

УДК 622.831; 622.2; 622.235

ВЫБОР СОСТАВА ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОХРАННЫХ ЦЕЛИКОВ ТАШТАГОЛЬСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



Б.Б. Татарников



В.А. Еременко

На основе исследования компонентов искусственного материала закладочной смеси, определен состав твердеющей закладки для заполнения отработанных камер в охранных целиках на удароопасном месторождении с учетом минимизации затрат на изготовление, а также использования местных техногенных и природных материалов.

Ключевые слова: камерно-целиковая система разработки, твердеющая закладка, вяжущее вещество, наполнитель, модификатор.

Эффективность технологии с использованием твердеющей закладки определяется затратами на приобретение исходных материалов. Твердеющая смесь представляет собой искусственный материал, состоящий из однородной перемешанной смеси минерального вяжущего вещества, воды и наполнителей. Вяжущее вещество в смеси с водой образует в результате гидратных новообразований затвердевшую смесь, переходящую со временем в камневидное состояние. Наполнитель (щебень, гравий, песок и др.) в смеси вяжущего с водой снижает расходы вяжущего, уменьшает деформации при твердении и увеличивает монолитность и прочность смеси в результате сниже-

ния влияния тепловлажностных изменений при твердении.

Помимо основных составляющих компонентов в смеси нередко вводятся различные добавки — модификаторы, видоизменяющие определенные свойства смеси или её отдельных компонентов. С помощью модификаторов можно улучшить подвижность и укладываемость смеси при одном и том же расходе воды, ускорить или замедлить твердения, повысить активность низкоактивных вяжущих, уменьшить расслаиваемость при транспортировании, снизить или повысить температуру твердения и т.п.

На Таштагольском филиале ОАО «Евразруда» с целью снижения затрат на приобретение (приготовление) ма-

териалов для твердеющей смеси используют дешевые вяжущие вещества — гранулированные доменные шлаки Новокузнецкого (НКМК) и Западно-Сибирского (ЗСМК) металлургических комбинатов, а в качестве заполнителей — материалы, добываемые непосредственно вблизи рудника или используют отходы производства — хвосты ДОФ Таштагольского и Горно-Шорского филиалов.

В связи с острым дефицитом и высокой стоимостью строительных цементов экономически нецелесообразно использовать их в качестве вяжущих для закладочных смесей. Для Таштагольского филиала наиболее экономичными вяжущими являются доменные и котельные шлаки комбинатов, а так же крупных электростанций.

В связи с тем, что крупный заполнитель при изготовлении смеси необходим в больших объемах, снижение его стоимости является эффективным средством уменьшения затрат на добычу руды системами разработки с закладкой. На горных предприятиях ОАО «Евразруда» в настоящее время накоплены большие объемы отходов от обогащения железных руд и их необходимо использовать в качестве крупного заполнителя.

В качестве мелкого заполнителя в практике ряда горных предприятий, работающих с закладкой выработанного пространства, применяют различные природные и искусственные пески. Стоимость песков высокая, что значительно влияет на себестоимость добычи руды. Однако в последнее время в качестве мелкого заполнителя при приготовлении бетонов применяют отходы горнообогатительных комбинатов.

В Горной Шории и Хакасии, природного песка недостаточно даже для строительной индустрии, поэтому ре-

комендуется в качестве мелкого заполнителя на Таштагольском филиале использовать отходы Абагурской агломерационно-обогащительной фабрики.

Доменные шлаки, как в кристаллических, так и в стекловидных фазах при взаимодействии с водой образуют не растворимые в воде новые гидратные вещества. Однако их активность к твердению весьма незначительна в обычных условиях. Введение в стекловидные (более активные) шлаки небольших количеств щелочных или сульфатных веществ возбуждает скрытые гидравлические свойства шлаков, активизирует их.

Золы уноса тепловых электростанций, работающие на каменноугольном топливе, сами по себе не способны твердеть, но в смеси с воздушной известью образуют вяжущие вещества, твердеющие при обычных температурах в воздушно-влажной или водной среде.

Для Таштагольского филиала рекомендуется для активизации гидравлической активности граншлаков и золы уноса применять в качестве активизаторов: щелочные — портландцемент и известь, сульфатные — гипс и в различных комбинациях ангидрит (CaSO_4).

Для улучшения транспортабельности смеси, её укладываемости, снижения расслаиваемости используют добавки пластификаторы. В качестве добавок необходимо использовать: сульфатно-спиртовую барду (ССБ) при дозировке от 0,1 до 0,25 % вяжущего, кремнеорганическую жидкость (ГКЖ) при дозировке от 0,05 до 0,1 % от вяжущего, тонкодисперсный известняк (20—25 %) в смеси мылонафтом (не более 0,08 % от вяжущего), а также природные глины и суглинки в различных объемах в зависимости от заданных свойств.

