

МЕХАНИКА РАБОТЫ ЦЕПНОГО ДОЛОТА В УСЛОВИЯХ ОЧИСТКИ ЗАБОЯ АКТИВИРОВАННЫМИ ЖИДКОСТЯМИ

А.Н. Давиденко, А.А. Игнатов, П.П. Полищук, Национальный горный университет, Украина

Обобщены основные конструктивные решения в долотах цепного типа. Показаны основные особенности механики разрушения пород при использовании нового инструмента. Представлены основные результаты лабораторных исследований электрохимической активации при обработке промывочных жидкостей, применяемых при бурении скважин. Сформулированы методические рекомендации по параметрам электрохимической активации в зависимости от времени проведения, объема активируемой жидкости и конструктивным параметрам электроактиватора для долот нового типа.

Состояние вопроса. Интенсификация разрушения породы на забое скважины возможна только в том случае, когда при разработке технологии бурения все факторы, сопутствующие указанному процессу учтены во всем их комплексном действии. Сказанное в полной мере относится к группе взаимосвязанных механизмов: «разрушение горных пород – удаление продуктов разрушения».

Бурение скважин осуществляется различными видами породоразрушающего инструмента: шарошечными и лопастными долотами режущего типа, дисковыми долотами фрезерного типа, а также долотами специального назначения, которые имеют довольно ограниченное применение. Из перечисленных типов долот наиболее широко используются шарошечные долота, имеющие различия в конструкции в зависимости от твердости, физико-механических свойств пород и режимов бурения.

Шарошечные долота, как по конструкции, так и по технологии изготовления, являются самым сложным из всего инструмента для бурения скважин; отличается они и сложностью механики работы по разрушению пород [1 – 3].

В отличие от обычных шарошечных долот, фрезерные дисковые позволяют при одном и том же диаметре долота разместить более мощную опору шарошки – наиболее уязвимого узла инструмента, износ и разрушение которого является одной из основных причин выхода долот из строя. К тому же, диски долот вращаются вокруг своей оси с числом оборотов значительно меньшим числа оборотов шарошек обычных долот, что в свою очередь положительно отражается на стойкости их опор и приводит к увеличению их работоспособности.

Целью статьи является обобщение основных конструктивных особенностей цепных дисковых долот и обоснование взаимосвязи между актами разрушения горных пород и удаления продуктов разрушения при использовании активированных жидкостей.

Основной материал. Усиление опорного узла позволило наметить дальнейшие пути совершенствования дисковых шарошечных долот, а именно в направлении увеличения их рабочей площади.

Согласно изложенным принципам были предложены следующие модели долот [4 – 5].

Цепное долото с двумя рабочими дисками (рис. 1, а), позволяет интенсифицировать процесс разрушения горных пород на забое за счет реализации одного из самых эффективных механизмов разрушения – скалывания.

В лапах такого долота закреплены две оси – верхняя и нижняя, на которых размещены звездочки и зубчатые диски соответственно. Зубчатая цепь, соединяющая в единую кинематическую систему звездочки и диски, является основным породоразрушающим элементом, роль вспомогательного играют зубья дисков. Технически и конструктивно оправданная длина цепи позволяет существенно увеличить ресурс работы долота на забое.

На рис. 1, а приведена общая схема бурового долота, где 1 – лапы, 2 – зубчатые диски, 3 – звездочки, смонтированные на оси 4 и вспомогательной оси 5. Зубчатые диски 2 и звездочки 3 закреплены неподвижно в лапах 1 с помощью двухрядных подшипников качения – 6 и зам-

ковых втулок – 7. Цепи 8 оснащены зубками 9 и кинематически связаны с зубчатыми дисками 2 и звездочками 3. Звездочки и зубчатые диски могут вращаться.

Работа долота осуществляется по следующей схеме. При его вторжении в горную породу цепи 8, на внешней поверхности которых размещены зубцы 9 и зубчатые диски 2 разрушают породу. Цепи и зубчатые диски, а в результате кинематической связи и звездочки, вращаются под воздействием сил реакции забоя скважины.

