

УДК 622.27

Е.А. Ермолович

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ВАНАДИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПЛОТНЫХ СМЕСЯХ ДЛЯ ЗАКЛАДКИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

Рассмотрена возможность сокращения расхода цемента при изготовлении твердеющих закладочных паст, содержащих алюмотермический шлак и отходы обогащения железистых кварцитов. Обосновано применение суперпластификатора. Ключевые слова: твердеющие закладочные смеси, отходы обогащения железистых кварцитов, алюмотермический шлак, суперпластификатор.

Закладочные смеси повышенной плотности 1800-2200 кг/м³ в зависимости от содержания воды и вида заполнителя можно подразделить на два типа. Смеси первого типа представляют собой однородную плотную пульпу с содержанием воды 25–30 %, а второго – пасту с содержанием воды 20-23 %. Подвижность пульпообразных плотных смесей определяют осадкой конуса СтройЦНИИ/Ла по ГОСТ 5802, подвижность пастовой смеси – осадкой или распливом конуса по ГОСТ 10181.

В пастообразном закладочном материале вода содержится в минимальном количестве, необходимом для обеспечения его транспортабельности. Это способствует сокращению повышенного расхода вяжущего и повышению прочности искусственного массива, так как излишки воды, необходимой для перемещения закладочной пульпы по трубопроводу, приводят к ее расслоению, вымыванию вяжущего и неравномерности закладочного массива. Применение пастообразных твердеющих смесей предотвращает возможность прорыва в горные выработки зашламованной воды из выработанного пространства

[1-4].

В работе [3] выделены следующие достоинства пасты по сравнению с традиционной твердеющей закладкой:

- снижение общего расхода цемента и других вяжущих на 15-25%;
- сокращение времени цикла очистной выемки за счет быстрого схватывания и твердения закладочной смеси в начальный период после укладки в выработанное пространство и принятия нагрузки очистного оборудования;
- снижение затрат на строение перемычек на горизонтальных горных выработках, сопрягающихся с выработанным пространством;
- снижение на 40-55% объема откачиваемой дренажной воды и, как следствие, уменьшение потерь вяжущего и загрязнения горных выработок, улучшение структуры закладочного массива.

К недостаткам исследователи отнесли более сложную доставку густой минеральной массы в выработанное пространство и меньшую прочность техногенного массива из-за превышения количества мелкодисперсных фракций.

Автор данной статьи постаралась

Таблица 1

Химический состав алюмотермического шлака

| Массовая доля, % | | | | | | | | |
|------------------|-------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------|------------------|--------|--------|
| CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | V ₂ O ₅ | MnO | TiO ₂ | FeO | Прочее |
| 19,35 | 10,15 | 65,33 | 0,23 | 1,18 | 0,14 | до 0,3 | до 0,5 | 2,82 |

сохранить преимущества и преодолеть указанные недостатки при создании пастового состава закладочной смеси. В задачу входило использование побочного продукта ванадиевого производства, снижение расхода цемента при сохранении прочности закладочного массива и увеличение объемов утилизируемых техногенных отходов для существенного улучшения экологической среды региона Курской магнитной аномалии.

Химический состав алюмотермического шлака - побочного продукта электрометаллургического производства ОАО "Ванадий" приведен в табл. 1.

Побочный продукт ванадиевого производства, измельченный до содержания частиц: менее 1 мкм - 4,2 %, менее 3 мкм - 12,4, менее 5 мкм - 15,9%, смешали с цементом ПЦ400 Д20, с отходами обогащения мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, содержащими частицы: менее 1 мкм - 3,4 %; менее 3 мкм - 12,6; менее 5 мкм - 17,2 % и затворили водой, в которую предварительно добавили суперпластификатор СП-1. Окончательную смесь перемешали до однородной консистенции. Из полученной смеси приготовили образцы размером 70х70х70 мм. После достижения расплубочной прочности расформованные образцы поместили в климатическую камеру для дальнейшего твердения, в которой поддерживалась температура 20 ± 20 °С и относительная влажность 90-95 %. Предел прочности на сжатие определяли в возрасте 28 и 90 суток. В табл. 2 приведен исходный валовой состав смеси и результаты испытаний механической

прочности образцов, приготовленных из нее.

Тонкодисперсные составляющие композита обеспечили нормативную прочность образцов, а введение пластифицирующей добавки позволило увеличить транспортабельность смеси с предельным напряжением сдвига, не превышающим 200 Па. Общий объем утилизации отходов производства составил 93,8 мас. % в пересчете на сухое вещество.

В то же время попытка создать шлакощелочной бетон, заменив цемент молотым до крупности цемента доменным гранулированным шлаком 3 сорта в количестве 12 % от массы смеси, не оправдала расчеты. Прочность образцов в возрасте 90 суток не превысил 3,5 МПа. Однако при необходимости возможно применение такого композита при условии набора прочности искусственным массивом в течение более длительного времени, не менее 180 суток. В этом случае объем утилизации отходов производства составит 100 мас. % в пересчете на сухое вещество. Кроме того, положительным моментом является возможность использования в качестве заполнителя лежалых отходов обогащения и мелких песков, содержащих глинистые фракции. Образующиеся при взаимодействии доменного и алюмотермического шлаков щелочные гидрo-алюмосиликаты обладают вяжущими свойствами. От того обычно вредные глинистые фракции в песке в этом случае не ухудшают, а улучшают физико-механические свойства бетона.

Таблица 2

Состав смеси и результаты испытания на прочность при сжатии

| Расход компонентов (масс. %) при изготовлении закладочных смеси | | | | | Предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток, МПа | Предел прочности при сжатии в возрасте 90 суток, МПа | Объем утилизации отходов производства, масс. % на сухое вещество |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------|------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Цемент | Алюмотермический шлак | Отходы обогащения мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов | СП-1, % от цемента | Вода | | | |
| 4,85 | 14,5 | 60,2 | 1,0 | 20,4 | 4,5 | 6,35 | 93,8 |

Возможно дальнейшие исследования в этом направлении, связанные с механическим активированием доменного гранулированного шлака 3 сорта, позволят получить из закладочной шлакощелочной пасты искусственный массив требуемой прочности. Задача интересна еще и тем, что шлакощелочные компоненты придают композитам водонепроницаемость, морозостойкость и лучшую устойчивость к действию агрессивных сред, в частности, к сульфатной и углекислотной коррозии. Несомненно, что данные каче-

ства востребованы в технологии подземной разработки месторождений с закладкой выработанного пространства.

Исследования выполнены с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием БелГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» при проведении поисковой научно-исследовательской работы в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (проект П-1077).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хомяков В.И.* Зарубежный опыт закладки на рудниках. – М.: Недра, 1984. – 224 с.
2. *Ломоносов Г.Г., Полоник П.И., Абдалах Х.* Совершенствование технологии очистных работ на основе применения пастообразных закладочных материалов // Горный журнал. – 2000. – № 2. – С. 21-23.
3. *Ляшенко В.И., Дятчин В.З., Тархин Ю.Н.* Научно-технические основы повышения безопасности жизнедеятельности в уранодобывающем регионе // Научный вестник НГУ – 2010. – № 2. – С. 7-14.
4. *Гусев Ю.П., Березиков Е.П., Крупник Л.А. и др.* Ресурсосберегающие технологии добычи руды на Малеевском руднике Зырянского ГОКа (АО «Казцинк») // Горный журнал. – 2008. – № 11. – С. 29-22. **VIAS**

Коротко об авторе

Ермолович Елена Ахмедовна – кандидат технических наук, Национальный исследовательский университет «БелГУ», доцент кафедры инженерной геологии и гидрогеологии, e-mail: elena.ermolovich@mail.ru