

НОРМАТИВНАЯ ПРОЧНОСТЬ ЗАКЛАДКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНОПРОЧНЫХ ТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ

Зассеев И.А., Майстров Ю.А., Габараев Г.О., Кубалов Р.О.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ

Ключевые слова: обработка месторождения, закладочная смесь, разнопрочная закладка, расход компонентов, нормативная прочность.

Аннотация. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на совершенствование технологии закладочных работ на Скалистом руднике. Результаты работы могут использоваться на горнорудных предприятиях ведущих разработку в условиях высокого горного давления.

NORMATIVE STRENGTH OF THE BOOKMARK WHEN USING MULTI-STRENGTH HARDENING MIXTURES

Zasseev I.A., Majstrov Yu.A., Gabaraev G.O., Kubalov R.O.

North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz

Keywords: mine development, backfilling mixture, different bookmark, the consumption of components, regulatory strength.

Abstract. The paper presents the results of theoretical and experimental studies aimed at improving the technology of laying operations on a Rocky mine. The results of the work can be used at mining enterprises that are developing in conditions of high mountain pressure.

Закладочный массив в районе очистных панелей рудника «Скалистый» не однороден по высоте и имеет слоистую структуру - перемежающиеся прослойки различной прочности [1]. Мощность отдельных слоев, как показали результаты георадарных исследований, составляет 0,2-0,3м. Подача твердеющей смеси непосредственно в выработанное пространство производится свободным ее сливом через закладочные скважины. При самотечном размещении в выработанном пространстве нестабильных смесей происходит их расслоение с образованием нескольких зон: первая зона - у места падения потока с преобладанием крупного заполнителя и пониженным содержанием вяжущего, вторая – зона ангидритно-шлаковой смеси, третья зона - затвердевшее «молоко» из вяжущего. Такое распределение материалов наблюдается при небольшой высоте закладываемого слоя.

Параметры одновременно возводимого слоя в зависимости от ширины и длины очистного слоя при фактической производительности ПЗК 375 м³/сут. приведены в табл. 1.

Табл. 1. Высота одновременно возводимого слоя h_c (м)

Ширина слоя, м	Длина слоя (панели), м			
	60	80	100	120
6	1,0	0,77	0,62	0,51
8	0,77	0,58	0,46	0,38

При закладке выработанного пространства больших размеров по вертикали также происходит расслоение смеси, однако оно постепенно сглаживается и не затрудняет работу рядом и под искусственным массивом.

Структура затвердевшей закладки является одним из главных факторов, влияющих на ее устойчивость при обнажении. При однородном строении закладочного массива отмечается высокая устойчивость искусственной кровли, позволяющая иметь горизонтальные обнажения в 1,5-2 раза выше, чем при слоистом строении. Отрицательное влияние на формирование структуры закладочного массива и на его прочность оказывают некачественное перемешивание смесей при их приготовлении и перерывы в процессе закладочных работ. Это ведет к образованию слоистого строения массива закладки, при котором слои разной прочности перемежаются со слоями несвязанного материала.

В связи с тем, что размеры слоя в горизонтальной плоскости значительно превышают высоту слоя, образуемого до начала схватывания смеси, нагрузку на нижний слой определяют из выражения:

$$P = (\gamma_m - \gamma_v) g h_c / \kappa_c, \quad (1)$$

где P – давление от столба твердого в смеси на нижние слои, Па; γ_m и γ_v – соответственно плотность твердой и водной фаз в твердеющей закладочной смеси, кг/м³; g – ускорение свободного падения тел, м²/с; h_c – высота столба твердых частиц в слое, м; κ_c – коэффициент старения твердеющей смеси; κ_c – коэффициент старения твердеющей смеси зависит от предельного напряжения сдвига свежеприготовленной закладочной смеси τ_0 и после набора прочности τ_t ; $\kappa_c = \tau_t / \tau_0$.

