несменные).

Общий вид наиболее распространённой конструкции безлезвийного бурового инструмента – буровой коронки, армированной твердосплавными инденторами, представляет собой корпус, на породоразрушающей части которого непосредственно расположены разрушающие вставки. Удаление разрушенной породы под телом коронки происходит через выполненные внутри корпуса инструмента шламоотводящие пазы и сквозные промывочные каналы, переходящие в конусное или резьбовое присоединительное глухое отверстие для соединения с буровой штангой. Ключевыми параметрами, отражающими конструктивное исполнение коронки, служат: диаметр инструмента; характеристики твердосплавных вставок: их количество, диаметр, форма рабочей поверхности (сфера, трактриса, парабола и т.д.) и схема их размещения на рабочей поверхности коронки.

В таблице 1 представлены результаты патентного поиска безлезвийных буровых инструментов, при разработке которых так или иначе решалась задача обеспечения сменности твердосплавных вставок.

Табл. 1. Результаты патентного поиска безлезвийного бурового инструмента (составлено авторами)

№	Название, номер патента или авторского свидетельства	Авторы	Даты приоритета; опубликования	Схема
1	Буровая коронка, №269103	Авдонин Ю.Ф., Белавин Л.В., Кожевников Л.П., Липин А.А., Чувилин А.М.	17.03.1969; 17.04.1970	
2	Буровая коронка, №899827	Чувилин А.М., Чебанов В.И., Махоткин М.В., Новоженкин Г.П., Карчевский В.Н.	13.03.1980; 23.01.1982	
3	Коронка для ударно-вращательного бурения, №1055847	Курдюков А.С., Кузовников Г.А., Миронов Л.А., Плеханов И.Д.	05.02.1982; 23.11.1983	
4	Буровая коронка для ударного и ударно-вращательного бурения, №2080447	Дворников Л.Т., Куклин С.А.	09.04.1992; 27.05.1997	

Первым анализируемым инструментом представлена буровая коронка (№1, табл. 1) со сменной обоймой, закрепляемой на корпусе с помощью резьбы. Такой способ крепления позволяет исключить операцию пайки при установке штырей. Следующей из отличительных особенностей такой буровой коронки является выполнение в съёмной обойме сквозных конических отверстий под штыри. Применение конических отверстий позволяет удерживать штыри на месте во время работы коронки. Благодаря наличию таких отверстий, установка твердосплавных вставок производится без зазора с корпусом коронки и жестко без применения пайки. Представленное исполнение буровой коронки обеспечивает возможность замены твердосплавных вставок и обоймы по мере их износа, что позволяет повысить срок службы инструмента в целом.

Вторым в таблице 1 буровым инструментом представлена коронка, содержащая корпус с твердосплавными пластинами и закрепленный на рабочем торце корпуса вкладыш, армированный твердосплавными вставками. Вставки установлены в сквозных гнездах вкладыша при помощи пайки в то время, как сам вкладыш также установлен на рабочем торце корпуса коронки при помощи паяного соединения. Благодаря сквозным отверстиям, противотоки припоя и отходы пайки вытесняются во время соединения пайкой вкладыша со вставками и вкладыша с рабочим торцом корпуса коронки через нижние края сквозных гнезд наверх. Таким образом, данное решение позволяет получить качественное паяное соединение, что обеспечивает надежное крепление твердосплавных вставок, повышая эксплуатационную стойкость коронки. Но необходимо учесть, что при данном виде соединения элементов бурового инструмента исключается возможность их сменности при выходе из строя хотя бы одного из штырей. В таком случае демонтаже подлежит сначала вкладыш, а потом отдельные штыри.

Буровая коронка для ударно-вращательного бурения, представленная в результатах патентного поиска под №3 в таблице 1, содержит корпус с углублением, в котором с помощью пайки установлен сепаратор. В сквозных отверстиях сепаратора размещены твердосплавные вставки. Особенностью данной коронки является жесткое соединение твердосплавных вставок с сепаратором, который в свою очередь расположен ниже уровня припоя в углублении головной части корпуса коронки. Благодаря такому соединению повышается стойкость коронки и снижается расход твердого сплава. Необходимо учитывать, что данное соединение вставок с сепаратором и сепаратора с корпусом коронки исключает возможность сменности отдельных элементов инструмента и при выходе из строя одного из них придется заменять коронку полностью.