Перекрытие забоя скважины в одной плоскости, увеличение контактной площади разрушающих элементов с породой, отличие диаметров звездочек положительно влияет на забойные процессы разрушения горной породы и создает условия для реализации самого эффективного механизма разрушения, а именно скалывания. Этот механизм связан с возникновением значительных знакопеременных напряжений, обусловленных наличием моментов пар сил между двумя подвижными цепями. Замковая втулка 7 не дает возможности звездочкам и зубчатым дискам горизонтально перемещаться по оси и вспомогательной оси 4, 5. Более равномерная нагрузка на зубки будет способствовать выравниванию их износа.

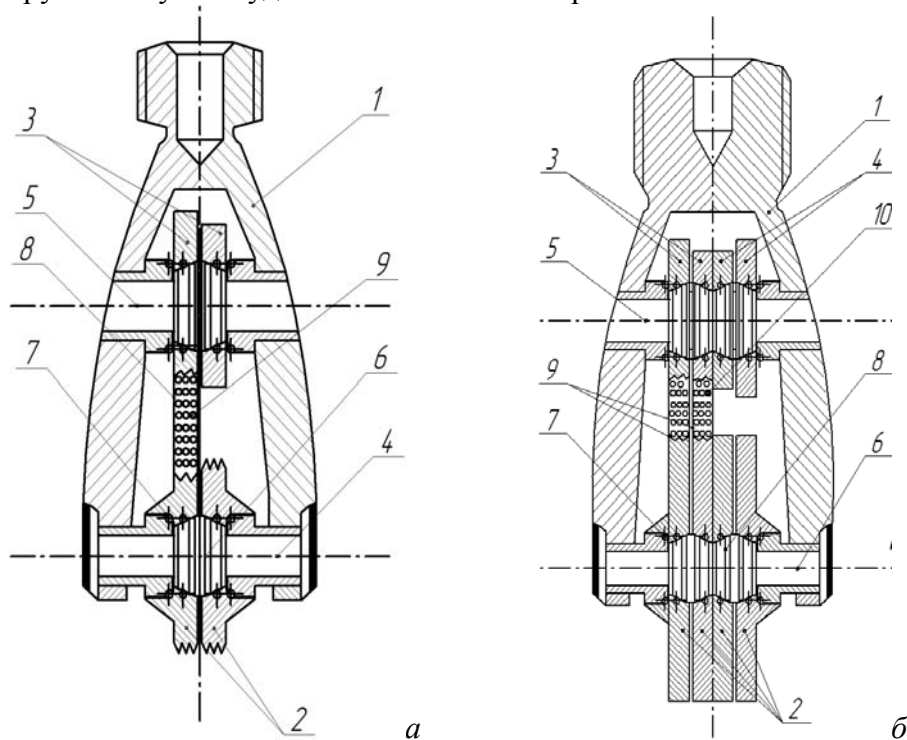


Рис. 1 Схемы буровых дисковых долот
 а – цепное долото с двумя рабочими дисками,
 б – цепное долото с четырьмя рабочими дисками.

Породоразрушающие элементы долота очищаются и охлаждаются в результате непосредственной подачи промывочной жидкости на цепь через промывочные каналы, которые могут оснащаться специальными насадками, способствующими значительному повышению энергии струи очистного агента. Кроме того, долото может быть использовано многократно благодаря возможности оперативной замены его рабочих органов – цепей в полевых условиях.

Долото цепного типа с увеличенной рабочей поверхностью (рис. 1, б), отличается тем, что имеет четыре рабочих диска, размещенных на нижней эксцентричной оси.

Такое буровое долото включает в себя диски, размещенные на эксцентричной оси (рис. 2), которая закреплена неподвижно в нижней части лап. Кроме того, имеются две пары вспомогательных дисков разных диаметров расположенных на общей вспомогательной оси закрепленной неподвижно над дисками в верхней части лап. Отличительной особенностью долота является то, что первый и четвертый вспомогательные диски имеют больший, но одинаковый внешний диаметр в сравнении со вторым и третьим, равными по внешнему диаметру, вспомогательными дисками. Верхние и нижние диски находятся в зацеплении с зубчатыми

цепями, которые являются породоразрушающими элементами. Диски и вспомогательные диски посажены на оси с возможностью вращения.

