Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVII, вып. 1, 1969 г.

УПРОЧНЕНИЕ УГОЛЬНОГО МАССИВА СМОЛИЗАЦИЕЙ

И. Г. Шелехов

При разработке мощных угольных пластов Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса встречается большое число геологических нарушений (20—60% от общей площади вынимаемых пластов), причем относительное развитие нарушений возрастает с увеличением глубины работ. При проведении выработок в таких зонах происходят крупные вывалы угля, в результате чего повышается опасность производства работ, существенно осложняется проходка и последующая очистная выемка. Уголь в нарушенных зонах и на некотором расстоянии от них имеет малую прочность (менее 10 *кг/см*^{2}). Зона ослабленных пород и угля дизъюнктивного нарушения обычно распространяется на 12—15 *м* в каждую сторону. Горные выработки в зонах нарушений приходится неоднократно перекреплять, что приводит к неизбежному удорожанию работ. Упрочнение угольного массива нагнетанием в него химических растворов повысит устойчивость обнажений угля в подготовительных выработках. Таким способом можно упрочнять тонкотрещиноватые горные породы с коэффициентом фильтрации менее 1 *м/сутки*. Цементация в этих случаях не дает положительного эффекта.

Анализ некоторых работ [1, 2] и выполненных в ЛГИ исследований показывает, что угольный массив вокруг горных выработок можно упрочнять растворами синтетических смол. Они должны обладать следующими свойствами: небольшой вязкостью, а следовательно, высокой проникающей способностью; определенными сроками гелеобразования (0,5—4 *ч*), которые выбираются в зависимости от технологии работ и физических характеристик угольного массива; достаточно высокой адгезионной способностью и прочностью после отверждения, обеспечивающей, как минимум, приближение прочности упрочненного массива к прочности ненарушенного угля.

Лабораторные исследования упрочнения угля смолизацией производились на образцах, взятых из нарушенных и ненарушенных зон пласта на шахте „Красногорская" комбината Кузбассуголь. Упрочненный уголь испытывался на сжатие, изгиб и растяжение. Эксперименты показали, что мочевино-формальдегидные смолы МФ-17 и КМ по сравнению с другими (полиэфирной смолой ПН-3,Б и эпоксидной ЭД-5) дают меньший упрочняющий эффект, но имеют ряд важных достоинств: разбавляются водой до любой концентрации, допускают регулирование сроков гелеобразования в широких пределах, слаботоксичны и взрывобезопасны, относительно недефицитны и недороги. В настоящее время для упрочнения угольного массива целесообразно применение мочевино-формальдегидных смол. При этом наибольшая прочность обеспечивается при растворе, содержащем 60—70% смолы (рис. 1).

В шахтных условиях экспериментальное упрочнение угля производилось в нарушенной зоне пласта IV Внутреннего на шахте „Красногорская“ при проходке минусового штрека. Пласт мощностью 6—8 *м* слабо обводнен; угол падения его 55—58°. Непосредственной кровлей и почвой пласта является трещиноватый алевролит мощностью 2,5—4 *м* в кровле и до 2 *м* в почве. Выше залегает пласт „Проводник“. Основная почва—плотный песчаник. На 13—20 *м* ниже пласта IV Внутреннего залегает пласт III Внутренний. Штрек проводился по пласту буровзрывным способом на расстоянии 2 *м* от висячего бока. На экспериментальном участке штрек на 2/3 сечения проходился по нарушению. Температура воздуха в забое штрека составляла 19—20° С, а в массиве угля 9°С.

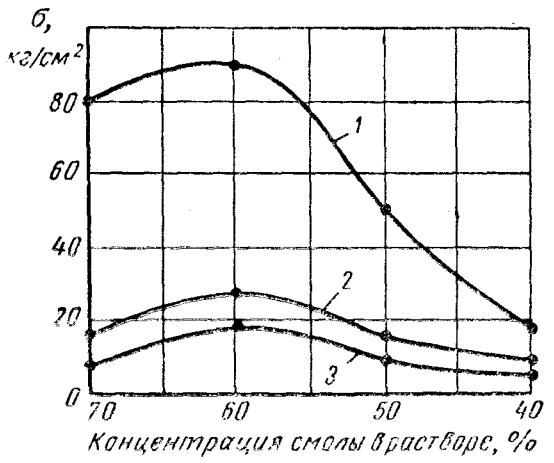


Рис. 1. Зависимость прочности образцов из углебетона от концентрации смолы МФ-17 в растворе:
1—сжатие; *2*—изгиб; *3*—растяжение.

