А.В. Чубриков, С.В. Риб

Сибирский государственный индустриальный университет

РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ КУЗБАССА

При подземной разработке угольных пластов важное значение имеет устойчивое состояние горных пород на контуре горных выработок. Как показывает горная практика, на шахтах Кузбасса подземные горные работы часто ведутся в слабых, трещиноватых, сильно нарушенных и обводненных породах. Традиционные способы крепления оказываются здесь недостаточно эффективными. Увеличение количества обрушений пород с возрастанием глубины разработки и недостаточная изученность механических процессов в массиве требуют разработки и обоснования технологий упрочнения пород. Таким образом, управление состоянием горного массива для обеспечения его устойчивости является важнейшей задачей горного производства.

Анализ горно-геологических условий залегания угольных пластов Кузбасса показал, что значительная часть пластов имеет дизъюнктивную нарушенность и собрана в антиклинальные и синклинальные складки, а также поражена размывами. В этих зонах прочность горных пород резко снижается, что отрицательно сказывается на состоянии горных выработок. Перечисленные факторы снижают эффективность применения дорогостоящего проходческого и очистного оборудования, а также ухудшают безопасность работ. Это значит, что повышение технико-экономических показателей напрямую зависит от уровня управления геомеханическими процессами.

В результате анализа производственного опыта установлено, что:

- объем проведения капитальных и подготовительных горных выработок в зонах геологических нарушений на шахтах Кузбасса составляет до 25 – 30 %;

- горные крепи в этих условиях часто не обеспечивают устойчивость горных выработок;

- в качестве основного средства поддержания выработок в устойчивом состоянии в нарушенных породах используется упрочнение вмещающего породного массива.

Широкое распространение в угольной промышленности при подземной разработке по-

лучило упрочнение массива горных пород путем введения в трещины различных веществ. В качестве упрочняющего материала применяются цементные растворы, силикатные и полиуретановые смолы. Например, упрочняющий состав полиуретановых смол обладает высокой проникающей способностью, эти смолы при нагнетании под давлением заполняют 90 – 95 % всех имеющихся в массиве трещин. Вспениваясь, полиуретан создает дополнительный распорный эффект, что улучшает связи между блоками массива и повышает его прочностные свойства.

Развитие и становление применения полимерных технологий на шахтах связано, прежде всего, с запросами горного производства и изменяющимися условиями горных работ:

- с повышением безопасности горных работ;
- с повышением эффективности технологических процессов;

- с изменением горно-геологических условий разработки угольных месторождений;

- с изменением горнотехнических условий эксплуатации шахтных полей.

Под влиянием этих обстоятельств в последние годы сформированы и активно разрабатываются различные направления использования полимерных технологий (см. таблицу).

Из всех применяемых смол широкое распространение получили полиуретановые и органоминеральные (силикатные) смолы, которые применяются для укрепления горных массивов как породных, так и угольных. В результате обеспечивается монолитность массива горных пород, которая позволяет проводить выработку без рисков обрушения (куполообразования). Следует отметить, что ликвидация купола по материальным затратам и по времени в десятки раз дороже и дольше опережающего инъекционного упрочнения. Эти смолы имеют высокую начальную скорость химической реакции при смешивании двух компонентов, хорошую проникаемость в трещиноватость массива и высокую адгезию, очень быстро набирают необходимую прочность отверж-

Направления использования полимерных технологий

Номер	Полимерная технология	Сущность работ
1	Упрочнение горного массива	Нагнетание полимерных смол
2	Предотвращение вывалов и отжимов горных пород	Нагнетание полимерных составов
3	Крепление горных выработок	Анкерование с применением современных полимерных технологий; применение анкеров глубокого заложения с полным заполнением шпуров органоминеральными смолами
4	Изоляция горного массива от выветривания, окисления, разрушения, самовозгорания	Набрызг специальными латексно-цементными составами
5	Аэроизоляция и тампонаж горных выработок	Возведение вентиляционных и взрывоустойчивых перемычек специальными химическими и пенными цементными составами
6	Заполнение куполов и пустот	Тампонаж вспенивающимися составами
7	Гидроизоляция	Нагнетание быстрореагирующих смол в горный массив при обильном водопитоке

денного состава, хорошо работают в обводненных условиях.

Рассмотрим некоторые из направлений использования полимерных технологий.