Четвертой в таблице 1 показана буровая коронка для ударного и ударно-вращательного бурения, армированная твердосплавными вставками и содержащая сепаратор, который оснащен сквозными конусными отверстиями и прижимается необходимым количеством крепежных деталей (винтами), защите от разрушения которых способствует их близкое расположение с твердосплавными вставками. Такие условия сборки позволяют прижимать твердосплавные вставки к опорной поверхности верхней части корпуса коронки без зазора, а, следовательно, исключается относительный поворот вставок и сепаратора, что позволяет устранить проблему преждевременного разрушения вставок при больших нагрузках и обеспечивает жесткое соединение элементов коронки без операции

пайки. Благодаря данному способу крепления вставок и сепаратора к корпусу коронки появляется возможность замены твердосплавных вставок и сепаратора по мере их износа или при разрушении, что повышает срок службы коронки.

Результат анализа технических решений бурового инструмента

Проведённый анализ результатов патентного поиска демонстрирует, что задача обеспечения сменности твердосплавных вставок в буровых коронках среди рассмотренных конструкций не решена в полной мере. Из представленных в таблице 1 решений возможность реального обеспечения замены инденторов без особых усилий реализована только в вариантах №1 и №4. А в остальных случаях применение жёсткого закрепления с помощью пайки вставок и сепаратора в корпус бурового инструмента исключает их сменность и при выходе из строя его отдельных элементов требуется замена всей коронки.

Несмотря на преимущество 1 и 4 вариантов (табл. 1), обеспечивающих сменность вставок, возникают определенные сложности, связанные с их монтажом и эксплуатацией.

В описании технического решения буровой коронки, представленной последней в патентном поиске, авторы утверждают, что восприятие крепёжными винтами нагрузки, вызывающей их срез, исключено. Однако в условиях ударно-вращательного (ударно-поворотного) бурения неизбежно возникают нагрузки, направленные перпендикулярно к осям инденторов, что в свою очередь приводит к появлению сдвиговых деформаций и, соответственно, к работе винтов на срез и их возможному разрушению. Такой недостаток можно компенсировать увеличением количества крепёжных винтов на рабочей поверхности инструмента, но данное решение будет применимо только на коронках большого диаметра, т.к. в конструкциях меньших размеров не будет возможности разместить необходимые крепежи из-за нехватки места на поверхности инструмента, что приведёт к введению дополнительных ограничений на типоразмер коронки.

Монтаж и возможность эксплуатации коронки под номером 1 (табл. 1) зависят от соблюдения соответствующего положения инструмента с его составляющими и направления вращения инструмента во время процесса бурения соответственно. При нарушении направления вращения коронки возникает вероятность самооткручивания обоймы, что создаёт риск потери инструмента в шпуре или скважине. Кроме того, резьбовое соединение сепаратора с корпусом коронки чувствительно к ударным нагрузкам, которые могут привести к деформации резьбы, нарушению положения инденторов и в целом работы всего инструмента. Монтаж осложняется тем, что несоблюдение требуемой ориентации в пространстве инструмента и его составляющих влечёт за собой выпадение устанавливаемых вставок в шламоотводящие каналы. Т.е. корректный процесс сборки инструмента возможен только при предварительном размещении вставок в сепараторе с последующей его установкой и закреплением на корпусе коронки, ориентированной в пространстве строго вертикально. Такие особенности сборки изделия требуют чётких последовательных операций и должны сопровождаться соответствующей инструкцией.

Исходя из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что существующие конструкции буровых коронок в большинстве случаев либо не обеспечивают

сменность твердосплавных вставок, либо обеспечивают её через конструктивные решения, которые не выдерживают реальных условий в процессе бурения. Указанные недостатки исправляются отказом от подобных решений: исключить из конструкции резьбовые элементы, воспринимающие какую-либо нагрузку в процессе бурения; соединение корпуса коронки с обоймой или сепаратором с твердосплавными вставками следует обеспечить использованием другого типа соединения, например шлицевого, которое уже применяется в буровом инструменте, в частности, при соединении буровой штанги с коронкой; исключить выполнение продувочных каналов с размерами, превышающими размеры инденторов.

Таким образом, выполненный патентный анализ обосновывает необходимость разработки нового технического решения буровой коронки, обеспечивающего сменность инденторов без применения элементов, подверженных выходу из строя в реальных условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Бегагоен И.А., Дядюра А.Г., Бажал А.И. Бурильные машины. Расчет, конструкции, долговечность. – М.: Недра, 1972. – 368 с.
2. Иванов К.И., Латышев В.А., Андреев В.Д. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 272 с.
3. Алиева Л., Жуков И.А. Анализ конструкций безлезвийного бурового инструмента и постановка проблем его совершенствования // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – №15. – С. 157-170. – doi.org/10.26160/2658-3305-2022-15-157-170.

Сведения об авторах:

Удальцова Алина Валерьевна – студент;

Алиева Лейла – к.т.н., ведущий инженер отдела по координации работы с иностранными обучающимися;

Жуков Иван Алексеевич – д.т.н., доцент, заведующий кафедрой машиностроения.