

*к.т.н. Шубин А.А.
(Шахтинский институт ЮРГТУ (НПИ), Россия)*

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА ЗАКЛАДКИ

У статті виконано аналіз міцностних та фільтраційних властивостей піщаних та піщано-цементних гідрозакладних суспензій при різних в них концентраціях твердої фази; показано, що при частці цементу в розчині 1/8 ÷ 1/6 міцність закладного масиву складає 1,7 – 2,7 МПа.

Ключові слова: *закладка, пісок, цемент, порода, властивості закладки.*

В статье выполнен анализ прочностных и фильтрационных свойств песчаных и песчано-цементных гидрозакладочных суспензий при различной в них концентрации твердой фазы; показано, что при доле цемента в растворе 1/8 ÷ 1/6 прочность закладочного массива составляет 1,7 – 2,7 МПа.

Ключевые слова: *закладка, песок, цемент, порода, свойства закладки.*

В настоящее время для закладки выработанного пространства применяются разнообразные природные и искусственные материалы, используемые либо в чистом виде, либо в смеси (закладочная шихта). Пригодность различных материалов для создания плотного закладочного массива определяется не только их физико-механическими свойствами, но и способом закладки, при котором данный материал используется [1].

Как и при любом способе закладки, гидрозакладочный материал должен отвечать двум основным требованиям:

- образовывать плотный массив после укладки в выработанное пространство, давая при этом минимальную усадку;
- содержать строго ограниченное количество горючих компонентов для предотвращения возникновения пожаров в выработанном пространстве.

Кроме того, материал должен удовлетворять ряду специфических требований, обусловленных особенностями его транспортирования по трубам и процесса заполнения выработанного пространства:

- при смешивании с водой образовывать пульпу, свободно протекающую по пульпопроводу при минимальном расходе воды;
- обладать малой абразивностью, хорошей водоотдачей и фильтрационной способностью, не содержать растворимых в воде солей;
- иметь минимальное содержание тонких частиц, которые могут выноситься с отработанной водой.

Обычно при гидрозакладке применяются в чистом виде либо в смеси дробленая порода, добываемая в специальных карьерах, отходы обогащения, порода из отвалов на поверхности, песок, глиняные брикеты, зола котельных, металлургические шлаки и пр. [2].

Наиболее подходящим материалом для гидрозакладки является песок, что и определяет широкие масштабы его применения для этой цели.

Основной частью песка являются зерна кварца, содержание которых обычно составляет 70 – 80 %. Наиболее крупные и наиболее мелкие зерна – почти исключительно кварцевые, причем с уменьшением их диаметра возрастает число зерен острогранной формы (зерна диаметром менее 0,1 мм в большинстве своем имеют острые грани). Наличие мелких острогранных зерен нежелательно, так как приводит к быстрому износу труб.

Одной из постоянных проблем гидрозакладки является вязкость пульпы, так как она оказывает большое влияние на износ пульпопроводов. Установлена линейная пропорциональная зависимость вязкости при определенных значениях густоты пульпы – 26 % по объему, или 49 % по весу. При большей густоте пульпы ее вязкость увеличивается значительно быстрее. Влияние вязкости на износ пульпопроводов при густоте 60 – 70 % и более в настоящее время еще недостаточно изучено. Изменение вязкости наблюдается при снижении средней, крупности зерен пульпы. Например, для кремнистого материала при уменьшении крупности зерен до 0,02 мм и ниже вязкость пульпы резко падает.

Цель работы – выполнить анализ грансостава, фильтрационных и прочностных свойств закладочного материала различных составов.

Качество пульпы для гидрозакладки зависит от скорости падения частиц в водной среде. Быстро оседающим в воде материалом являются зерна песка крупностью более 0,5 мм. Для зерен песка средней крупности (0,5 – 2 мм) тенденции к расслоению на классы по крупности не наблюдается. Зерна крупностью 0,2 – 0,5 мм образуют верхний слой быстро оседающего закладочного материала. После осаждения зерен крупностью более 0,2 мм часть материала, находящегося в воде во взвешенном состоянии, остается в выработанном пространстве при фильтрации отработанной воды через закладочный массив. Если же отработанная вода уходит с поверхности закладочного массива, то большая часть

мелкого материала уносится вместе с ней и осаждается в водосборниках. Материал крупностью менее 0,1 мм осаждается в выработанном пространстве в ничтожном количестве, зависящем от технологии закладочных работ, и применение его считается нежелательным, так как он почти весь выносится с отработанной водой.

В связи с этим песок, применяемый для гидрозакладки в Украине и России, можно классифицировать на три категории. Гранулометрический состав песка, величина усадки закладочного материала (подвергаемого испытаниям при давлении 15 МПа) и коэффициент фильтрации песка должны соответствовать данным, приведенным в таблице 1. Содержание растительных частиц, как, например, корней, дерна и др., не должно превышать 0,5% по объему [2].

Таблица 2 - Классификация песка используемого для гидрозакладки

Категория песка	Размер фракции, мм	Содержание фракций, %	Максимальная усадка, %	Минимальный коэффициент фильтрации, см/сек
I	<0,1	10	5	0,07
	0,1–0,2	90		
II	<0,1	20	10	0,002
	0,1–0,2	80		
III	<0,1	30	15	0,0004
	0,1–0,2	70		

Скорость осушения поверхности закладочного массива обуславливается, прежде всего, скоростью фильтрации. Исследованиями, установлено, что:

- на скорость фильтрации значительное влияние оказывает зернистость закладочного материала (размеры зерен и их соотношение);
- зерна кварца размером от 0,044 до 0,053 мм обуславливают практически нулевую фильтрацию;
- при одинаковой зернистости пульпы кварцевые породы обладают лучшей фильтрационной способностью, чем остальные породы;
- наличие в пульпе воздуха резко снижает скорость фильтрации.

Обычно при гидрозакладке применяются материалы, состоящие из зерен меньше 0,0074 мм (от 5 до 70 %), скорость фильтрации которых достигает 10 см/ч (0,0028 см/сек и более), что является критическим. При дальнейшем увеличении содержания зерен такой крупности скорость фильтрации резко уменьшается. Наибольшая скорость фильтрации наблюдается при содержании в пульпе 50 – 70 % твердых частиц.

Закладочный материал, представленный однородными по петрографическому составу породами, шлаками и пр., как правило, образует

закладочный массив, менее плотный и дающий большую усадку, чем песок. Поэтому песок и считается наиболее подходящим материалом для гидрозакладки.

Отсутствие песка в ряде мест и стремление использовать отходы производства вынуждают применять для закладки шахтные породы, отходы обогащения и пр. При этом одним из существенных является вопрос содержания в них горючих компонентов. В некоторых случаях считается допустимым содержание горючих не более 10 – 15%, а иногда – до 20%.

Проведенные нами исследования показали, что усадка закладки, состоящей из пустых пород, незначительно отличается от закладки, состоящей из песка. При этом может быть сохранен характер деформаций поверхности и получен значительный экономический эффект, а также, в условиях действующих предприятий, решена проблема оставления породы в шахте или руднике. Возможность увеличения использования шахтной породы при гидравлической закладке предопределяется сочетанием таких факторов, как категория охраны объектов, горногеологические условия, глубина залегания и мощность разрабатываемых пластов.

Широкое использование для гидрозакладки отходов мокрого обогащения приводит к удешевлению и повышению эффективности закладочных работ. Однако отходы обогащения, как и любой другой закладочный материал, не обладают способностью самоупрочняться. Поэтому для упрочнения закладочного массива используются различные цементирующие добавки.

Для гидрозакладочных работ могут быть применены гидросмеси, упрочненные вяжущим, с содержанием твердого от 60 до 72 %. Прочность на сжатие массива бетонной закладки через 30 суток при соотношении песок: цемент, равном 30:1, составляет 0,12 МПа при концентрации твердого 60%; 0,23 МПа при концентрации 72%. Поэтому рекомендуется применять возможно более густые упрочненные смеси.

Основным фактором, определяющим прочность затвердевшего массива бетонной закладки, является отношение между твердым инертным материалом и цементом. Так, через 30 суток после укладки прочность на сжатие закладочного массива составляет при соотношении 20:1 около 0,4 МПа, при 8:1 около 1,7 МПа и при 6:1 около 2,7 МПа.

Большое значение имеет также гранулометрический состав закладочного материала. Отсев крупных частиц природного песка приводит к незначительному повышению прочности. В то же время отделение мельчайших фракций из отходов флотации заметно сказывается на увеличении прочности закладочного массива. Обычные способы классификации (при помощи циклона) для отделения большей части шламовых

частиц обеспечивают получение наиболее оптимального гранулометрического состава.

Опыт показал, что применение упрочненной закладки позволяет значительно (на 29 %) сократить расход леса и повысить производительность труда по выемке руды (на 20 %). Кроме того, эта закладка устраняет опасность обрушения закладочного массива, повышает устойчивость боковых пород и способствует снижению потерь полезного ископаемого.

Выводы

Из выполненного анализа следует, что для гидрозакладки выработанного пространства целесообразно применение суспензий на основе песка или отвальных пород с добавками цемента не более $1/6 \div 1/8$ доли от твердой фазы.

Библиографический список

- 1. Закладочные работы в шахтах: справочник / Под ред. Д. М. Бронникова, М. Н. Цыгалова. – М.: Недра, 1989.*
- 2. Кипко Э.Я. Комплексная технология ликвидации наклонных выработок закрываемых шахт // Э.Я. Кипко, П.Н. Должиков, В.Д. Рябичев. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 220 с.*

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Должиковым П.Н.