© В.В. Мельник, П.Е. Хрисанов, 2010

УДК 622.272

В.В. Мельник, П.Е. Хрисанов

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКИ ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧЕ

Дана оценка эффективности формирования твердеющей закладки при подземной угледобыче из отходов промышленных производств.
Ключевые слова: подземная угледобыча, отходы углеобогащения, шахтные породы, закладочный материал формирование твердеющей закладки, эффективность.

Исследования при формировании бесцементной твердеющей закладки связаны с установлением взаимосвязей ее электрохимических свойств и структурно-прочностных свойств закладочного массива, для которых электродная пара и конфигурация электродов выбрана на основе материалов исследований информативности электрохимических датчиков для конкретных пар и физического моделирования - распределения силовых линий в исследуемой среде.

Электродная пара, состоящая из цинка (анод) и стеклоуглерода (катод), создает ЭДС - 1,2 В (в первые 6 часов после приготовления смеси) и 0,2 В ÷0,8 В (спустя месяц). Ток разряда электрохимического преобразователя при площади каждого из электродов порядка 5 Ч 10^{-4} $м^2$ достигает 5 мА, внутреннее сопротивление 1÷10 кОм.

Измерительная ячейка из данных материалов обеспечивает устойчивую взаимосвязь электрических параметров и структурно-прочностных свойств твердеющей закладки.

Конструкция электрохимического концентрационно-поляризационного датчика (ЭКПД), применяемого в лабораторных условиях, представляет собой трубу из изоляционного материала, на которую диаметрально противоположно наклеены два электрода: из цинка и из стеклоуглерода.

Измерение электрических параметров с электрохимических преобразователей осуществлялась прибором ИИД конструкции ИУУ СО РАН (г. Кемерово). После размещения в трубе электрохимических преобразователей в нее через специальные окна заливается закладочная смесь, и снимаются характеристика с помощью измерительной аппаратуры, включающей прибор для измерения электрохимических параметров закладочной смеси, коммутатор и соединительные провода.

Для лабораторных исследований в качестве инертного заполнителя применяли гранулированный шлак ЗСМК, вяжущего использовали золу-уноса Кузнецкой ТЭЦ с добавлением химической добавки - ХСТН (6% от веса вяжущего).

Для получения взаимосвязи электрических параметров и структурно-прочностных свойств твердеющей закладки в широком диапазоне изменения прочности, при изготовлении образцов закладки варьировали содержание заполнителя, вяжущего и воды.

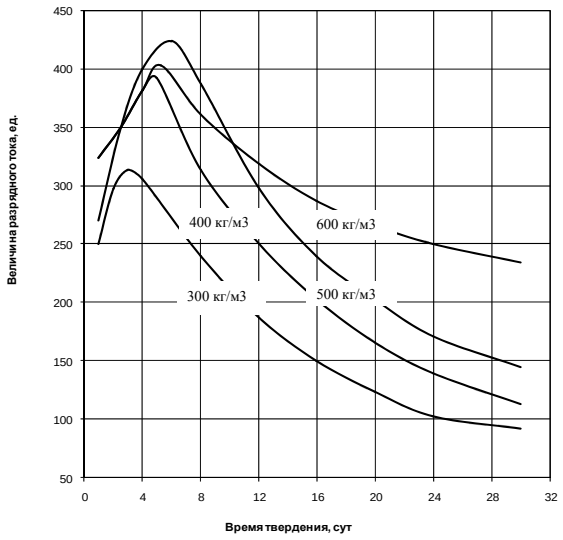

Рис. 1. Изменение величины разрядного тока ЭКПД в процессе твердения закладки при различных расходах золы

В каждой серии, по принятой методике изготавливались контрольные образцы. Образцы закладочной смеси твердели в формах, покрытых влажной тканью, после разборки форм образцы маркировались и хранились в нормально-влажностных условиях. Испытания образцов закладки на прочность и измерение электрических параметров производили в различные сроки твердения, а испытания образцов на одноосное сжатие производили на гидравлическом прессе.