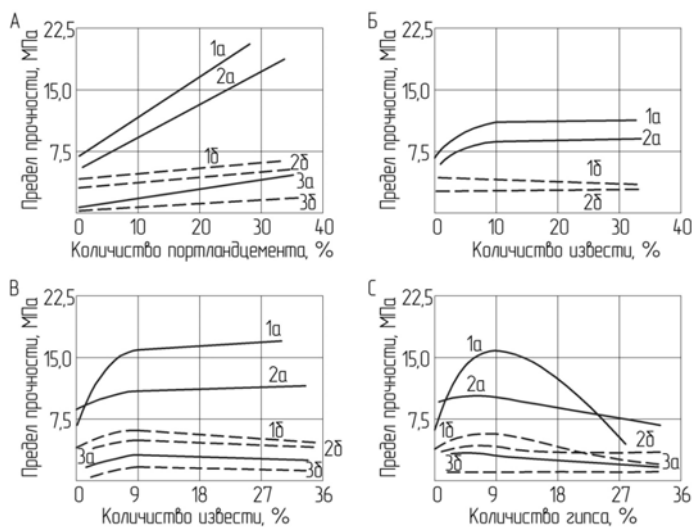


Рис. 1 Изменение прочности вяжущего от его типа и состава. Вяжущие 2-х компонентные (А, Б), с добавкой 5 % гипса (В) и извести (С) на основе граншлака НКМК (1), ЗСМК (2) и золы ЮК ГРЭС (3). Прочность на сжатие (а) и изгиб (б)

На рис. 1 приведена прочностная характеристика образцов вяжущего, приготовленного на основе граншлаков НКМК (кривые 1), ЗСМК (кривые 2) и золы Южно-Кузбасской ГРЭС (кривые 3) с различными активизирующими добавками: портландцемента М 400 Топкинского завода, извести строительной воздушной, камня гипсового. Образцы испытывались в 28-дневном возрасте нормального хранения.

При приготовлении вяжущего известь и гипсовый камень первоначально подвергаются дроблению с последующим измельчением в шаровой мельнице. Граншлаки необходимо также измельчать. Тонкость помола должна быть такой, чтобы не менее 85 % проходило через сито № 008. Более мелкий помол считается нецелесообразным из-за значительных затрат при незначительном возрастании активности.

Вяжущее на основе граншлаков НКМК обладает большей активностью, чем на шлаках ЗСМК. Золой без активизаторов не обладают вяжущей активностью.

Добавка к граншлаку, как активизатора, портландцемента приводит к быстрому росту активности шлакового вяжущего (рис. 1А), а активность вяжущего на основе золы возрастает незначительно [1]. Добавление только извести (рис. 1Б) в состав вяжущего не вызывает роста его активности и прочность остается практически на одном

уровне. Только граншлаки НКМК и ЗСМК при небольших количествах извести (до 4 %) несколько реагируют на её присутствие и повышают активность. Дальнейшее применение извести роста активности не вызывает. Золой вообще не реагируют на присутствие извести и не твердеют.

Постоянное присутствие в вяжущем гипса (5 %) (рис. 1В) и добавках извести до 6—7 % вызывает резкое повышение прочности вяжущего. Дальнейшее увеличение присутствия извести не приводит к изменению прочности на сжатие (рис. 1, кривые а), но снижает прочность на изгиб (рис. 1, кривые б). Вяжущее на основе золы проявляет незначительную активность и даёт прочность не более 3 МПа на сжатие и 1,5 МПа на изгиб.

Изменение количества гипса (от 0 до 5—6 %) (рис. 1С) в составе вяжущего (при постоянном количестве извести 5 %) увеличивает прочность, а

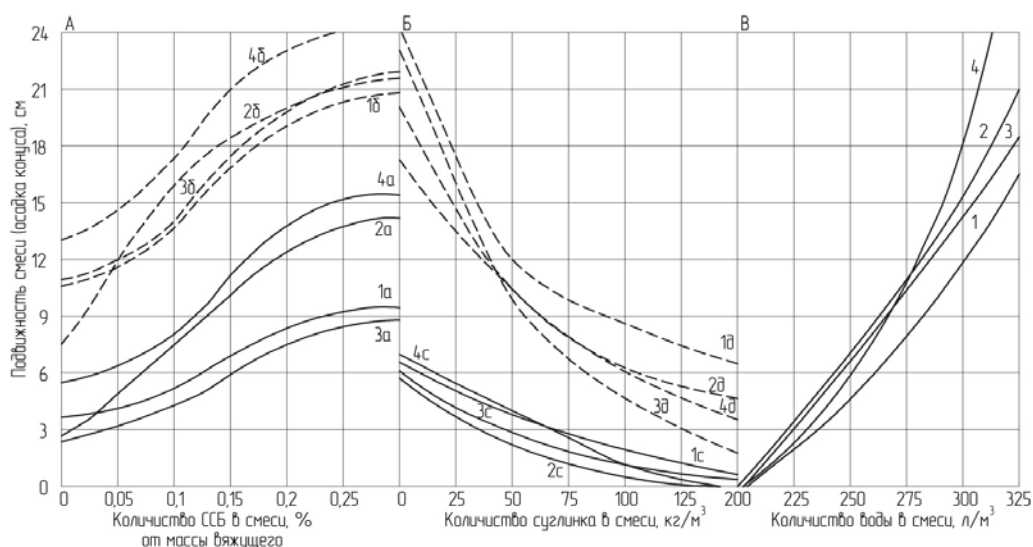


Рис. 2. Изменение подвижности смеси от количества пластификаторов при заполнителе крупностью 5-20 мм: 1, 2, 3, 4 — при количестве вяжущего в $\text{кг}/\text{м}^3$ — 200, 300, 400 и 500; а, б, с, д — количество воды, $\text{л}/\text{м}^3$ — 240, 250, 270 и 300

при более низком содержании резко её снижает. Поэтому не рекомендуется в состав вяжущего на основе граншлака НКМК, ЗСМК и золы ЮК ГРЭС добавлять гипс и известь более 5—6 %.

В связи с дефицитом и высокой стоимостью клинкерных цементов целесообразно для приготовления твердеющей смеси использовать трехкомпонентное шлаковое вяжущее. Изготовление такого вяжущего не сложный процесс. Производство шлаковых цементов (в сравнении с поргланцементом) требует на 42 % меньше расходов на сырье, на 66 % капитальных вложений, на 70 % топлива [2]. Себестоимость такого вяжущего составляет не более 42 % себестоимости поргланццемента.

Влияние пластификаторов и количества воды в твердеющей смеси с крупным заполнителем (0—20 мм) на её подвижность представлена на рис. 2. Добавление в смесь сульфидно-спиртовой барды (ССБ) в количестве до

0,3 % от массы вяжущего значительно повышает подвижность смеси (рис. 2А), за счет чего возможно снижение водопотребления на 16—20 %, либо уменьшение расхода вяжущего для получения заданных реологических параметров. Присутствие ССБ при твердении обеспечивает повышение прочности, и особенно это проявляется после трехмесячного и большего периода твердения. Оптимальная доза добавки ССБ к смеси составляет 0,2—0,25 % от массы вяжущего.

Присутствие в смеси глинистых пород улучшает транспортабельность её, препятствует расслоению, уменьшает сопротивление движению её по трубам, сокращает износ труб. Однако добавка глины к смеси снижает её подвижность (рис. 2Б). Особенно значительно снижается подвижность при добавлении глинистых пород в пределах $100 \text{ кг на } 1 \text{ м}^3$. В этом случае происходит повышение водопотребности смеси на 4—5 % в сравнении со смесью без добавок и на 19—

20 % в сравнении со смесью с добавкой ССБ. Вопрос о добавке глинистых пород в смесь, как пластификатора регламентируется технико-экономическим обоснованием.

Увеличение количества воды в смеси оказывает прямо пропорциональное влияние на её подвижность (рис. 2В) независимо от расхода вяжущего. Наблюдается более интенсивный рост подвижности смеси с увеличением расхода воды, когда расход вяжущего не менее 500 кг на 1 м³ (рис. 2, кривая 4).

В условиях подземных горных работ твердеющая закладка в заложённом пространстве после затвердения постоянно воспринимает на себя давление окружающих горных пород. С увеличением глубины горных работ, а также с течением времени нагрузки на закладочный массив возрастают и могут достигнуть напряжённого состояния нетронутого массива. Отличаясь по физико-механическим свойствам от окружающих горных пород, закладочный массив под действием сжимающих напряжений деформируется и в состоянии объёмного сжатия выдерживает большие нагрузки не разрушаясь. Величина деформаций закладочного массива под действием сжимающих нагрузок характеризует его компрессионные свойства.

На основании анализа данных установлено, что при возрастании удельной нагрузки твердеющая закладка деформируется (рис. 3 и 4) [3]. При быстром непрерывном сжатии величина одноосной деформации изменяется прямо пропорционально напряжению для смесей, не имеющих глинистых добавок (рис. 3, кривые 1). При этом наблюдается прямо пропорциональная зависимость до напряжений 50 МПа, с увеличением

