

2. Лысиков Б. А., Розенвассер Г. Р., Шаталов В. Ф. Строительство метрополитена и подземных сооружений на подрабатываемых территориях: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Проф. Б. А. Лысикова. – Донецк: Норд-Пресс, 2003. – 304 с.
3. СН 322-74. Указания по производству и приемке работ по строительству в городах и на промышленных предприятиях коллекторных тоннелей, сооружаемых способом щитовой проходки. – М: Госстрой СССР, 1973. – 24 с.
4. Величкин Е., Ленец П. Строительство тоннелей и метрополитенов. – М.: Транспорт, 1971. – 392 с.
5. Строительство тоннелей в сложных горно-геологических условиях / Сост.: Л. Н. Бережная, Л. М. Калякина, Л. Т. Садчикова. – Фрунзе: Илим, 1983. – 564 с.
6. Гарнець В. М., Зайченко С. В. Високоєфективне обладнання для виробництва пустотних панелей // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини: Республ. між від. наук.-техн. зб.-к. – К.: Вид-во КНУБА, 1998. – Вип. 52. – С.78 – 82.
7. ГОСТ 28177-89. Глины формовочные бентонитовые. Общие технические условия.
8. Зайченко С. В. Експериментальні дослідження роликового формування // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини: Республ. між від. наук.-техн. зб.-к. – К.: Вид-во КНУБА, 2000. – Вип. 56. – С. 82–87.
9. Зайченко С.В. Контактна взаємодія робочих органів безвібраційних бетоноформуєчих агрегатів при виробництві пустотних панелей : Автореф. дис. канд. техн. наук. – Київ: Вид-во КНУБА, 1995. – 20 с.

Надійшла 24.03.10

УДК 622.244.46

А. Н. Давиденко, д-р техн. наук, **А. А. Игнатов**

Национальный горный университет, г. Днепропетровск, Украина

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН

The subject of the article is the analysis of technology of drilling with application gasliquids mixes.

Введение

Практикой буровых работ как в Украине, так и за рубежом [1; 2] доказано, что газожидкостные смеси, применяемые в качестве очистных агентов при бурении скважин различного назначения, обеспечивают значительное повышение механической скорости бурения и снижение затрат времени на ликвидацию геологических осложнений, благодаря чему появились значительные резервы повышения производительности и экономичности буровых работ. Вследствие низкой плотности газожидкостных систем давление в кольцевом пространстве скважины невысокое, что и рекомендуется при разбуривании зон поглощения промывочной жидкости. Очистка скважины с использованием газожидкостных систем способствует также достижению более высокой скорости проходки. Исходя из этого, приходим к выводу, что в настоящее время технология бурения с применением газожидкостных смесей является одной из прогрессивных в области буровых работ. Вместе с тем существуют нерешенные задачи, что сдерживает более широкое использование газожидкостных смесей в практике сооружения скважин [3].

Цель настоящей работы – на основе теоретического анализа по данным исследований явлений, происходящих в скважине при циркуляции газожидкостных систем, выяснить воз-

возможности и условия применения энергетических представлений для изучения процесса взаимодействия газожидкостных систем с продуктами разрушения.

Основной материал

Закономерное обобщение отечественных и зарубежных исследований [3], посвященных методу бурения скважин с использованием газожидкостных систем, позволяет утверждать, что такая технология эффективна только в случае, если она представляет неразрывную во времени последовательность взаимосвязанных звеньев, каждое из которых играет роль механического, физического, химического или физико-химического процесса.

Проанализировав широкий спектр используемых в практике бурения очистных агентов, приходим к выводу, что все технологические режимы очистки скважины основаны на использовании потенциальной или свободной энергии [3; 4]. Работы, посвященные изучению процесса очистки скважин при бурении, преследуют различные цели и имеют разные направления, однако убедительно доказывают, что использование энергии является главным и определяющим фактором эффективности применения очистных агентов. Результаты многочисленных исследований процесса очистки скважины позволяют считать, что жидкостная очистка основана на использовании в основном потенциальной энергии в отличие от газожидкостной, основанной на использовании свободной энергии границы фаз [5]. В связи с тем, что в процессе очистки порода, подлежащая транспортировке, и очистной агент находятся в мелкодисперсном состоянии, результатом будет огромное количество микрособытий: взаимодействия пузырьков газа и частиц породы, которые в благоприятных условиях связывают частицы с пузырьком и в виде таких агрегатов разрушенная порода выносятся из призабойной зоны в затрубное пространство и далее на поверхность.