Выявление взаимосвязи электрических параметров смеси и структурно-прочностных свойств закладки, а также возможности воспроизводства полученных результатов, была проведена тарировка измерительного прибора ИИД. Показания с измерительного прибора ИИД снимались в относительных единицах, величина которых пропорциональна току протекающему через электрохимический преобразователь.

Влияние времени твердения на начальное значение величины разрядного тока протекающего через электрохимическую ячейку представлено на рис. 1. Зависимости получены для различных расходов вяжущего.

Анализ кривых показывает, что величина разрядного тока растет в течение 3-5 суток, а в период твердения падает.

Прочность закладки с течением времени растет по зависимости представленной на рис. 2. Устойчивая взаимосвязь между прочностью и временем твердения наблюдается после 3÷5 суток твердения.

В результате проведенных исследований установлена принципиальная возможность контроля структурно-прочностных свойств закладочного массива посредством измерения электрических параметров твердеющего массива.

На рис. 3 представлены зависимости между прочностью твердеющей закладки и начальным значением величины разрядного тока при различных периодах твердения, которая установлена для состава, где в качестве вяжущего использовалась зола-уноса Кузнецкой ТЭЦ, а также химическая добавка ХСТН.

В ходе экспериментальных исследований определялось соотношение компонентов бесцементных твердеющих смесей с различными заполнителями, а также влияние качества заполнителей на свойства твердеющих смесей.

Твердеющие смеси с заполнителем из гранулированного шлака ЗСМК готовились в соотношении (вяжущее:

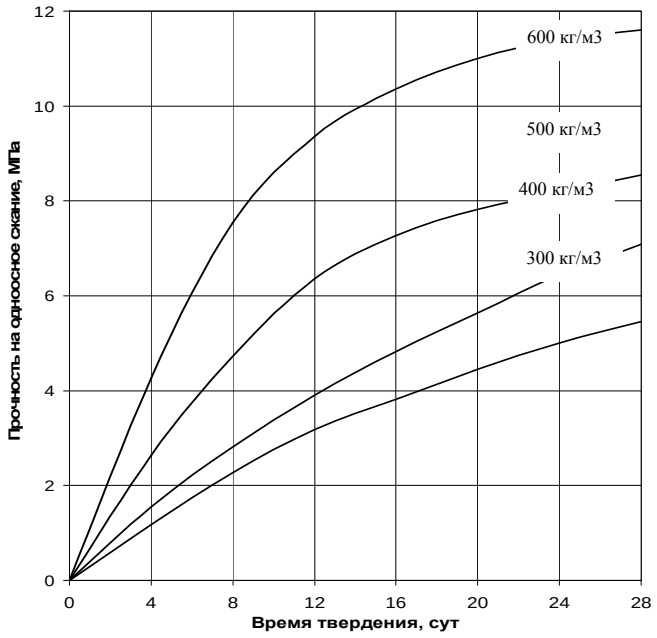

Рис. 2. Кинетика твердения закладки

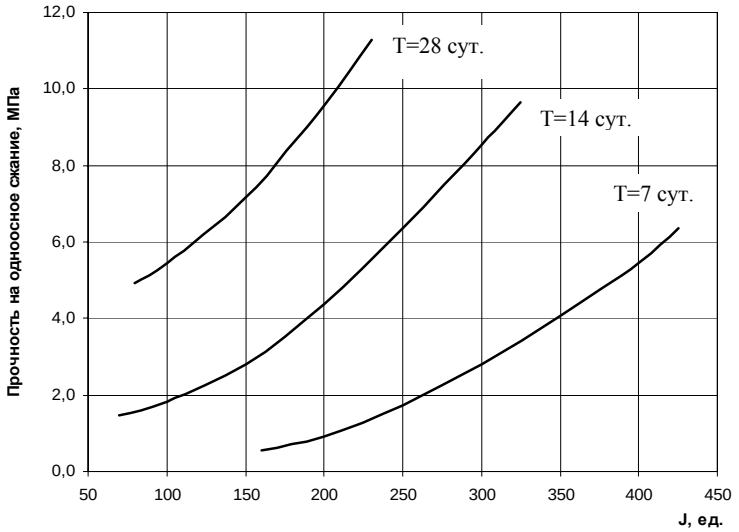

Рис. 3. Зависимости между прочностью твердеющей закладки и начальным значением разрядного тока ЭКПД при различных периодах твердения

заполнитель) 1:6, 1:4, 1:3, при этом расход вяжущего (нефелинового шлама) составляет соответственно 250, 350, 450 кг/м^3.