Результаты расчета давления от собственной массы вновь поданной закладочной смеси в зависимости от высоты одновременно возводимого слоя приведены в табл. 2.

Табл. 2. Давление от массы закладочной смеси

Высота вновь возводимого слоя (h_c), м	0,38	0,46	0,51	0,58	0,62	0,77
Давление от массы закладочной смеси (P), МПа	0,26	0,32	0,35	0,4	0,43	0,53

Давление от массы закладочной смеси при высоте вновь возводимого слоя 0,7м в 2 раза превышает давление при высоте возводимого слоя 0,38м, что в определенной мере влияет на качество возводимого искусственного массива и ее уплотнение за счет давления сверху лежащих слоев твердеющей закладочной смеси.

Анализ производства закладочных работ на руднике позволил выявить следующие недостатки: низкая производственная мощность ПЗК; колебания в дозировке компонентов; прерывистый режим подачи закладки; расслоение-сегрегация смеси в процессе транспортировки. В следствии которых слоистое и неоднородное строение закладочного массива, снижение его несущей способности.

Закладочный массив формируется закладкой, состав которой определяется руководствуясь следующим: нормативными показателями требований по прочности; контрольными прочностными характеристиками выбираемого состава; наличием материалов; технологической возможностью закладочного комплекса.

Все твердеющие закладочные смеси согласно при проведении закладочных работ на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» разделяются по маркам прочности. Расход компонентов, контрольные прочностные характеристики во времени и маркам представлены в табл. 3, [2].

Табл. 3. Ангидрито-шлако-цементные составы

Расход материалов, кг/м ³				Контрольная характеристика прочности, МПа			
Цемент	Ангидрит	Шлак	Вода	3 суток	7 суток	28 суток	180 суток
20-30	600-800	600-900	500-550	-	0,3	0,5	0,8-1,0
35-45	600-800	600-900	500-550	0,2-0,3	0,4-0,5	1,2-1,4	1,8-2,0
45-55	600-800	600-900	500-550	0,4-0,5	0,7-0,9	1,4-1,7	2,6-3,0
50-70	600-800	600-900	500-550	0,5-0,6	0,9-1,2	1,6-2,0	3,5-4,0
70-90	600-800	600-900	500-550	0,8-1,0	1,2-1,5	2,5-3,0	5,0-6,0
90-110	600-800	600-900	500-550	1,0-1,2	1,5-2,0	3,5-4,0	7,0-8,0
140-160	600-800	600-900	500-550	1,2-1,5	2,5-3,0	4,0-5,0	9,0-10,0

Нормативные характеристики закладки рассчитываются по допустимым деформациям для подрабатываемых объектов из условия сохранения геомеханической сбалансированности массива в зоне разупрочнения пород. На отдельных участках месторождения, где выработанное пространство будет находиться под защитой заклинившихся структурных отдельностей, для погашения выработанного пространства возможно применение состава закладки разной прочности и из различных материалов

Напряжения, создаваемые в результате подпора материалом-заполнителем пустот, складываются из совокупного влияния всех элементов управления:

$$\sigma_m = n_1\sigma_{n.3} + n_2\sigma_{c.3} + n_3\sigma_{m.3} + n_4\sigma_{n.3} + n_5\sigma^{ocm} = \sum_1^l n_i\sigma_m^y, \quad (3)$$

где σ_m - напряжения в материале- заполнителе конструкции, возводимой в пустотах, МПа; $\sigma_{n.3}, \sigma_{c.3}, \sigma_{m.3}, \sigma_{n.3}$ - величины подпора, соответственно, прочного, среднепрочного и мало прочного состава твердеющей и нетвердеющей смесей; ℓ - число упрочняющих элементов; n_1, \dots, n_5 - массовое число материала в общем количестве смеси; σ_m^y - прочность материалов упрочнения.

