

2. Современные подходы к рентабельному освоению.– Уголь, №3, 2000.-С. 38-40.
3. Рубан А.Д. Направления совершенствования технологической базы угольной промышленности.– Уголь, №2, 2001.-С. 35-39 .
4. Лиминг Ж., Холидей Р., Алтуньян П. Скоростная подготовка штреков для высокопроизводительных лав глубоких шахт.– Уголь, №1, 1998.-С. 56-60.
5. Гринько Н. К., Гапанович Л. Н., Батурина О. Б. Обеспечение нагрузки на очистной забой 2-3 млн. т угля в год на шахтах России.– Уголь, №5, 1998.-С.15-18.
6. Коровкин Ю. А., Бураков В. А. Дешевый уголь и повышенная безопасность в системе технологической и структурной перестройки шахт.– Уголь, №5, 1999.-С. 22-27.
7. Стариков А. В., Дарыкин И. Н. Очистным заботам – высокопроизводительное и надежное оборудование.– Уголь, №8, 2000.-С. 25-29.
8. Козовой Г. И. Информационно-технологическое обеспечение инновационной деятельности угледобывающего предприятия: Автореф. дис док. техн. наук : Санкт-Петербург, 1993.- С. 36-39.
9. Яновский А. Б., Волков В. Г., Шумков С. И., Скрыль А. И. Задачи научного обеспечения реструктуризации угольной промышленности.– Уголь, №1, 1998.- С. 13-18.
10. Ардашев К. А., Розенбаум М. А. Основные положения оценки технологичности запасов шахтных полей и разработка регламента высокопроизводительной работы лав с межкомплексами .–Уголь, №10, 1999.- С. 20-23.
11. Балашов И. Б., Худин Ю. Л., Козловчунас Е. Ф. Перспективы развития подземной угледобычи на шахтах Российской Федерации.- Уголь, №11, 2000.- С. 13-19.
12. Краицин И. С., Брайцев А. В., Шатиров С. В. Оценка целесообразности внедрения камерно-столбовой системы разработки на шахтах Российской Федерации.– Уголь, №3, 1998.- С. 21-25.
13. Козлов С. В. Создание и освоение производства современного оборудования для угольной промышленности России.–Уголь, №11, 1999.- С. 50-54 .
14. Козловчунас Е. Ф., Носенко В. Д., Мышилев Б. К. Перспективы технического переоснащения очистных работ.–Уголь, 1998.- С. 34-38.
15. Разумняк Н. Л., Мышилев Б. К. Основные направления развития технологий и средств комплексной механизации очистных работ для отработки пологих угольных пластов.–Уголь, №1, 2001 . - С. 34-40.
16. Кроль Е. Т., Батраков Н. П. Опыт и задачи научного обеспечения заводов угольного машиностроения России.– Уголь, №9, 1999.- С. 56-58.
17. Франкевич Г. С., Григоренко Ю. Д., Винокуров Г. Ф. Анализ использования и состояния горно-проходческих машин на шахтах Кузбасса.–Уголь, №10, 2000.- С.45-48.

Авторы статьи:

Рыжков

Юрий Александрович
-докт. техн. наук, проф. каф. разработки месторождений полезных ископаемых

Игнатов

Евгений Владимирович
- канд.техн.наук, доц. каф. разработки месторождений полезных ископаемых

УДК 622.271:55.002.2

А.С.Ташкинов, А.А.Таюрский, Е.В.Гончаров, А.Т. Карманский

УПРОЧНЕНИЕ НЕУСТОЙЧИВЫХ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ТЕРМИЧЕСКОГО И ГАЗОТЕРМОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

При проведении горных выработок, пересекающих обводненные, неустойчивые глинистые и суглинистые породы, возникают аварийные ситуации, вызванные оползневыми явлениями в бортах карьеров, отвалов и при проходке наклонных стволов. Эффективные средства управления физико-механическими свойствами неустойчивых, обводненных массивов

отсутствуют.

Известно, что при воздействии высоких температур (700°C и выше) в карбонатных и глинистых породах образуются новые минералы, обладающие водоустойчивыми свойствами. Лессовые грунты после обжига приобретают повышенную прочность и водоустойчивость.

Практика обжига, прогрева глинистых и суглинистых пород

включает бурение скважин в упрочняемом массиве, закачку углеводородных материалов (керосин, дизельное топливо и т.д.) и кислородсодержащих газов (воздуха), что требует больших материальных и временных затрат. В связи с этим заслуживают внимания термические и газотермохимические способы воздействия.