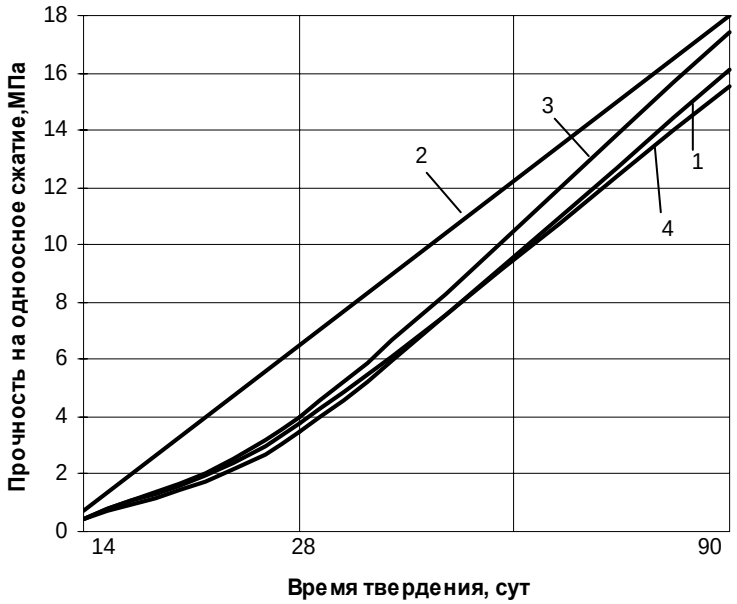

Рис. 4. Зависимость прочности смесей от времени твердения (заполнитель - золошлаковые отходы Томусинской ГРЭС)

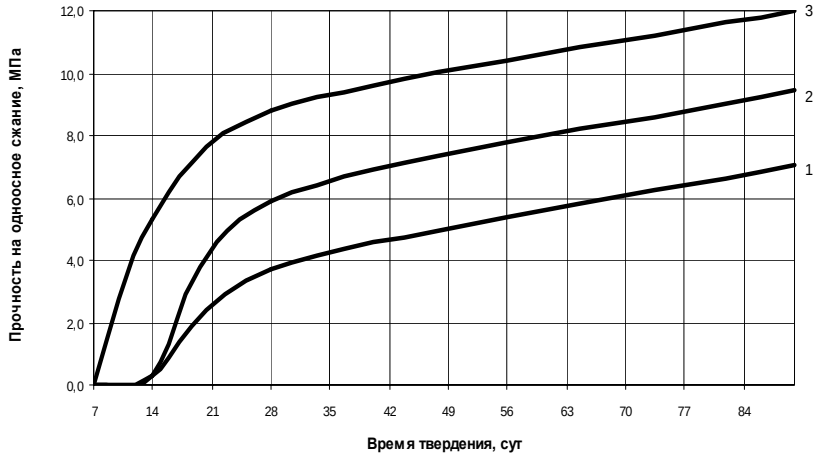

Рис. 5. Зависимость прочности от времени твердения (заполнитель - шлаки котельных): 1, 2, 3 – при расходе нефелинового шлама 400, 500, 600 кг/м^3 соответственно

Анализ результатов исследований показал, что при расходе вяжущего от 250 до 450 кг/м^3 с добавлением активизатора твердения от 5 до 20 % от веса вяжущего происходит увеличение прочности твердеющих смесей после трехсуточного режима твердения. Нормативная прочность

твердеющей смеси (4 МПа и более) достигается в 7-ми суточном режиме затвердения при вводе I0% добавки фторогипса.