Прочность искусственного массива из твердеющих смесей для создания подпора определяется из условия ВНИМИ [3], скорректированного с учетом упрочнения массива из разнопрочного состава:

$$\sigma_{сж} = \left(\frac{k_\alpha k_\Pi \gamma_n Z_\phi^2 d_1}{4a_y d_2} + \gamma_s H_s \right) \frac{k_3}{k_\phi k_\delta k_{ynp}}, \quad (4)$$

где $k_\alpha, k_n, k_3, k_\phi, k_\delta, k_{ynp}$ - коэффициенты угла наклона камеры, пригрузки, запаса, формы, длительной прочности и упрочнения соответственно; γ_n, γ_s - плотности пород и массива из твердеющей закладочной смеси; Z_ϕ - фактический пролет; a_y - ширина искусственного массива; $Z_{пред.}$ - предельный пролет обрушения.

Для остальной части блока свойства закладки рассчитывают как для месторождения, площадь которого ограничена параметрами участка, входящего в определенный сектор разработки. В этом случае определяются свойства закладки в каркасах и необходимый их подпор.

Исследованиями установлены следующие характеристики составов разнопрочной закладки:

Заходки защитного слоя: нижний армированный слой толщиной не менее 1,8-2 м составом марки М 80-100; оставшуюся верхнюю часть слоя составом марки М 40-60.

Очистное пространство верхней части камер – верхних подсечек на высоту 4-4,5 м рекомендуется закладывать составом марки М 80-100, нижней части - закладочным составом М 40-60. Остальное пространство - М 20-30.

Нормативная прочность твердеющей закладки дифференцируется в интервале 0,5-4,0 МПа в зависимости от взаимодействия рудных и искусственных массивов с приоритетным влиянием факторов своевременного введения массива из закладки в условия объемного сжатия: на участках где нужна наибольшая прочность - потолочины и днища, заходки защитного слоя – $\sigma_{сж}=2,5-4,0$ МПа; для верхней частей камер и несущих частей очистных слоев – $\sigma_{сж}=1,0-2,5$ МПа; для остальных пустот – $\sigma_{сж}=0,5-1,0$ МПа.

Список литературы

1. Габараев О.З., Дмитрак Ю.В., Дребенштедт К., Савелков В.И. Закономерности взаимодействия разрушенных геоматериалов и рудовмещающего массива при обработке подработанных вкрапленных руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2017. – №4. – С. 406-413.

2. Габараев О.З., Кожиев Х.Х., Битаров В.Н., Гашимова З.А. Технологии разработки сильнонарушенных руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2013. – №3. – С. 35-39.
3. Голик В.И. Концептуальные подходы к созданию мало- и безотходного горнорудного производства на основе комбинирования физико-технических и физико-химических геотехнологий // Горный журнал. – 2013. – № 5. – С. 93-97.

References

1. Gabaraev O.Z., Dmitrak Yu.V., Drebenshtedt K., Savelkov V.I. Regularities of interaction of destroyed geo-materials and ore-bearing massif in the processing of processed deposited ore // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2017. – №4, Vol. 4. – P. 406-413.
2. Gabaraev O.Z., Kozhiev H.H., Bitarov V.N., Gashimova Z.A. Development technologies of severely disturbed ores // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2013. – №3, Vol.5 – P. 35-39.
3. Golik V.I. Conceptual approaches to the creation of low-and waste-free mining production based on the combination of physical-technical and physical-chemical geotechnologies // Mining journal. – 2013. – №5. – P. 93-97.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Зассеев Игорь Анатольевич – аспирант кафедры горного дела	Zasseev Igor Anatolovich – postgraduate student of the Mining Department
Майстров Юрий Александрович – аспирант кафедры горного дела	Majstrov Yuri Alexandrovich – post-graduate student of the Mining Department
Габараев Георгий Олегович – студент	Gabaraev Georgy Olegovich – student
Кубалов Руслан Олегович – аспирант кафедры горного дела	Kubalov Ruslan Olegovich – postgraduate student of the Mining Department
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия	North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University, Vladikavkaz, Russia)

Получена 28.05.2020