На рис. 1, б приведена общая схема бурового долота, где 1 – лапы, 2 – диски, 3, 4 – пары вспомогательных дисков разного диаметра, которые смонтированы на вспомогательной оси 5 и эксцентричной оси 6. Диски 2 и пары вспомогательных дисков 3, 4 закреплены неподвижно в лапах 1 с помощью двухрядных подшипников качения 7 и замковых втулок 8. Цепи 9, представляют собой набор шарнирно соединенных между собой пластин, оснащенных зубками 10.

Устройство работает следующим образом: при вторжении долота в горную породу цепи 9, на внешней поверхности которых расположены зубки 10, осуществляют разрушение породы.

В отличие от предыдущей конструкции долота, в которой на верхней оси располагались звездочки, служащие только для создания единой кинематической системы и придания цепям различных скоростей вращения, в рассматриваемом долоте на верхней оси расположены также зубчатые диски, которые выполняют не только перечисленные функции звездочек, но и могут принимать участие в разрушении горных пород. Такая особенность конструкции позволяет открыть перед долотом следующие возможности: равномерное распределение объема разрушаемой породы между рабочими элементами долота за счет плавного перехода от меньшего диаметра к большему; сочетание в одной конструкции функций долота и расширителя; использование долота в качестве только расширителя для увеличения диаметра ранее пробуренных скважин, причем в этом случае нижние диски исполняют роль пилот – направляющих.

Кроме того, следует отметить наличие более благоприятных условий забойных процессов разрушения за счет достаточно высокой степени равномерности распределения контактных усилий.

Перечисленные обстоятельства реализовываются благодаря созданию конструктивных условий оперативного изменения (даже в условиях буровой площадки) диаметра породоразрушающих дисков и как следствие длины цепей.

Рассмотрение особенностей конструкции цепных дисковых долот приводит к ряду основных практических рекомендаций по их использованию: цепные долота позволяют значительно снизить расходы мощности на движение долота за счет реализации эффективного механизма разрушения; данный тип долот может быть с успехом использован как в качестве основного породоразрушающего инструмента, так и в качестве расширителя; возможность оперативной замены рабочих элементов долот расширяют область их использования в группах пород (мягкие и средние).

Обозначенные особенности механики разрушения горных пород проектируемыми долотами требует соответствующего подхода и к организации удаления шлама, что выражается не только в подборе расхода очистного агента, но и в его технологических свойствах, обеспечивающих стабильность забойных процессов и реализацию заложенных в конструкцию инструмента технических решений.

При взаимодействии промывочной жидкости, обработанной электрохимическим методом, и твердых горных пород происходит снижение величины нагрузки, при которой происходит разрушение породы, с одновременным уменьшением величины удельной объемной работы разрушения [6 – 8]. Характерные зависимости величины нагрузки, при которой происходит хрупкое разрушение породы и удельной объемной работы разрушения представлены на рис. 2. По нашему мнению это достигается за счет эффекта адсорбционного понижения прочности твердых тел. Согласно энергетической трактовке эффект разупрочнения характеризуется понижением работы на образование новых поверхностей в твердом теле в процессе деформации и разрушения под влиянием формирования на них адсорбционного слоя. По силовой трактовке проникновение адсорбционного слоя по поверхности развивающегося дефекта (микротрещины) связано с возникновением расклинивающего усилия.

