

нко П.В., Кіжло Л.А.; заявник і патентовласник ІГТМ НАНУ; Заявл. 26.04.2010; Опубл. 11.10.2010, Бюл. №19. – 3 с.

2. Надутый В.П. Определение зависимости эффективности грохочения от конструктивных параметров вертикального вибрационного грохота / В.П. Надутый, П.В. Левченко // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 45 (86). – С. 43–48.

3. Надутый В.П. Результаты экспериментальных исследований зависимости производительности вертикального вибрационного грохота от его конструктивных параметров/ В.П. Надутый, П.В. Левченко// Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні: Укр. міжвід. наук.-техн. зб. держ. ун-ту "Львівська політехніка". – Львів. – 2011. – Вип. 45. – С.24–29.

4. Надутый В.П. Влияние режимных параметров на производительность вертикального вибрационного грохота / В.П. Надутый, П.В. Левченко, И.П. Хмеленко // Научно-технический сборник НТУ "ХПИ" 2011. – Вып. № 50. – С. 114-120.

5. Франчук В.П. Определение зависимости эффективности грохочения от режимных параметров вертикального вибрационного грохота/ В.П. Франчук, В.П. Надутый, П.В. Левченко// Вібрації в техніці та технології: Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця, 2011. – Вип. 2(62). – С. 73–76.

6. Надутый В.П. Влияние характеристик горной массы на эффективность классификации вертикального вибрационного грохота/ В.П. Надутый, П.В. Левченко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ. – 2011. – Вип. 93. – С. 81-86.

7. Кухарев В.Н. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении: Учебник / В.Н. Кухарев, В.И. Салли, А.М. Эрперт. – К.: Выща шк., 1991.–303с.

8. Бююль А., Цефель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: Пер. с нем. – СПб.: ООО «Диа-СофтЮП», 2005. – 608 с.

УДК 622.284:678.029.46

Канд. техн. наук С.П. Мусиенко
(ІГТМ НАН України)

К РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ГЕОКОМПОЗИТНЫХ ОХРАННЫХ СИСТЕМ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

У статті розглянуто відмінності використання особливо тонко дисперсних в'язучих (ОТДВ) у підземних умовах для створення елементів геокомпозитних конструкцій

TO DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF ERECTION GEOCOMPOSIT SECURITY SYSTEMS OF MINE WORKINGS

In article the differences of the use especially thinly of dispersible astringent are considered in underground terms for creation elements of geocomposit constructions

Крепление выработок на больших глубинах в сложных горно-геологических условиях не может быть эффективным при использовании только одного вида крепи. Задача специалистов в области геомеханики состоит в создании адаптивных комбинированных охранных систем, базирующихся на эффекте синергизма (взаимного усиления действия отдельно взятых элементов системы), в которых геокомпозитные конструкции будут являться ключевыми звеньями

Укрепление трещиноватого массива в ближней приконтурной зоне выработок путем инъецирования твердеющих растворов можно отнести к технологии созданию геокомпозитных конструкций. При этом структура расположения армирующих элементов в матрице определяется детерминированной составляющей, в соответствии со схемой расположения шпуров для установки инъекторов и случайной – определяемой положением трещин в массиве. Зарубежный опыт в указанном направлении представлен преимущественно использованием полимерных материалов: в Польше - дьюрафоама, визофоама, в Германии -

беведола, бевефилла, вильфлекса, вилькита, в России – КФ-Ж. Институтом УкрНИМИ разработан и успешно апробирован в производственных условиях отечественный полимерный состав СКАТ. Однако, расширение сферы использования полимерных материалов не вытесняет полностью более простые и дешевые технологии, базирующиеся на использовании цементных и цементно-песчаных растворов [1]. Следует отметить, что в последнее время на рынке Украины появились вяжущие материалы на неорганической основе для выполнения специальных работ в строительстве. Водные суспензии на основе таких вяжущих обладают высокой проникающей способностью в поровую структуру растворов, бетонов и грунта с последующим затвердеванием. Особо тонкодисперсные вяжущие (ОТДВ) являются порошками со специально подобранным минеральным и гранулометрическим составом. Это обеспечивает высокую водоудерживающую способность и реологические характеристики, соизмеримые с реологией обычной воды.

Таким образом, ОТДВ можно рассматривать как альтернативу жидкому стеклу и полимерным композициям (эпоксидной, карбамидной, фенолформальдегидной и др.) со следующими преимуществами:

- долговечность;
- экологическая чистота;
- однородность с обычными цементами по составу;
- совместимость с бетоном и железобетоном;
- возможность выполнения работ в условиях обводненных и водонасыщенных конструкций и грунтов;
- простая и удобная технология приготовления и инъектирования суспензии.

Большой интерес представляет использование особо тонкодисперсных минеральных вяжущих, таких как Micro-Con 450 & 700 и «МИКРОДУР».

Технология изготовления Adi-Con ® CSF разработана и освоена специалистами фирмы MANUFACTURER Gemite® Products Inc.

Adi-Con ® CSF цементы предназначены главным образом для заливки раствором и введения в водонепроницаемые, затвердевшие и герметизированные:

- изломленные напластования камня
- напластования песка и грунта
- подземные туннели
- плотины
- мелкопористые напластования (песок, аллювиальные осадки)
- фундамент и стены
- вспомогательные объемы ядерных отходов
- объемы для опасных отходов
- нефтяные колодцы
- бетон (восстановление)
- исторические здания (восстановление)
- разделение, люки (восстановление)

Технические данные Adi-Con CSF приведены в табл. 1

Таблица 1 - Технические данные Adi-Con CSF

Свойства	RS450	RS700
Площадь поверхности, м ² /кг	450	700
Средний размер частиц, микрон	12	8-10
Регулируемое начальное отверждение	от 15 мин до 2 час	От 2 мин до 2 час
Компрессионная прочность 28 дней, МПа	>40	>70
Удельный вес	2.97	2.97

Adi-Con CSF цементы - это мелко размолотый модифицированный материал, базирующийся на портландцементе. Регулирование отвердевания достигается изменением количества добавки-замедлителя (флегматизатора) в жидком растворе. Кроме этого эксплуатационные качества, рабочие характеристики возрастают (стабилизация жидкого раствора, ослабление из-за примесей в воде, микрокварца) при использовании добавок, поставляемых Gemite Products Inc. Adi-Con CSF цементы демонстрируют превосходную проницаемость. Регулирование скорости отверждения позволяет увеличивать время применения. Это очень важно при использовании раствора на больших расстояниях и низкой проходимости материалов.

ОТДВ «МИКРОДУР» является порошком со специально подобранным минеральным и гранулометрическим составом. Это обеспечивает высокую водоудерживающую способность и реологические характеристики, соизмеримые с реологией обычной воды.

Технология изготовления ОТДВ «МИКРОДУР» разработана и освоена специалистами фирмы «INTRA-BAU GmbH» совместно со специалистами концерна «Dyckerhoff AG» (г. Висбаден, Германия) и защищена Европейским патентом. ОТДВ «МИКРОДУР» производится посредством оснащения мельничных установок воздушно-центробежными сепараторами, предназначенными для отделения соответствующих фракций при помоле клинкера, шлаков или других минеральных продуктов, которые применяются при производстве портландцементов.

Производится четыре основных марки ОТДВ МИКРОДУР, различающихся по гранулометрическому составу:

«X» — при $D_{95} \leq 6$ мкм (удельная поверхность 24 000 см²/г);

«U» - при $D_{95} \leq 9,5$ мкм (удельная поверхность 16 000 см²/г);

«F» - при $D_{95} \leq 16$ мкм (удельная поверхность 12 000 см²/г);

Кроме того, представленные марки ОТДВ МИКРОДУР подразделяются также на различные сорта в зависимости от вида исходного клинкера и добавок.

Характеристики ОТДВ «МИКРОДУР» и суспензий на его основе обеспечиваются благодаря тщательной последующей гомогенизации многокомпонентной смеси порошков. Наилучшей качественной характеристикой ОТДВ «МИКРОДУР» является ограничение максимального диаметра частиц вяжущих, содержание которых в смеси должно быть не меньше 95%. Например, для ОТДВ «МИКРОДУР» марки «X» содержание частиц, диаметр которых превышает 6 мкм, должен составлять не больше 5%, т.е. 95% зерен должно быть

меньше 6 мкм. Другой наилучшей характеристикой ОТДВ «МИКРОДУР» является гранулометрический состав зерен вяжущего, который определяется с помощью лазерного светового дисперсного анализатора. Средний размер зерен ОТДВ «МИКРОДУР» в 5-6 раз меньше за диаметр зерен портландцемента марки 600 и в 15-20 раз — марки 400.

Характеристики ОТДВ МИКРОДУР приведены в табл. 2 и табл. 3

Таблица 2 - Характеристики ОТДВ «МИКРОДУР» на шлаковой основе с разной толщиной помола и гранулометрией зернового состава

Показатель Вяжущего	Название ОТДВ согласно спецификации			
	Марка «P-U» $D_{95} \leq 24$ мкм	Марка «P-U» $D_{95} \leq 16$ мкм	Марка «P-U» $D_{95} \leq 9,5$ мкм	Марка «P-U» $D_{95} \leq 6$ мкм
Водопотребление %	35	39	47	53
Начало твердения, мин	190	175	160	145
Прочность на сжатие, МПа				
2 суток	20	29	41	69
7 суток	54	55	58	69
28 суток	61	65	66	75

Таблица 3 Характеристики ОТДВ «МИКРОДУР» на портландцементной (тип P) и шлаковой (тип R) основах с одинаковой толщиной помола и гранулометрией зернового состава

Показатель вяжущего	Название ОТДВ Микродур	
	Марка «P-U»	Марка «R-U»
Время твердения, мин.	100	160
Начало		
Конец	150	230
Прочность на сжатие, МПа	55	23
2 суток	57	41
7 суток	65	58
28 суток	68	60

Как видно из табл. 2, для группы вяжущих на шлаковой основе характерно очень интенсивное твердение на начальном этапе гидратации и высокая конечная прочность. Отличительной характеристикой ОТДВ «МИКРОДУР» на шлаковой основе наряду с высокой конечной прочностью является повышенная сульфатостойкость, чем собственно и определяется эффективная область его применения.

Для ОТДВ «МИКРОДУР» на портландцементной основе типовым является очень быстрое твердение уже в первые 24 часа, характерное для обычных цементов.

Для регулирования подвижности в состав ОТДВ «МИКРОДУР» при его приготовлении вводятся химические добавки. Добавка сразу после смешивания цементной суспензии водой не оказывает существенного влияния на изменение

консистенции системы. Это влияние проявляется уже через 30 и, особенно, через 60 и 90 мин. Интересным является то, что введение добавки 20%-й концентрации в количестве 4% от массы цемента, блокирует процесс развития гидратации на начальном этапе твердения, т.е. в период до 90 мин., но это, в конечном счете, не отражается отрицательно на результатах прочности структуры при последующем твердении на протяжении 2-7 суток

Непосредственное использование технологий укрепления породного массива с применением геокомпозитов, апробированных для наземного строительства, неэффективно, а в ряде случаев и невозможно. Необходимо учитывать особенности использования геокомпозитов на подземных объектах:

- ограничение технологического оборудования по массогабаритным показателям и необходимость использования его для шахт, опасных по газу и пыли, в искровзрывобезопасном исполнении;
- возведение и эксплуатация геокомпозитных конструкций в агрессивной шахтной среде;
- повышенные требования к негорючести и нетоксичности геокомпозитной конструкции в целом или отдельных ее компонентов;
- относительно небольшой срок эксплуатации (например при креплении одноразово используемых подготовительных выработок).

В классической композитной структуре управление ее свойствами осуществляется подбором характеристик матрицы и армирующего элемента. Применительно к геокомпозитам возможности такого управления сужаются, поскольку матрица-геосреда уже обладает заданными природой свойствами и зачастую не такими, какие были бы необходимы для создания эффективной геокомпозитной системы. У специалистов имеется только возможность выбора параметров армирования, которая также ограничивается технологическими возможностями в силу специфики подземного объекта.

Всем композитным материалам, в том числе и геокомпозитам, присуща неаддитивность свойств составляющих компонентов. Правильно подобранная геокомпозитная система должна быть лучше по комплексу характеристик, чем взятые по отдельности матрица и элементы армирования. В большинстве случаев доминирующими факторами оценки качества геокомпозитной конструкции являются ее деформационно-силовые параметры.

Наибольший интерес для горной промышленности представляют силовые геокомпозиты. Важнейшей характеристикой силовой геокомпозитной конструкции является начальная разрушающая нагрузка. Эффективность использования геокомпозитной системы тем выше, чем выше отношение величины указанного параметра к эквивалентной структуре, состоящей полностью из материала матрицы. Учитывая, что в условиях больших глубин охранные конструкции работают в запредельном режиме деформирования, принципиально необходимой является также информация о механизме разрушения геокомпозитной структуры на данном участке нагружения.

Для апробации в шахтных условиях может быть рекомендована технология [2], разработанная с участием автора и внедренная на ряде подземных и гидротехнических объектов [3,4], предполагающая формирование армирующей кон-

струкции в скальном массиве путем заполнения трещин бетоном с добавкой волокнистых наполнителей типа «Adi-Con» или «Spray-Con» и выполнением повторного тампонажа растворами ОТДВ. Помимо улучшения гидроизоляции при этом одновременно повышаются и показатели деформационно-силовых характеристик среды при напряжениях, близких к разрушающим.

Проблемы инъекционного закрепления всегда состояли в долговечности и прочности закрепляемых конструкций, а также в экологической и санитарной безопасности применяемых инъекционных составов. Применение ОТДВ позволяет сочетать эффективность инъекционных технологий и устранение указанных проблем, так как, являясь минеральным вяжущим с долгим сроком сохранения инъекционных свойств, обеспечивает высокую прочность и долговечность закрепления и является экологически и санитарно безопасным материалом. Ограничением для применения ОТДВ является проницаемость материала для инъекционной суспензии.

Применение ОТДВ для инъекционного закрепления грунтов и конструкций осуществляется в виде водной суспензии. Восстановление проектных свойств бетонных, железобетонных и каменных конструкций методом инъекции суспензии ОТДВ технологически не отличается от инъекции смол и других полимерных составов. Отличие заключается в том, что ОТДВ, являясь минеральным вяжущим, соответствуют по своим физико-химическим свойствам материалу бетона и шовному раствору каменных конструкций.

Использование ОТДВ в шахтных условиях можно рекомендовать при тампонаже:

- тонкотрещиноватых слобопоницаемых вмещающих пород;
- повторном тампонаже пород, первично цементированных цементными и цементно-песчаными растворами, для повышения прочности и снижения проницаемости геокомпозитной конструкции;
- железобетонных крепей и тампонируемых вмещающих пород для повышения прочности элементов и несущей способности геокомпозитной конструкции;
- элементов геокомпозитной конструкции нарушенных горным давлением, коррозией или другими деструктивными факторами;
- геокомпозитной конструкции для повышения связи между ее элементами.

Применение ОТДВ в шахтных условиях взамен полимерных тампонажных растворов позволяет повысить экологическую безопасность и работоспособность шахтных крепей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко, Б.М. К разработке геокомпозитных охранных систем / Б.М. Усаченко, С.П. Мусиенко, М.А. Ильяшов, В.Н. Сергиенко // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр./ ИГГМ НАН Украины. - Днепропетровск, 2008 - Вып. 78. - С. 56-72.
2. Технологический регламент диагностики и восстановления заглубленных и подземных сооружений поверхностного комплекса шахт на основе технологии создания геокомпозитных конструкций: науч.-практ. пособие / [кол. авт.] – Днепропетровск: Монолит, 2011. – 48 с.
3. Гребенюк С.Д., Мусиенко С.П. Восстановление и повышение устойчивости заглубленных сооружений / С.Д. Гребенюк, С.П. Мусиенко // Уголь Украины. - 2011. - №9. – С. 16 – 20.
4. Мусиенко С.П. Индустриальные технологии сооружения высоконагруженных комбинированных охранных систем горных выработок / С.П. Мусиенко // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр./ ИГГМ НАН Украины. - Днепропетровск, 2006 - Вып. 66. - С. 113-119.

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ГАЗА КОКСОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ

В роботі наведено склад газу коксування вугільних шламів в умовах підвищення температури нагріву, проаналізовано характерні зміни у складі газу та його теплоти спалювання

STUDY OF THE MAIN COMPONENTS OF GAS COKING COAL SLIMES

This paper presents a gas composition of coking coal slurries in terms of increased heating temperature and analyzed the characteristic changes in the composition of gas and its heat of combustion

Проблемы переработки отходов в ценное для промышленности сырье актуальны для всех стран мира, в том числе и Украины. Угольная отрасль, являясь одной из ведущих в стране, создала и продолжает накапливать вокруг угледобывающих и перерабатывающих предприятий объемы твердых и жидких отходов, загрязняющих окружающую среду. К первым можно отнести низкокачественные угли в составе терриконов, а ко вторым – угольные шламы, которые до-обогащаются и брикетируются, оставляя после этих процессов неиспользуемые массы отходов. В связи с этим работы ИГТМ НАНУ заключались в изучении возможности безотходной утилизации угольных шламов и некондиционных углей. Наиболее целесообразен энерготехнологический вариант переработки, позволяющий при нагреве углепородных смесей получать энергетические газы, а твердый остаток – реализовывать в строительной отрасли.

Подобное решение данной проблемы основано на известных промышленных способах термпереработки чистых, обеззоленных углей, которые позволяют при нагреве разложить органическую массу углей (ОМУ) на жидкие, твердые и газообразные продукты [1, 2].

Поскольку подобные работы по термпереработке угольных шламов проводились впервые, то в лабораторных условиях при моделировании промышленных процессов полу- и коксования исследованы объемы и составы газа, выделяющегося при нагреве исходных проб угольного шлама, отобранных с поверхности и глубины шламонакопителя № 1 Червоноградской ЦОФ [3, 4].

Предварительно проведенный элементный и технический анализ проб шлама показал наличие в них углерода в пределах 25,6-27,0%, зольности и летучих – 18,0-22,0% [4]. В лабораторных условиях без доступа воздуха, по стандартной методике в условиях нагрева до конечной температуры 900° С проведено коксование шламов. Отборы продуктов реакции осуществлены на температурах 400, 600, 800 и 900° С с анализом состава газа и определением его объема.

Составы продуктов реакций терморазложения различного состава углей достаточно подробно описаны в литературе [1, 2]. Как известно повышение температуры свыше 600° С сопровождается протеканием реакций ароматизации и полимеризации с отщеплением газообразных продуктов, преимущественно водорода, и в меньшем количестве – метана, окиси углерода и азота. При этом терморазложение углей низкой стадии метаморфизма идет при более низких