Однако в связи со сложностью явлений, происходящих в забойной зоне, нельзя считать указанный механизм простым. Действительно, движение газожидкостной смеси и частиц породы очень динамично, следовательно, соприкосновение частиц с пузырьками газа длится недолго, что требует высокой скорости действий и жесткости механизма прикрепления. В этой связи предположение о возможности мгновенного удаления отделенной от забоя частицы породы очевидно следует отбросить. Можно утверждать, что прежде чем попасть в затрубное пространство, частица породы, может десятки раз связываться с новыми пузырьками, каждый из которых перемещает ее к стенкам скважины.

При бурении скважин с использованием пенных газожидкостных систем применяют серийно выпускаемые алмазные и твердосплавные коронки и долота [6]. Выбор породоразрушающего инструмента зависит от твердости, абразивности и трещиноватости горных пород.

Алмазное бурение с пенными газожидкостными системами имеет существенную особенность, которая влияет на механизм очистки – минимальные зазоры между торцом коронки и забоем скважины. Пена, выходящая с большой скоростью из коронки в кольцевое пространство через эти стесненные зазоры, испытывает значительные гидравлические сопротивления, теряет качество и разрушается с выделением жидкой фазы. В результате вынос разрушенной породы из забоя ухудшается и нарушается температурный режим алмазной коронки, что приводит к ее интенсивному износу, заполированию торца, снижению механической скорости. Условия очистки с использованием пенных газожидкостных систем детально описаны при исследовании основ комплексной разработки берегающей технологии алмазного бурения в сложных геологических условиях с применением пенных газожидкостных систем [7].

В отличие от алмазных, твердосплавные коронки и шарошечные долота имеют развитую промывочную систему, что, несомненно, существенно влияет на взаимодействие потока пены и частиц породы [5].

Вопросы теории строения и образования пенных газожидкостных систем исследовались ранее [3; 5], здесь же следует только отметить, что при типичной для колонкового и бескернового бурения степени аэрации 100 – 300, содержание жидкости в смеси низкое. Ячейки пен, у которых степень аэрации находится в указанных пределах, разделены очень тонкими жидкими пленками и представляют собой многогранники (*a* на рисунке). Состояние

пены с многогранными ячейками близко к равновесному, поэтому такие пены высокоустойчивы. Форма граней в основном пятиугольная, поверхность ячеек пены плоская [8].

Из изложенного следует, что форма и размер частиц разрушенной породы являются отправным пунктом в проектировании режима очистки скважины, поэтому переходя к вопросу о закреплении частиц в пенных газожидкостных смесях, необходимо прежде всего исследовать гранулометрический состав продуктов разрушения.

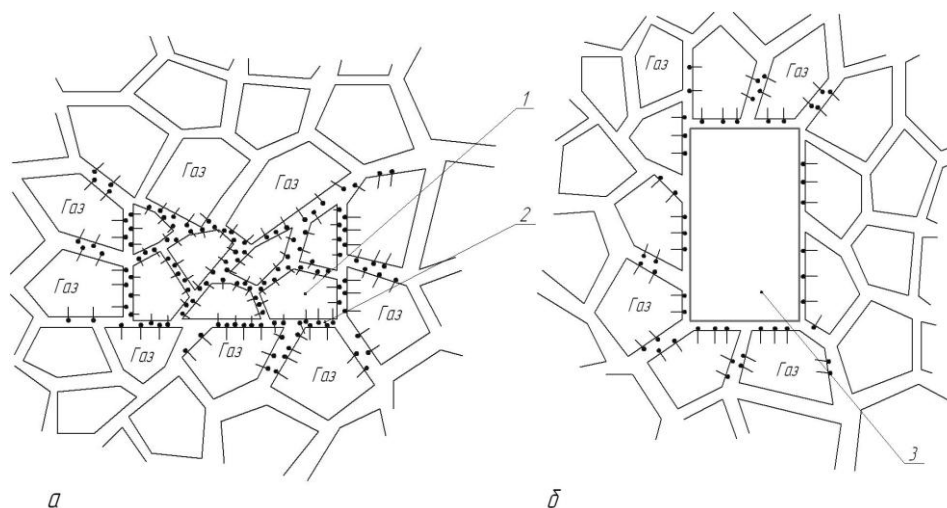


Схема строения пенных газожидкостных систем (а) и положения частицы в слое пены (б): 1 – элементарные ячейки пены; 2 – адсорбционные слои ПАВ; 3 – частица, закрепившаяся в слое пены

В результате исследований процесса разрушения горных пород при бурении было выявлено, что частицы шлама имеют разнообразную форму, наиболее распространенной из которых является пластинчатая.

Основная масса породы, находящейся впереди резца твердосплавной коронки, отделяется сравнительно крупными элементами пластинчатой формы [9]. Исследования проводили при заглаблении резца на 1,0; 1,5 и 2,0 мм. Пластинчатая форма продуктов разрушения наблюдалась при всех трех величинах заглаблении резца, причем крупность пластинок увеличивалась с заглаблением резца. Соотношение сторон пластинок составляло 1:3:6 – 1:4:10. Позднее было подтверждено, что частицы шлама при твердосплавном бурении имеют форму пластины, у которой одно измерение значительно превышает два других [9,10]. Шлам скважин шарошечного бурения также характеризуется разнообразием форм, причем преобладающей является плоская [12].

В настоящем исследовании попытаемся дать термодинамическое объяснение механизма транспортировки частиц разрушенной породы пенной газожидкостной смесью [5; 13]. В частности, представляется целесообразным следующее.

1. Закрепление в пене частиц разрушенной породы обусловлено взаимодействием свободных поверхностных энергий.

2. Устойчивая транспортировка частиц шлама газожидкостными смесями с забоя на поверхность обусловлена стремлением свободной энергии контактирующих фаз к минимуму. Действительно, комплекс частица шлама – пузырек газа является более термодинамически устойчивой системой, чем состоящая из газовых пузырьков и отделенных от забоя частиц шлама. Снижение энергии в этом случае связано с уменьшением площади раздела фаз.

3. При захвате пузырьком частицы разрушенной породы происходит адсорбция молекул ПАВ, зависящая от физико-химических свойств взаимодействующих фаз. В результате такого механизма полярная группа ПАВ образует с поверхностным слоем молекул определенную связь.

Правильное понимание процесса пенной очистки скважин возможно лишь при расчете прочности закрепления частицы, что, в свою очередь, откроет путь к научному обоснованию и эффективному управлению технологией бурения с использованием газожидкостных

смесей, установлению рациональных режимов циркуляции и корректировке их в соответствии с геологическими и горнотехническими условиями.

Положение о том, что частицы, прикрепляясь к пузырьку воздуха, не проникают внутрь его, т. е. не разрывают границу жидкость – газ, четко сформулировано в [14]. Этому условию вполне соответствует механизм адсорбции на границе раздела фаз.

В общем случае прочность прикрепления

$$F = N^g f + N^u f + N^b f, \quad (1)$$

где N^g , N^u , N^b – количество пузырьков газа, соприкасающихся и перемещающих частицу соответственно сверху, снизу и сбоку; f – прочность прикрепления.

Результаты анализа возможного положения частицы разрушенной породы плоской формы в потоке пенной газожидкостной смеси (b на рисунке) показывают, что из уравнения (1) можно исключить параметр $N^g f$ в связи с незначительной архимедовой силой пузырьков газа. Для упрощения параметр $N^u f$ также можно исключить, считая, что давление на нижнюю поверхность всех частиц будет одинаковым. Следовательно, окончательно уравнение (1) примет вид

$$F = N^b f, \quad (2)$$

Таким образом, из уравнения (2) следует, что эффективность процесса транспортировки частиц разрушенной породы зависит от поверхностных свойств границы раздела фаз.

Выводы

1. Рассмотрен механизм закрепления частиц разрушенной породы под влиянием молекул ПАВ-пенообразователей.
2. Высказано предположение о ведущей роли пенообразователя относительно влияния на прочность закрепления частиц в слое газожидкостной смеси.
3. Многообразие свойств пенообразующих ПАВ, сложная система явлений, сопутствующих образованию комплекса частичка разрушенной породы – пузырек газа, требуют дальнейшей теоретической и экспериментальной работы по проверке выдвинутых положений.

Литература

1. Яковлев А. А. Газожидкостные промывочные и тампонажные смеси (комплексная технология бурения и крепления скважин). – СПб.: Изд-во СПбГГИ, 2000. – 144 с.
2. Wilkes Ted. Foam: a value-added drilling tool // Hart's E and P. – 2000. – V. 73 – N 2. – P. 7–81.
3. Давиденко А. Н., Игнатов А. А. Вопросы очистки скважины при использовании газожидкостных смесей // Наук. вісн. НГУ. – 2007. – № 12. – С. 62–64.
4. Кожевников А. О., Игнатов А. О. Аналітичні дослідження швидкості осідання частинок шламу при бурінні свердловин // Породорозрушаючий і металлооброблювальний інструмент-техніка і технологія його виготовлення і застосування: Сб. науч. тр. – К.: Изд-во ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины – Вып. 8. 2005. – С. 52 – 57.
5. Давиденко А. Н., Игнатов А. А. О взаимодействии газожидкостных смесей с продуктами разрушения при бурении скважин // Наук. вісн. НГУ. – 2008. – № 12. – С. 75 – 77.
6. Мураев Ю. Д. Газожидкостные системы в буровых работах. – СПб.: Изд-во СПбГГИ, 2004. – 124 с.
7. Ресурсосберегающая технология алмазного бурения в сложных геологических условиях / Н. В. Соловьев, В. Ф. Чихоткин, Р. К. Богданов, А. П. Загора. – М.: Изд-во ВНИИОЭНГ, 1997. – 332 с.
8. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М.: Химия, 1983. – 264 с.
9. Кучерявый Ф. И. О механизме разрушения горных пород резцом по данным скоростной киносъемки // Изв. ДГИ – Днепропетровск.-1957. – Т. XXX. – Кн. 2. – С. 31 – 37.

10. Сологуб С. Я. Исследования вращательного бурения крепких горных пород породоразрушающим инструментом новой формы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / ДГИ. – Днепропетровск, 1966. – 18 с.
11. Кожевников А. А. Исследования процессов разрушения горных пород при колонковом бурении твердосплавными коронками: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 04.00.19 / ДГИ. – Днепропетровск, 1975. – 32 с.
12. Williams C. E., Bruse C. U. Carrying capacity of drilling muds // Petroleum Trans. Amer. Inst. min (metall). – 1951. – V. 192. – N 111.
13. Давиденко А. Н., Игнатов А. А. Теоретические предпосылки взаимодействия газожидкостных смесей с продуктами разрушения при очистке скважин // Наук. вісн. НГУ. – 2009. – № 10. – С. 79 – 80.
14. Богданов О. С., Филановский М. Ш. К вопросу о прикреплении минеральных частичек к пузырькам воздуха // ЖФХ. – 1940. – Т. 14. – № 2. – С. 244 – 247.

Поступила 16.06.10

УДК 621.921.34-2

Ю. И. Никитин, канд. техн. наук, **Г. П. Богатырева**, д-р техн. наук,
В. Г. Гаргин, **Л. Ф. Стасюк**, кандидаты технических наук, **В. Г. Полторацкий**,
С. В. Смекаленков, **С. Д. Заболотный**

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРИМЕНЕНИЮ АЛМАЗНО-ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН ИЗ АЛМАЗОВ, ОБРАБОТАННЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Researches of polycrystal diamonds (PCD) from the diamonds processed by physico-chemical methods are carried out. The method of cleaning of diamonds in peroxysulphate of ammonium and calcium hypochloride is offered. The method of covering initial diamond micropowders by pyrolytic carbon is studied. The way for compacting diamond crystals for diamond layer PCD is developed. It is shown, that chemical processing methods of diamonds promote decrease of parametres of sintering PCD, and also raise their wear resistance. The drill bits and diamond tool equipped PCD, allows to expand essentially a range of application drilling technics at the factories of the coal industry.

Алмазно-твердосплавные пластины (АТП) получают спеканием алмазных зерен на вольфрам-кобальтовой подложке в аппарате высокого давления (АВД) при температуре 1800–2000 °С и давлении 7,7 ГПа. Исходными составляющими являются алмазные микропорошки и мелкозернистые шлифпорошки. Особенность спекания алмазных порошков в АТП состоит в том, что при высоком давлении и температуре осуществляется массоперенос компонентов подложки в алмазоносный слой. Таким образом, термодинамические параметры спекания могут быть снижены путем предварительной подготовки исходного алмазного порошка [1]. Теоретические предпосылки повышения качества АТП, посредством предварительной очистки алмазных порошков и сращивания зерен алмазоносного слоя заключаются в следующем. Промышленные алмазные микропорошки марки АСМ, используемые при изготовлении АТП, обычно содержат зерна неправильной формы, далекой от сферической с многогранными острыми выступами. Энергетическая неоднородность поверхности обуславливается геометрической, в том числе кристаллографической неоднородностью, связанной с выходом различных кристаллографических граней и химической неоднородностью, завися-