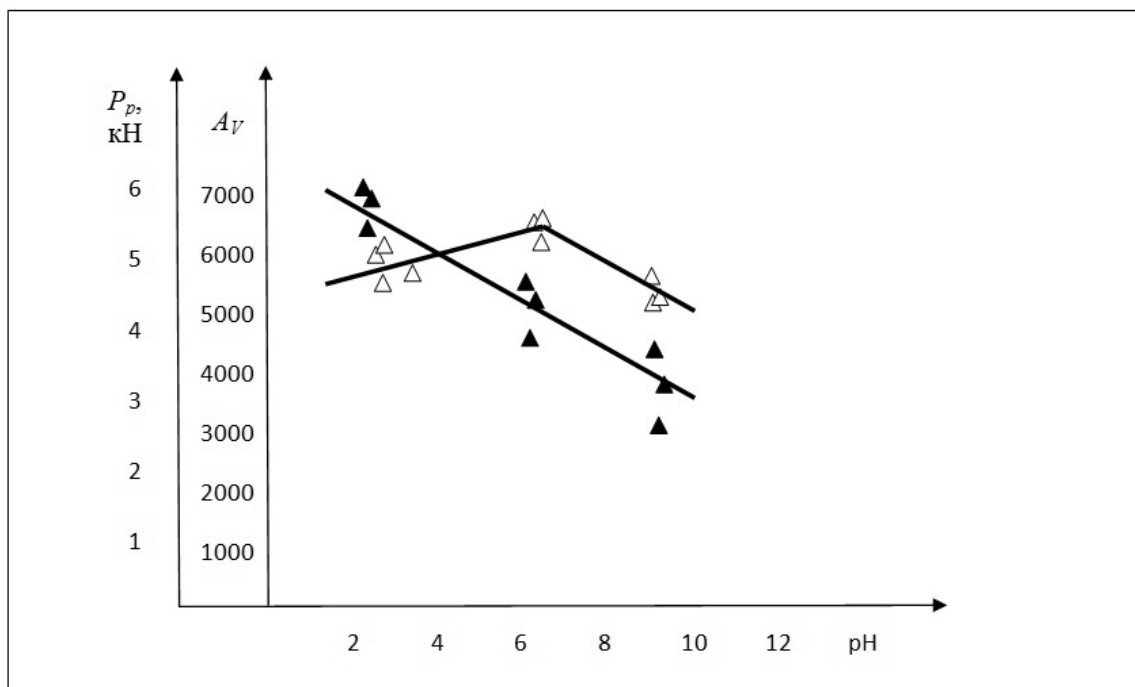


Рис. 2 Зависимость энергоемкости разрушения (A_V) и величины нагрузки (P_p), при которой происходит хрупкое разрушение гранита от величины водородного показателя жидкости при проведении экспериментов на установке УМГП-3.
 а) Δ – нагрузка, при которой происходит хрупкое разрушение гранита;
 б) \blacktriangle – объемная работа разрушения.

Адсорбционное снижение твердости происходит вследствие повышения сродства разрушаемой породы и промывочной жидкости. Это проявляется в интенсивном связывании водных (гидратных) оболочек на внутренней поверхности микрощелей или их устьях. Образование водных оболочек на поверхностях твердого тела и изменение их толщины может происходить при изменении концентрации положительно или отрицательно заряженных ионов (ионы водорода H^+ и гидроксила OH^-), которые могут адсорбироваться на поверхности твердого тела с образованием, так называемого двойного электрического слоя. Такой слой состоит из двух частей: адсорбционного слоя, связанного с поверхностью, и подвижного – диффузного слоя. В адсорбционный слой входят ионы данного знака – отрицательные ионы (анионы) или положительные ионы (катионы) и часть противоположно заряженных ионов – противоионов. Остальные избыточные противоионы, необходимые для соблюдения общей электронейтральности, образуют диффузный слой (ионную атмосферу), плотность которой постепенно уменьшается с удалением от поверхности.

Падение электрического потенциала в диффузной части двойного слоя, то есть разность потенциалов между неподвижным адсорбционным слоем и внешней границей диффузной оболочки, является электрокинетическим потенциалом твердой поверхности в данной жидкости и характеризует ее заряд. При очень малых концентрациях диссоциированных ионов неподвижный адсорбционный слой ненасыщен. Повышение концентрации ионов в жидкости вызывает адсорбцию их с одноименно заряженными ионами адсорбционного слоя. При этом происходит переход соответствующего количества противоионов из жидкости в диффузный слой. Этот процесс сопровождается увеличением электрокинетического потенциала поверхности твердого тела.

Диффузный слой ионов связывает с поверхностью большое количество воды, содержащейся в этом слое. Поэтому образование диффузного двойного слоя на поверхности значительно увеличивает толщину связанного с ней гидратной оболочки, особенно за счет гидратированных ионов, образующих диффузный слой. Уровень гидратации поверхности за счет

двойного слоя в определенной степени характеризуется величиной электрокинетического потенциала.

Вместе с образованием двойного электрического слоя ионы диссоциированной воды могут вступать в обменную адсорбцию с ионами поверхности твердого тела. При этом будет происходить повышение интенсивности взаимодействия поверхности с водой (увеличение гидрофильности). Так воздействует щелочная составляющая электрохимически обработанной жидкости на карбонатные породы. На поверхности этих горных пород будут адсорбироваться анионы OH^- , а в диффузный слой переходить противоионы. Наряду с адсорбцией ионов в двойном слое происходит обмен анионов CO_3^{2-} на анионы OH^- непосредственно у поверхности породы, что также повышает гидрофильность поверхности. С повышением концентрации такая обменная адсорбция сама по себе приводит к непрерывному увеличению эффективности уменьшения прочности до определенного значения, соответствующего насыщению слоя. То есть имеем прямую связь между концентрацией ионов водорода H^+ и гидроксила OH^- , которая выражается через значение водородного показателя pH , и эффективностью снижения прочности горных пород при проведении разрушения на контакте поверхности породы, промывочной жидкости и породоразрушающего инструмента.

Выводы. Приведены краткие сведения по основным конструктивным особенностям цепных дисковых долот и механике их работы. Показана взаимосвязь между актами разрушения горных пород и удаления продуктов разрушения в их приложении к рассматриваемому инструменту. Убедительно доказана необходимость тщательного подхода к процессу регулирования значения уровня pH очистных агентов с учётом геолого-технических условий проведения буровых работ и целевого назначения скважин. Промывочную жидкость, обработанную постоянным электрическим током и получившую определенные значения водородного показателя pH , можно применять с целью повышения технико-экономических показателей бурения скважин.

Список литературы

1. Масленников И. К., Матвеев Г. И. Инструмент для бурения скважин. – М.: Недра, 1981. – 336 с.
2. Пути повышения эффективности геологоразведочного бурения / П. И. Букреев, С. И. Голиков, В. А. Кудря и др. – М.: Недра, 1989. – 158 с.
3. Борисович В. Т., Михин В. Н. Долота различных типов // Итоги науки и техники. Техника геологоразведочных работ. ВИНТИ. – 1981. – Т. 11. – С. 66 – 85.
4. Пат. 46041 № u200905218 Украина, МПК Е 21 В 10/46. Буровое долото / А. О. Игнатов, С. Ю. Андрусенко. Заявл. 25.05.09; Оpubл. 10.12.09; Бюл. № 23.
5. Пат. 58245 № u201010344 Украина, МПК Е 21 В 10/46. Буровое долото / А. О. Игнатов, С. Ю. Андрусенко. Заявл. 25.08.10; Оpubл. 11.04.11; Бюл. № 7.
6. Коровкин Н.В. Электрохимическая энергетика / Коровкин Н.В. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 264 с.
7. Кири́н Л.В. Воздействие активационной обработки на эксплуатационные характеристики глинистых дисперсий, применяемых в нефтедобыче: дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук за спеціальністю 02.00.11 / Кири́н Леонид Валентинович. – Казань, – 2004. – 149 с.
8. Мариампольский Н.А. Перспективы использования электроактивации сред в нефтегазодобывающей промышленности // Н.А. Мариампольский, Е.В. Осипов, С.А. Рябоконтъ Книга тезисов второго совещания по электрохимической активации. – Казань. – 1986. – С. 49 – 52.