В угольный массив по скважинам диаметром 42 *мм* и длиной 1,8—2,0 *м* (рис. 2), расположенным на расстоянии 0,7—0,8 *м* одна от другой, нагнетался 45—50% водный раствор смолы МФ-17 с удельным весом 1,18—1,19 *г/см*³ и вязкостью 31—38 ССТ (при температуре 20° С). В растворе на 100 частей смолы МФ-17 63% концентрации вводилось в качестве отвердителя 24 части 10% раствора щавелевой кислоты.

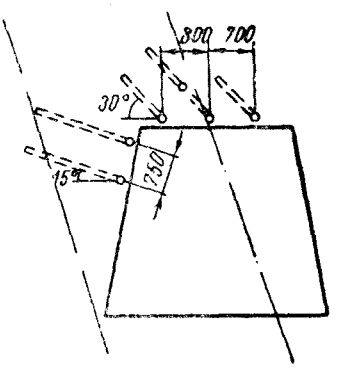


Рис. 2. Схема расположения скважин для нагнетания упрочняющего раствора.

На первом этапе шахтных экспериментов раствор более высокой концентрации (60—70%) не применялся вследствие повышенной его вязкости и меньшей проникающей способности.

Раствор нагнетался шестеренчатым насосом НШ-10 производительностью 10 *л/мин* при максимальном рабочем давлении 135 *кг/см*² через инъектор с открытым торцом и механическим распором манжет. Компоненты смеси в течение 1—2 *мин* перемешивались электросверлом в сосуде емкостью 6 *л*, после чего раствор переливался в приемный бак насоса. На приготовление 12 *л* раствора затрачивалось в среднем 6—8 *мин*. В процессе производственного эксперимента по упрочнению массива угля было пройдено 7,2 *м* штрека—четыре заходки по 1,8 *м* (см. таблицу). Нагнетание раствора в каждой заходке выполнялось в течение одной смены. К прохождению очередной заходки приступали через сутки после нагнетания раствора. Через 10 дней после нагнетания смолы в кровлю и бок выработки были пробурены колонковые скважины диаметром 90 *мм*. Из полученных кернов изготовлены образцы размерами 5×5×5 *см* для механических испытаний. Предел прочности на сжатие упрочненного угля (возраст 28 суток) составил в среднем 50 *кг/см*² при нагружении образцов

перпендикулярно напластованию. Прочность угля до упрочнения не была определена вследствие невозможности изготовления образцов из нарушенного угля.

Основные данные, характеризующие процесс нагнетания упрочняющего раствора

Заходки	Скважины	Расход раствора, *л*	Время нагнетания в одну скважину, *мин*	Давление при нагнетании, *ати*	Длина скважины, *м*	Длина фильтрирующей части скважины, *м*
I	1	11	0—45	40	1,8	1,0
	2	22	2—25	80—60	1,8	1,0
	3	22	2—15	15	1,8	1,0
	4	24	2—25	4	1,6	0,8
	5	36	5—00	10	1,6	0,8
II	2	16,5	2—50	25	1,8	1,0
	4	17,5	2—10	10	1,8	1,0
	5	35	5—40	20	1,8	1,0
	6	18,5	3—30	50	1,65	0,85
III	1	20	2—05	20	2,0	1,2
	2	13	2—00	20	2,0	1,2
	3	25	3—50	20	2,0	1,2
	4	6	1—30	20	2,0	1,2
	5	26	3—00	5	2,0	1,2
IV	1	18	2—30	4	1,6	0,8
	3	34	4—20	12	2,0	1,2
	4	26	2—50	6	2,0	1,2
	5	7	0—50	15	2,0	1,2

Для изучения фильтрационных свойств угля после его упрочнения из полученных кернов дополнительно изготовлялись образцы размерами 5×5×5 *см*. Образец укреплялся в специальной кассете [3] битумной замазкой. Кассета с образцом подсоединялась к баллону ОРП-Г, который использовался ранее для определения коэффициента фильтрации массива. В баллон заливалось 5—11 *л* воды и давление в нем доводилось ручным насосом до 3,5 *ати*. Под этим постоянным давлением вода пропускалась через кассету с образцом. Для расчета коэффициента фильтрации использовалось уравнение ламинарного движения воды (закон Дарси)

$$K_{ф}=\frac{Ql}{HtF},$$

где Q—объем просочившейся через образец воды за время t, $м^3$; l—высота образца, *м*; F—площадь сечения образца, $м^2$; H—давление нагнетаемой воды, *м. вод. ст.*; t—время нагнетания воды, *сек.*

Поверхности ослаблений в образцах ориентировались параллельно и перпендикулярно направлению фильтрации.