Анализ прочностных характеристик составов при постоянном расходе вяжущего 350 кг/м^3 показывает, что добавка фторогипса является ускорителем твердения и позволяет увеличить прочность в трехсуточном режиме затвердения с 0 до 1,1 МПа, аналогичная зависимость наблюдается при различных сроках твердения. Максимальная прочность твердеющих смесей с заполнителем из граншлака при нормальных условиях твердения (без пропарки) составляет 35,0 МПа.

Полученные результаты показывают необходимость применения фторогипса в качестве активизатора твердении смеси (нефелин + граншлак). Для промышленного использования может быть рекомендован состав с расходом вяжущего (нефелинового шлама) в количестве 350 кг/м^3 и добавкой фторогипса 35 кг/м^3 (10%), при этом получена прочность смеси 5,5 и 11,5 МПа в 7-ми и 14-тисуточном режимах затвердения.

Исследуемые смеси отвечали условиям транспортабельности (K_p ≤1,0), не расслаивались и представляли текучую однородную массу.

Лабораторные исследования прочностных свойств твердеющих смесей на основе нефелинового шлама с активизатором затвердения - фторогипсом и заполнителями из золошлаковых отходов Томусинской ГРЭС показали, что рациональный расход вяжущего составляет 290÷390 кг/м^3 (рис. 4).

Следует отметить, что скорость твердения исследуемых составов до 14-ти суточного режима твердения незначительна (по сравнению с цементными составами), а активный набор прочности наблюдается с 28 до 90 сут. На основании анализа результатов проведенных исследований для испытаний в промышленных условиях могут быть рекомендованы составы с расходом вяжущего 290-390 кг/м^3, активизатора твердения 210 кг/м^3, заполнителя 830-930 кг/м^3 , воды 480-520 л/м^3, обеспечивающие прочность не менее 4 МПа при 28-ми суточном режиме затвердения.

При исследованиях составов с заполнителем из шлаков котельных промышленных предприятий расход вяжущего принимался 400÷600 кг/м^3, активизатора 60÷190 кг/м^3 или 5÷15% от веса смеси. Анализ результатов (рисунок 5) показал, что для промышленной проверки могут быть рекомендованы составы с расходом вяжущего 500÷600 кг/м^3, активизатора 60÷130 кг/м^3, заполнителя 600÷700 кг/м^3, воды 570÷600 л/м^3.

Из-за дефицита и недостаточности запасов компонентов были проведены исследования бесцементных твердеющих смесей с заполнителем из пород кровли (песчаник) пласта Характерного шахты «Коксовая» ОАО УК «Прокопьевскуголь», которые показали, что при расходе нефелинового шлама 500÷600 кг/м^3 и активизатора 50÷100 кг/м^3 может быть получена прочность не менее нормативной, т.е. 4÷6 МПа при 28-ми суточном режиме затвердения.

Получение литой твердеющей закладки сопряжено с решением комплексной задачи, включающей изучение сырьевой базы компонентов, разработку составов, технологию их приготовления и транспорта в выработанное пространство. Анализ результатов исследований по разработке бесцементных литых твердеющих смесей с учетом сырьевой базы, технологических требований по приготовлению и применению их в качестве закладочного материала позволил

Таблица 1

Результаты лабораторных исследований составов литых твердеющих смесей на основе нефелиновых шламов

Расход компонентов, кг/м^3							Предел прочности на одноосное сжатие, МПа, при времени твердения, сут.				
нефели-новый шлам	**Фторо гипс**	**гран-шлак**	**Породы шахт**	**топлив-ные шлаки**	**золошла-ковые от-ходы ГРЭС**	**вода**	**3**	**7**	**14**	**28**	**90**
350	20	1400	-	-	-	500	0,3	1,5	4,2	9,0	12,6
350	35	1385	-	-	-	480	1,0	5,5	11,5	14,3	19,2
450	70	-	-	-	-	610	-	0,6	3,8	7,0	14,0
550	30	-	-	-	-	590	0,2	2,0	6,2	9,2	15,2
500	130	-	550	570	-	610	-	-	0,2	5,9	9,3
600	60	-	650	540	-	570	-	0,3	4,4	6,0	11,3
330	210	-	-	-	890	520	-	0,1	0,9	6,7	18,0
390	210	-	-	-	830	520	-	0,1	0,5	4,0	17,6
1570	170	-	-	-	-	450	0,6	1,4	3,6	6,4	7,6
1390	350	-	-	-	-	435	8,3	10,8	12,5	14,2	15,0