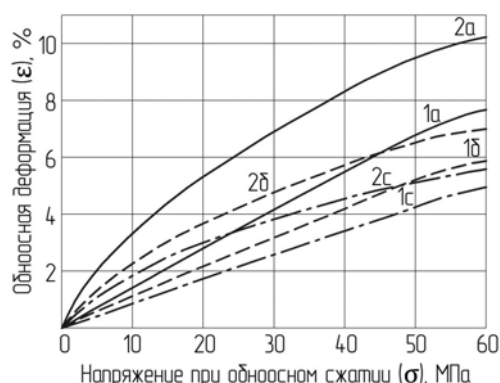


Рис. 3 Изменение деформации закладки при быстром нагружении после 28 (а), 90 (б) и 180 (с) суток твердения: 1 — смесь №4, 5; 2 — смесь №1, 2

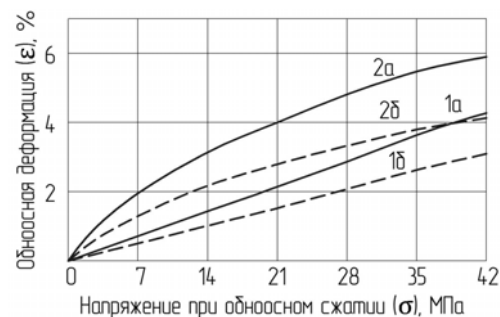


Рис. 4 Изменение деформации закладки при медленном нагружении после 28 (а), 90 (б) и 180 (с) суток твердения: 1 — смесь №4, 5; 2 — смесь №1, 2

напряжения до 60 МПа величина деформаций стабилизируется.

Деформация закладки, содержащей глинистые добавки, не подчиняется прямо пропорциональному закону (рис. 3, кривые 2), но при напряжениях 60 МПа также стабилизируется.

На величину деформации значительное влияние оказывает время твердения закладки до начала активного нагружения. С увеличением срока твердения величина деформации значительно уменьшается (рис. 3, кривые а, б, с).

Кроме того, на величину деформации оказывает влияние характер

нагружения закладки. При медленном нагружении до 0,2 МПа в сутки (рис. 4) величина деформации снижается при одних и тех же параметрах в сравнении с быстрой непрерывной нагрузкой до 5 МПа/мин (рис. 3) [4].

При камерно-цементных системах разработки время твердения закладки (от момента укладки до начала активной нагрузки, или начала отработки рудных целиков) рекомендуется принимать равной установленному сроку твердения — 90 суток. Такой же срок твердения рекомендуется принимать для систем со слоевой выемкой. Характер и интенсивность передачи давления на твердеющую закладку в период отработки месторождения в настоящее время слабо изучены, особенно для крутопадающих мощных месторождений и требуют проведения специальных исследований [5].

На основании полученных результатов исследований и в целях обеспечения прочности закладочного массива до 4 МПа и более в возрасте 90 суток твердения принято решение в процессе освоения оранных целиков Таштагольского филиала ОАО «Евразруда» производить твердеющую смесь с удельным расходом цемента 60 кг/м³, шлака 400 кг/м³ при плотности смеси не менее 2 т/м³ [6].

В соответствии с проектными решениями разработаны и обоснованы технологические параметры производства закладочной смеси на закладочном комплексе: плотность закладочной смеси — 1,95-2,2 т/м³; содержание твердого в закладочных смесях — 68-72 %; тонина измельчения — 70 % фракции — 0,14 мм; усадка смеси — 5 %; угол растекания — 5°±1°.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Требуков А.Л. Применение твердеющей закладки при подземной добыче руд. — М.: Недра, 1981. — 172 с.
2. Пухальский Г.В. Переработка доменных гранулированных шлаков в местные бесклинкерные цементы. — В-ки: Шлаки в строительстве. — Харьков, 1962.
3. Криворучко Л.С. Изыскания рациональных составов твердеющей закладки из отходов промышленности и местных строительных материалов для Таштагольского рудника. Отчет о НИР (СМИ). — Новокузнецк, 1977. — 61 с.
4. Рьжков Ю.А., Волков А.Н., Гоголин В.А. Механика и технология формирования закладочных массивов. — М.: Недра, 1985. — 191 с.
5. Еременко А. А., Еременко В. А., Гайдин А. П. Совершенствование геотехнологии освоения железорудных удароопасных месторождений в условиях действия природных и техногенных факторов. — Новосибирск: Наука, 2008. — 250 с.
6. Отчёт о научно-исследовательской работе Научно-производственного объединения «Сибруда», Восточного научно-исследовательского горнорудного института (ВостНИГРИ) «Обоснование и выбор рациональной технологии отработки запасов в охранных целиках под реку Кондома, промобъекты и жилой посёлок с применением твердеющей закладки» — Новокузнецк: ВостНИГРИ, 1992. — 91 с. **ГИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Татарников Борис Борисович – инженер технического отдела ОАО «Евразруда»,
tatarnikov_bb@nkmk.ru,

Еременко Виталий Андреевич – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геотехнологических процессов ИПКОН РАН, eremenko@ngs.ru.