Лабораторные исследования позволили сделать следующие выводы: 1) коэффициент фильтрации в образцах из упрочненного угля

в направлении, параллельном плоскости наслоения, в 6—15 раз меньше, чем в образцах из неупрочненного угля, а в направлении, перпендикулярном плоскости наслоения—в 2 раза; 2) проникающая способность водного раствора смолы в угле значительно выше в направлении, параллельном плоскости наслоения, чем перпендикулярном. Для увеличения зоны упрочнения угольного массива инъекционные скважины необходимо располагать перпендикулярно или под некоторым углом к направлению основной системы трещин и плоскостей наслоения.

Керновое бурение в зоне упрочненного угля позволило ориентировочно определить радиус распространения упрочняющего раствора относительно продольных осей скважин, который достигал в среднем 0,75 *м*.

На экспериментальном участке были проведены также исследования воздухопроницаемости массива угля до и после его упрочнения. Для этого в пробуренные для установки глубинных реперов скважины глубиной 4 *м* и диаметром 42 *мм* последовательно помещали на расстояниях от 0,5 до 2 *м* в герметизатор с боковым выпуском воздуха на длине 0,3 *м* и замеряли время падения давления в баллоне емкостью 24 *л* от 3,5 до 1 *ати*. Опыты показали, что оно в результате упрочнения массива увеличивалось в 2—4 раза на глубинах от 0,5 до 1,5 *м*. Это свидетельствует о возможности уплотнения массива и противопожарных перемычек в целях газоизоляции нагнетанием в них растворов смолы.

Рассматриваемый минусовый штрек в зонах нарушений обычно крепился сплошной деревянной рамной крепью, причем большой объем работ приходилось выполнять по забутовке вывалов нарушенного угля из кровли и боков. Прямые затраты на крепление штрека при этом согласно ориентировочным расчетам составляли 48—50 *руб/м*. После упрочнения появилась возможность крепления штрека спаренными деревянными рамами с шагом 1 *м*. При этом прямые затраты на крепление с учетом расходов на упрочнение массива смолой МФ-17 определялись в 44—46 *руб/м*.

Выводы

1. Экспериментальными работами на пласте IV Внутреннем доказана возможность упрочнения массива угля вокруг подготовительных выработок для повышения их устойчивости способом смолизации.

2. Мочевино-формальдегидная смола МФ-17 дает удовлетворительный упрочняющий эффект и может быть рекомендована для упрочнения массива угля, так как имеет ряд достоинств перед другими смолами: разбавляется водой до любой концентрации, допускает регулирование сроков гелеобразования в широких пределах, относительно недефицитна и недорога.

3. Экспериментальные работы в шахте показали, что воздухопроницаемость массива в результате упрочнения снизилась в 2—4 раза, что свидетельствует о возможности применения смолизации для газоизоляции выработок в местах установки противопожарных перемычек.

4. Прямые затраты на крепление пройденного по нарушению штрека с учетом расходов на упрочнение массива угля смолой МФ-17 не превышают затрат на крепление без упрочнения, при этом безопасность ведения проходческих работ повышается, поэтому применение рассмотренного метода несомненно можно признать перспективным.

5. Упрочнение угольного массива синтетическими смолами в сочетании со штанговой крепью позволит не только повысить устойчивость выработок, но и снизить затраты на их поддержание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов В. В. Химический способ укрепления горных пород. Недра, 1965.
2. Зырянов А. Г. Закрепление пород с помощью полимера. Бюлл. цв. металлургии № 21 (170), 1960.
3. Ищук И. Г. Нагнетание воды в пласт как средство ослабления угольного массива. РТП ИГД им. А. А. Скочинского, 1962.