Лабораторные исследова-

ния, проведенные в ОАО ВНИМИ, показали, что кембрийская глина при нагревании до 600-800° С приобретает кирпичный оттенок. Происходит распад глинозема и кремнезема на свободные окислы алюминия ($3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$). Взаимодействие веществ в твердом состоянии объясняется переходом ионов, расположенных на поверхности реагирующих минералов и находящихся в наименее устойчивом состоянии, от одного реагента к другому, что приводит к образованию нового минерала и повышению его прочности от 1,5-2 МПа до 20 МПа. Глина, обработанная таким способом, при температуре 600-900° С утрачивает пластические свойства, отдает связанную воду, меняет просадочность и склонность к пучению.

Характер изменения влажности и температуры прогрева модели массива из кембрийской глины маломощным термомагниевым генератором ТМГ 25/75 (m = 575 гр., q = 3,3 дж/гр, T = 2550° С) представлен на рис. 1. Модель массива представляла собой блок 370x370x370 мм, слабоуплотненный, размер зерен глины составлял от 0 до 3-5 см, начальная влажность – 3,5 %. Температура измерялась термопарами, установленными на разных расстояниях от центра блока. Представленные графики иллюстрируют возможность применения термических способов упрочнения даже сыпучего массива несмотря на малое время прогрева (~ 55 с).

Авторами проведены натурные исследования по упрочнению пород. При этом использовались два типа заряда – термитный и газотермохимический.

Термитный заряд представлял собой стальную трубу диаметром 35 мм и толщиной стенок 2,5 мм, в которую вставлены 3 термитных заряда с температурой на поверхности при инициировании ~ 800° С. Второй тип, газотермохимический кислородсодержащий заряд

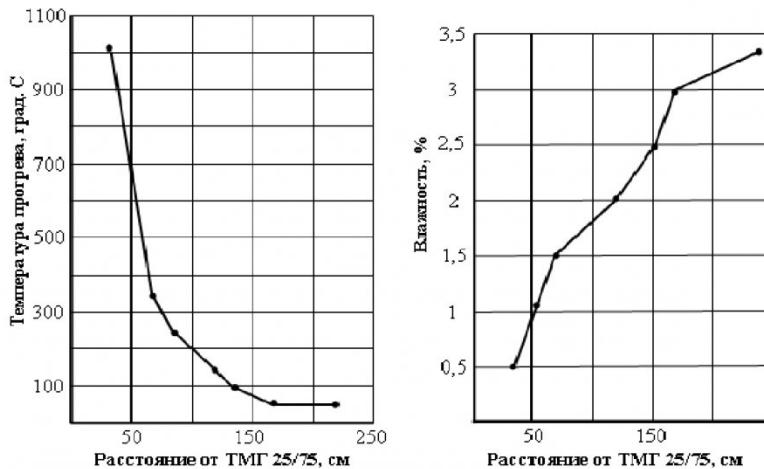


Рис. 1. Изменение температуры и влажности кембрийской глины от расстояния до источника нагрева

(БУР -02У), снаряжен кислородсодержащими элементами на основе прессованных перхлоратов с целью окисления угольных или углеводородсодержащих веществ в скважинах.

Заряд БУР - 02У предназначен для создания зон интенсивного тепловыделения в скважинах за счет экзотермической реакции генерируемой кислородом разогретым до температуры 400-500° С с углеводородным или угольным веществом. При собственной массе 14 кг количество связанного кислорода составляет 4 кг. Габаритные размеры 61x1300 мм. Заряд может быть оснащен инициатором ударного, электрического действия или огнепроводным шнуром.

Испытания термитного заряда проводились на шахте "Талдинская - Южная". Заряд

вставлялся в шпур, пробуренный в обводненный супесно-суглинистый массив забоя флангового наклонного ствола. Всего было установлено 3 заряда, включение которых производилось последовательно через 15-25 мин. В результате термической обработки отмечено изменение влажности и физико-механических свойств массива. Результаты исследований приведены в таблице.

В условиях участка "Берёзовский" разреза "Калининский" проведены предварительные исследования по упрочнению пластичных желтых глин газотермохимическим зарядом. Заряд устанавливался в скважине диаметром 130 мм на глубину 1700 мм. Свободное пространство между стенками заряда и скважиной заполнялось окисленным углем марки Т. Отбор

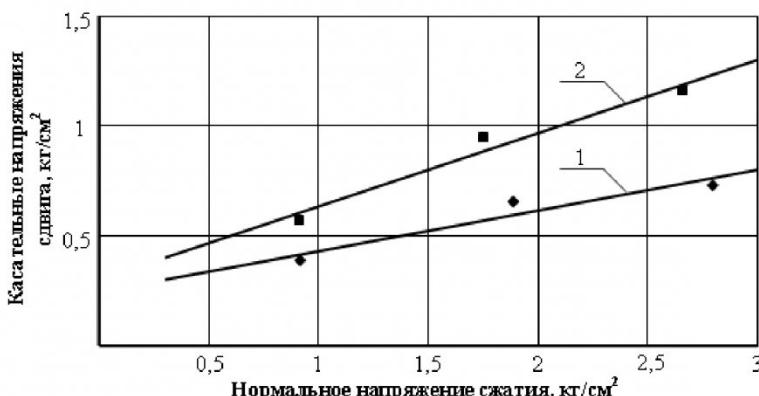


Рис. 2. Паспорт прочности желтой глины разреза «Калининский»:
1, 2 – соответственно до и после температурного воздействия

Таблица
Результаты натурных исследований по упрочнению пород

Место испытаний	Состояние проб	Плотность, ρ , т/м ³	Сцепление, Т/м ²	Угол внутреннего трения, ϕ , град.
Шахта "Талдинская - Южная"	до воздействия	1,8	1,0	25
	после воздействия на расстоянии, м: 0,12	1,58	4,4	31,5
	0,20-0,25	1,63	2,3	27
	0,50-0,70	1,96	1,2	18
Разрез "Калининский"	до воздействия	2,05	2,8	9
	после воздействия	1,98	3,0	18

проб для исследований физико-механических свойств и контроль температуры до и после прогрева осуществлялся на удалении 0,3, 1,0 и 1,5 м от центра заряда.

На рис.2 представлен паспорт прочности глин участка "Березовский" до и после температурного воздействия на них.

Результаты исследований изменения физико-механических свойств глин при применении термического и газотермохимического зарядов приведены в таблице.

Из приведенной таблицы видно, что в области воздействия до 30 см от термического заряда породы имеют повышенные значения угла внутреннего трения, коэффициента сцепления и пониженное значение влажности. Визуальные наблюдения показывают, что породы на расстоянии 50-70 см от заряда на короткое время до 1,5 часа имеют свойства, характерные для пород с повышенной влажностью, что по мнению авторов связано с фильтрацией абсорбированной в породе воды и притоком свободной воды в область

воздействия. Общий радиус воздействия единичного заряда составлял ~ 1м. После воздействия отмечено свободное истечение воды из шпуров в течение 1-2 суток, что является следствием перехода абсорбированной воды в свободное состояние.

При газотермохимическом воздействии наблюдался интенсивный процесс выделения кислорода с температурой не ниже 400⁰ С, что привело к спеканию и сгоранию угля и органических веществ глины. Горение заряда продолжалось 5 мин. Горение и окисление угля более 30 мин. Температура глин в зоне воздействия с начальной в 1⁰ С повысилась до 2,1⁰ С на удалении 30 см от заряда и до 1,7⁰ С на удалении 1, 5 м за 15 мин. Коэффициент сцепления глины практически не изменился, а угол внутреннего трения с 9⁰ возрос до 18⁰.

Таким образом, результатами лабораторного моделирования и натурных исследований доказана возможность применения термитных зарядов для упрочнения не только сплошных неустойчивых массивов, но и слабо уплотненных.

Использование термитных и кислородсодержащих зарядов приводит к значительному понижению влажности, увеличению коэффициента сцепления и угла внутреннего трения неустойчивых массивов и, естественно, к повышению их устойчивости. Термические и кислородсодержащие заряды просты в применении и безопасны в работе. При их использовании отпадает необходимость в сложном оборудовании, применяемом для прогрева с подачей природного газа или углеводородного топлива.

Для количественной оценки температурного прогрева и изменения механических свойств пород на основе воздействия термитными и газотермохимическими средствами изучение должно производиться индивидуально в соответствии с условиями конкретного месторождения. Инициирование должно осуществляться одновременно для всех излучателей. Имеется возможность создать оборудование, использование которого позволит увеличить область упрочнения в 5-7 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коротков Д.В. Производство работ по термоупрочнению грунтов. – М.: Стройиздат, 1983.
2. Юрданов А.П. Термическое упрочнение грунтов в строительстве. – М.: Стройиздат, 1990.

□ Авторы статьи:

Ташкинов Александр Сергеевич -докт.техн.наук,проф. каф. открытых горных работ	Таюрский Алексей Альбертович - зав.лаб.устойчивости бортов Сибирского филиала ВНИМИ (г. Прокопьевск)	Гончаров Евгений Владимирович - канд.техн.наук, зав.лаб.методики маркшейдерского дела ВНИМИ (г. Санкт-Петербург)	Карманский Александр Тимофеевич - канд.техн.наук, с.н.с..лаб.методики маркшейдерского дела ВНИМИ (г. Санкт-Петербург)
--	---	--	---