Крепление горных выработок

Простотой технологии закрепления и высокими физико-механическими свойствами полиэфирных смол объясняется широкое применение сталеполлимерных анкеров в России. На ряде шахт Кузбасса около 95 % всех выработок крепят анкерной крепью.

Большая работа по совершенствованию анкерной крепи проведена за рубежом. Постоянное увеличение глубины разработки и степени изрезанности месторождения выработками ограничивали использование чисто анкерной крепи в пластовых штреках немецких шахт [1]. Позиция такова: если анкер быстро устанавливается сразу же после обнажения кровли и боков, то деформации в массиве будут минимальны. Поэтому предпочтение отдается системе комбинированной крепи с последовательностью операций: анкерование, установка арочной крепи, заполнение закрепного пространства строительными смесями и инъекционное упрочнение пород.

Возможность применения анкерной крепи как самостоятельной в сложных условиях можно установить методом математического моделирования геомеханических процессов [2, 3] с последующей апробацией результатов при проведении и креплении горных выработок на

шахте в конкретных горно-геологических условиях.

Уже около десяти лет на угольных шахтах применяется двухуровневая схема анкерного крепления канатными анкерами типа АК01 и АК02. Канатный анкер закрепляется ампульным или нагнетательным способом. При ампульном способе могут использоваться ампулы с полиэфирной смолой или минеральной композицией. Необходимо отметить, что дополнительное упрочнение кровли анкерами второго уровня в период проходки исключает возможность вывалов кровли, тем самым повышает безопасность и эффективность работ [4].

Упрочнение горного массива

В направлении обеспечения устойчивости капитальных и подготовительных горных выработок в различных горно-геологических и горнотехнических условиях в лабораторных и натуральных условиях проведен комплекс экспериментальных исследований [5], показавших возможность упрочнения породных массивов твердеющими смесями.

Эффективным способом предотвращения вывалов угля и пород кровли при переходе очистным механизированным комплексом нарушенных участков является упрочнение нарушенного массива при помощи полимерных смол. Это подтверждается опытом нескольких шахт Кузбасса («Сибиргинская», «Большевик», «Алардинская» и др) [6, 7].

Представляет интерес ситуация, когда массив, переведенный в результате упрочнения в объемное напряженное состояние, практически не имеет трещин, он не является удароопасным, так как способен выдерживать без разрушения большие нагрузки.

В другой горнотехнической ситуации изменения напряжений и деформаций впереди лавы (от влияния опорного давления) определяют проницаемость массива, что диктует при расчете параметров упрочнения необходимость учитывать закономерности фильтрационных и деформационных свойств массива [8].

В работе [9] предлагается применение интегрированных в массив систем комбинированного крепления горных выработок, обладающих эффектом консолидации [лат. consolidatio, от con (cum) – вместе, заодно и solido – уплотняю, укрепляю, сращиваю]. При этом максимальный эффект консолидации приконтурного массива горных пород с технической точки зрения может быть достигнут при применении, например, инъекционного упрочнения в сочетании с анкерной крепью.

Оценить возможность эффективного использования упрочнения, обеспечивающего устойчивость выработки, представляется возможным в процессе многовариантного численного моделирования на ЭВМ [10], результаты которого легли в основу методики графического определения толщины упрочненной оболочки пород для наиболее распространенных горно-геологических условий.

Изоляция горного массива от выветривания, окисления, разрушения, самовозгорания

В Кузбассе имеется опыт применения на угольных шахтах полимерного покрытия «Текфлекс». Так, с целью профилактики самовозгорания угля была проведена обработка бочков и кровли подготовительных выработок на некоторых шахтах. Для предотвращения просочивания воздуха и уплотнения изолирующих перемычек материал «Текфлекс» успешно применялся на шахтах «Большевик», «Полысаевская» и «Комсомолец».

Дальнейшее развитие полимерных технологий связано с решением задач в следующих направлениях:

- поиск новых и модернизация существующих инъекционных составов, более экономичных, экологичных и эффективных;
- оптимизация параметров технологии инъекционного упрочнения;
- улучшение существующего и разработка нового оборудования;

- совершенствование органоминеральных составов для стабилизации угольных массивов методом смолоинъекции;

- разработка технологии по химическому упрочнению целиков угля с целью изолирования источников газовой выделенности и водопритоков в действующие выработки;

- разработка методики оценки состояния пород в зависимости от специфики решаемой задачи и обоснование выбора полимерных технологий в различных горнотехнических условиях;

- изучение влияния параметров трещиноватости массива горных пород на радиус распространения в нем упрочняющих составов;

- разработка способов воздействия на массив горных пород по созданию благоприятных условий для распространения полимерных составов в актуальных зонах.

В целом на обработанных полимерными составами участках горных пород существенно повышается безопасность за счет предотвращения возникновения вывалов пород и угля, что значительно снижает травматизм в выработках и обеспечивает ритмичную, стабильную и прибыльную работу угольного предприятия.

Выводы. Обозначена актуальность использования полимерных технологий на угольных шахтах Кузбасса. Перечислены направления применения полимерных технологий в настоящее время: упрочнение горного массива, предотвращение вывалов и отжимов горных пород, крепление горных выработок, изоляция горного массива от самовозгорания, аэроизоляция и тампонаж горных выработок, заполнение куполов и пустот, гидроизоляция. Рассмотрена сущность упрочнения горного массива упрочняющими составами, из которых широкое распространение получили полиуретановые и органоминеральные (силикатные) смолы. Поставлены задачи для совершенствования применяемых полимерных технологий на угольных шахтах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А й к х о ф ф Ю. Техника и технология анкерного крепления в системе штрековой крепи // Глюкауф. 2008. № 2 (3). С. 28 – 35.
2. Р и б С.В., Б о р з ы х Д.М., Н и к и т и н а А.М. Обоснование параметров анкерного крепления горных выработок, проводимых по 1-му слою пласта III в условиях дизъюнктивных и пликтивных нарушений с дробленными и обводненными породами в условиях ОАО «Шахта «Сибиргинская» // Вестник СибГИУ. 2013. С. 62 – 67.

3. Калинин А.Р. Эффективность использования метода математического моделирования при определении рациональных параметров инъекционного упрочнения неустойчивого горного массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2000. № 8. С. 25 – 27.
4. Ануфриев В.Е., Барковский В.В., Власенко Б.В., Харитонов В.Г., Цыцаркин В.Н. Исследования свойств новых типов анкеров для упрочнения приконтурного массива горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. № 1. С. 110 – 116.
5. Хямляйнен В.А., Бурков Ю.В., Сыркин П.С. Формирование цементационных завес вокруг капитальных горных выработок. – М.: Недра, 1996, – 400 с.
6. Чубриков А.В., Марков А.С., Хрипков В.В. Технология упрочнения зон нарушения полимерной смолой для сохранения высоких нагрузок на очистной забой // Уголь. 2005. № 5. С. 44 – 49.
7. Дыскин А.И., Риб С.В., Никитина А.М., Любогощев В.И. Разработка способа перехода разрывного нарушения комплексно-механизированным забоем в условиях ООО «Шахта «Алардинская». – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научн. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 29 – 31.
8. Клишин Н.К., Склепович К.З. Геомеханические основы упрочнения горных пород на сопряжениях лав с выработками // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 4. С. 188 – 190.
9. Майоров А.Е. Упрочнение и напряженное армирование приконтурного массива горных пород при проходке горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 3. С. 326 – 331.
10. Бурков Ю.В. Совершенствование методики определения основных параметров инъекционного упрочнения породных массивов // Вестник Кузбасского гос. техн. ун-та. 2012. № 4 (92). С. 40 – 42.

© 2016 г. А.В. Чубриков, С.В. Риб
Поступила 01 июня 2016 г.

УДК 622.831

В.О. Шеховцова

Сибирский государственный индустриальный университет

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ СЛЕПЫХ СБЛИЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Основная часть разведанных запасов перспективных железорудных месторождений Горной Шории представлена слепыми рудными залежами, которые в большинстве случаев являются сближенными. При их отработке происходит активизация процессов сдвижения подработанных пород и возникают зоны опасных сдвижений при взаимном влиянии выработанных пространств.

Отработка слепых рудных тел, в основном, ведется высокопроизводительными системами разработки с принудительным обрушением руды и вмещающих пород. Если слепые рудные залежи залегают на небольшой глубине от

земной поверхности или налегающие породы неустойчивые, то полное их самообрушение происходит в естественных условиях.

Однако разработка слепых залежей в устойчивых породах или на больших глубинах связана со сложностью управления горным давлением вследствие зависания пород кровли над пустотами значительных объемов после выпуска руды. Такая ситуация возникает при устойчивых, не склонных к самообрушению породах в пределах свода естественного равновесия. В этом случае состояние горного массива и земной поверхности является опасным, так как создается угроза промышленной и эко-