Таблица 2

Составы бесцементных твердеющих смесей на основе нефелинового шлака

Компоненты	Расход, кг/м^3
Вяжущее - нефелиновый шлам	350
Заполнитель - гранулированный шлак ЗСМК	1400
Ускоритель твердения - фторогипс АГК	35
Вода	480
Вяжущее - нефелиновый шлам АГК	290-390
Заполнитель – золошлаковые отходы Томусинской ГРЭС	830-930
Ускоритель твердения - фторогипс АГК	210
Вода	480-520
Вяжущее - нефелиновый шлам АГК	500-600
Заполнитель – шлаки бытовых и промышленных котельных	600-700
Ускоритель твердения - фторогипс АГК	60-130
Вода	570-600
Вяжущее - нефелиновый шлам	500-600
Заполнитель – шахтовые породы	550-650
Ускоритель твердения - фторогипс АГК	50-100
Вода	600-650

выбрать рациональные составы и рекомендовать их к промышленной проверке для дальнейшего использования (табл. 1).

Для промышленных испытаний приняты следующие составы бесцементных твердеющих смесей (табл. 2), в которых в качестве вяжущего использовались нефелиновые шламы Ачинского глиноземного комбината (АГК).

Экспериментальными лабораторными исследованиями бесцементных литых твердеющих смесей с учетом технологических требований по их приготовлению и применению в качестве закладочного материала установлены рациональные составы для промышленной реализации в условиях реального горного производства: смесь № 1 (вяжущее - нефелиновый шлам АГК, заполнитель - гранулированный шлак ЗСМК, ускоритель твердения - фторогипс АГК), смесь № 2 (нефелиновый шлам, золошлаковые отходы Томусинской ГРЭС, фторогипс), смесь № 3 (нефелиновый шлам, шлаки бытовых и промышленных котельных, фторогипс) смесь № 4 (нефелиновый шлам, шахтовые породы, фторогипс).

В результате экспериментальных исследований в условиях горного производства разработана технология утилизации, в которой:

– закладочный массив набирает прочность выше нормативной (не менее 4,0 МПа) в течение 14 суток;

– прочность на разрыв при исследованиях сцепления (адгезии) между слоями закладочного массива составляет 87-135 кПа при сроке твердения закладочного массива 10-14 суток;

– дополнительные исследования прочностных свойств закладочного массива путем выдергивания закрепленных в нем арматурных стержней показали, что через 14 дней усилия их выдергивания составили 4,5÷9,0 т.

Наблюдениями за полнотой заполнения выработанного пространства твердеющей закладкой, расслоением закладочного массива, ее растекаемостью выявлено, что смесь заполняет пустоты, трещины и растекается по полосе на расстояние 100 м без видимого расслоения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сенкус В.В., Горшков А.М.* Экспериментальные исследования физико-механических характеристик бесцементных твердеющих смесей с различными заполнителями. // Научно-технические разработки МГГУ и ОАО «Гуковуголь». Сборник – М.; МГГУ, 2003. – с. 112-125.
2. *Белов В.П., Горшков А.М.* Опытно-промышленные исследования закладочного массива в выработанном пространстве из бесцементных твердеющих смесей. // Научно-технические разработки МГГУ и ОАО «Гуковуголь». Сборник – М.; МГГУ, 2003. – с. 126-131.
3. *Горшков А.М.* Использование отходов угольного производства в промышленности и строительстве. // Нетрадиционные и интенсивные технологии разработки месторождений полезных ископаемых. Труды VII Международной конференции. – Новокузнецк, СибГИУ, 2002. – с.25-28. ГИАБ

Коротко об авторах

Мельник В.В. – доктор технических наук, профессор кафедры ПРПМ,
Хрисанов П.Е. – аспирант кафедры ПРПМ,
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru