

А.Г. ОГАНЕСЯН

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОРЯДКА ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКИ ПРИ НИСХОДЯЩЕЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ С ПОСЛОЙНОЙ ВЫЕМКОЙ РУДЫ С ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКОЙ

Характерной особенностью системы подземной разработки нисходящими слоями с твердеющей закладкой является стадийность отработки слоевых запасов руд, сущность которой заключается в строгой последовательности отработки первичных очистных заходок и междузаходочных целиков. Последние являются очистными заходками второй, третьей и прочих очередей после предварительной закладки ранее отработанных заходок с твердеющими смесями. Геомеханическими исследованиями выявлено, что, при прочих равных условиях, чем больше количество стадий отработки эксплуатационного слоя, тем ниже требуемая прочность закладочного материала.

Ключевые слова: закладка, добыча, система, целик, заходки, порядок отработки, слой.

Нисходящие системы послойной разработки с твердеющей закладкой применяют при добыче высокоценных руд, так как, помимо повышенных затрат, они обеспечивают высокие качественно-количественные показатели.

Особенностью нисходящей системы послойной разработки с закладкой является то, что отработка рудных тел ведется горизонтальными или слабонаклонными слоями под искусственной кровлей, образованной твердеющей закладкой вышележащего слоя. Закладочный массив, созданный в выработанном пространстве, служит для поддержания боковых и налегающих пород и образует надежную искусственную кровлю при выемке каждого последующего слоя [1].

Технология эксплуатации слоевых запасов руд предусматривает проведение очистных заходок, отработка которых в слое может осуществляться через одну, две и более заходок. Иными словами, главным отличием очистной выемки в эксплуатационном слое является стадийность отработки, сущность которой заключается в строгой последовательности отработки первичных очистных заходок и междузаходочных целиков. Последние в зависимости от их ширины в дальнейшем являются очистными заходками второй, третьей и прочих очередей после предварительной закладки предыдущих заходок с твердеющими смесями (рис. 1).

В этих условиях рассмотрим физическую сущность работы искусственных массивов в различные периоды времени разработки.

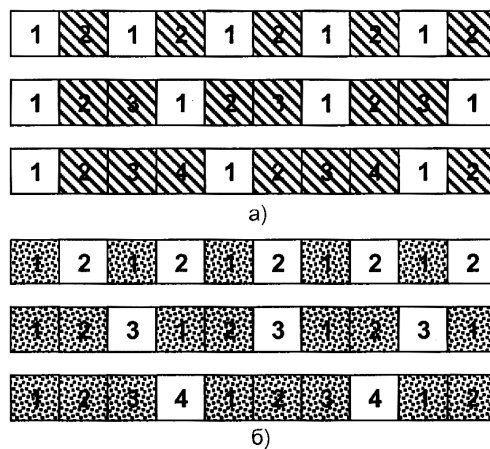


Рис.1. Последовательность отработки очистных заходок в начале (а) и в конце (б) выемки эксплуатационного слоя при нисходящих системах послойной разработки с твердеющей закладкой: 1,2,3,4-последовательность отработки заходок
 ▨ - руда ▩ - твердеющая закладка

В [2-5 и др.] показано, что процессы нагружения искусственных целиков и их взаимодействие с вмещающими породами коренным образом отличаются от аналогичных процессов у естественных целиков. Эти отличия состоят в том, что, во-первых, рудный целик, как часть горного массива, всегда находится в напряженном состоянии, величина которого возрастает по мере выемки смежных первичных заходок, а искусственный целик возводят после определенных деформаций пород кровли заходок. Во-вторых, в результате усадки твердеющей закладки искусственный целик не может сразу воспринимать нагрузку веса налегающих пород, кроме того, твердеющая закладка и рудный массив характеризуются различной жесткостью – существенно меньше жесткость искусственного массива.

Первоначально на первой стадии отработки извлекаются запасы руды в первичных заходках, после чего в эксплуатационном слое устанавливается равновесие. Основным геомеханическим процессом, протекающим в массиве горных пород на этой стадии, является формирование напряженного состояния рудных ленточных целиков в условиях меняющегося пролета выработанного пространства. При этом в конце стадии нагрузка распределяется на временно оставленные рудные целики.

После отработки, заполнения твердеющими смесями первичных заходок и достижения закладкой нормативной прочности приступают к извлечению запасов руды вторичных заходок, которые составляют часть рудного междузаходочного целика. Следовательно, между вторичными заходками остается ленточный междузаходочный целик, представленный рудой и закладочным материалом (комбинированные целики). В связи с тем, что жесткость рудного массива на порядок выше материала твердеющей закладки, основными несущими элементами остаются рудные части междузаходочных комбинированных целиков. При этом искусственные целики, возводимые из твердеющей смеси, нагружены лишь весом пород свода

давления и играют роль подпорных стенок, способствуя увеличению несущей способности рудных массивов.

Аналогичным способом извлекают запасы руды из оставшейся части рудного междузаходочного целика с заходками третьей и последующих (при необходимости) очередей и постепенной передачей веса налегающей толщи от рудных целиков на искусственные целики, которые в последней стадии уже сами являются основными конструкциями, обеспечивающими безопасность горных работ в пределах эксплуатационного слоя.

Таким образом, приведенные теоретические рассуждения свидетельствуют о том, что последовательность проходки первичных и последующих очередей заходок, наряду с обеспечением необходимой прочности закладочного массива, является основным способом управления горным давлением при нисходящей системе послышной разработки с закладкой.

Исходя из вышеизложенного, геомеханическое обоснование поддержания выработанного пространства в пределах эксплуатационного слоя при системе разработки нисходящими слоями с твердеющей закладкой сводится к задаче определения прочности закладочного материала в зависимости от количества стадий отработки слоя.

При относительно небольших глубинах и сравнительно больших площадях отработки решение вышеотмеченной задачи следует производить на основе следующих предположений и допущений.

1. Междузаходочные искусственные целики воспринимают нагрузку всей толщи налегающих пород в пределах площади выработанного пространства [6].

2. Искусственные целики представляют собой своеобразные распорные конструкции, являющиеся основными несущими элементами; по условиям взаимодействия с вмещающими породами они работают на сжатие в независимом режиме, то есть воспринимают нагрузку от вышележащих пород и передают на почву.

3. Напряжения по площади поперечного сечения искусственного целика в течение времени распределяются равномерно. При этом неравномерность распределения напряжений учитывается коэффициентом запаса прочности.

4. Расчеты производятся по допускаемым напряжениям, то есть прочность искусственных целиков оценивается путем сравнения величины действующих в целике давлений с допускаемым напряжением, величина которого принимается различной в зависимости от отношения высоты целика к его ширине. В данном случае высота целика равна высоте эксплуатационного слоя, а ширина целика – кратной ширине первичных заходок.

Основываясь на этих допущениях и согласно расчетной схеме (рис. 2), величина вертикальной нагрузки (Q), приходящейся на 1 м длины междузаходочного ленточного искусственного целика, составляет

$$Q = 1000q(b_{ц} + l_3), \text{ кН}, \quad (1)$$

где q – величина вертикального давления в пределах выемочного слоя, $МПа$; $b_{ц}$ – ширина междузаходочного искусственного целика, $м$; l_3 – ширина одиночной заходки, $м$.

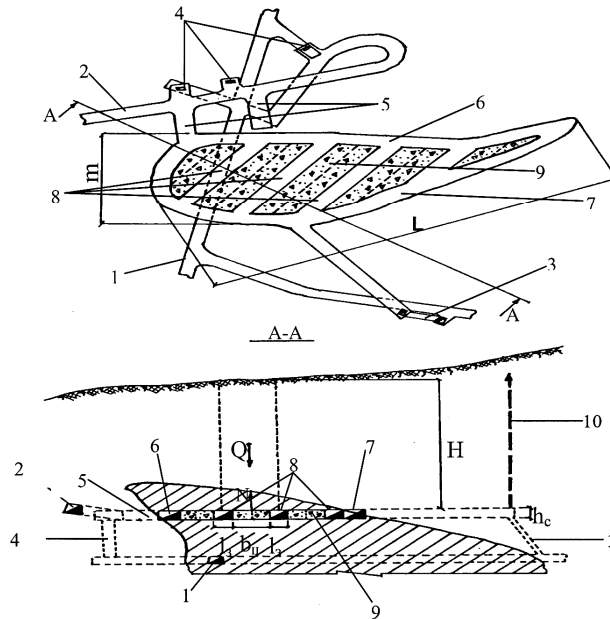


Рис. 2. Система разработки нисходящими слоями с твердеющей закладкой и схема к расчету ширины искусственного целика: 1 - штольня, 2 - транспортный уклон; 3 - вентиляционный восстающий; 4 - рудоспуски; 5 - заезды; 6 - транспортный штрек; 7 - вентиляционно-закладочный штрек; 8 - очистные заходки; 9 - твердеющая закладка; 10 - закладочная скважина

Исходя из унификации конструктивного оформления системы разработки, величина $b_{ц}$ должна быть кратной ширине одиночной заходки.

Величина q определяется по формуле

$$q = 0,001 \gamma g H, \quad (2)$$

где σ - объемная масса налегающих пород, $т/м^3$; g - ускорение свободного падения, $g = 10 м/с^2$; H - глубина разработки эксплуатационного слоя, $м$.

Подставив выражение (2) в (1), получим

$$Q = \gamma g H (b_{ц} + l_3). \quad (3)$$

Несущая способность $1 м$ междузаходочного искусственного целика составляет

$$N = \frac{1000 \sigma_{сж} b_{ц} K_{\phi}}{K_3}, \quad кН, \quad (4)$$

где $\sigma_{ж}$ - временное сопротивление закладочного массива междузаходочного целика одноосному сжатию, $МПа$; K_{ϕ} - коэффициент формы; K_3 - коэффициент запаса прочности целика, принимаемый равным 2...3.

Физический смысл K_{ϕ} состоит в том, что он учитывает влияние геометрических размеров целика на его несущую способность. Чем больше отношение ширины целика к его высоте, тем большая часть его работает в условиях всестороннего сжатия и, следовательно, обладает повышенным сопротивлением. K_{ϕ} является эмпирической

приближенной величиной и при условии $b_{ц} \geq h_c$ (характерно для данной системы) определяется по формуле

$$K_{\phi} = b_{ц} / h_c, \quad (5)$$

где h_c – высота эксплуатационного слоя, м.

Для устойчивости междузаходочного искусственного целика необходимо соблюдать следующее условие:

$$N \geq Q. \quad (6)$$

Подставив значение K_{ϕ} в (4), на основе (6) определим временное сопротивление на одноосное сжатие закладочного материала:

$$\sigma_{сж} = 0,001 \gamma_{г} H K_3 h_c \left[\frac{1}{b_{ц}} + \frac{\ell_3}{b_{ц}^2} \right]. \quad (7)$$

С другой стороны, исходя из технологических соображений, имеем

$$b_{ц} = (n_{ст} - 1) \ell_3, \quad (8)$$

где $n_{ст}$ - число стадий отработки эксплуатационного слоя.

Тогда формула определения $\sigma_{сж}$ в зависимости от $n_{ст}$ будет иметь следующий вид:

$$\sigma_{сж} = 0,001 \gamma_{г} H K_3 h_c \frac{n_{ст}}{\ell_3 (n_{ст} - 1)^2}. \quad (9)$$

На рис. 3 показан график изменения $\sigma_{сж}$ в зависимости от $n_{ст}$ для следующих условий: $\gamma = 2,5 \text{ т/м}^3$, $H = 50 \text{ м}$, $K_3 = 3$, $h_c = 3 \text{ м}$ и $\ell_3 = 3 \text{ м}$.

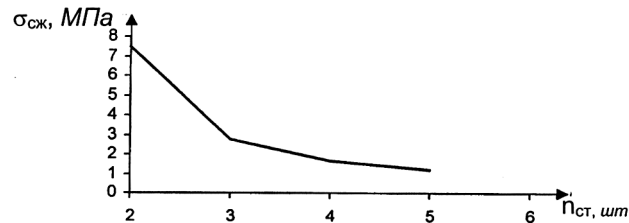


Рис. 3. График зависимости $\sigma_{сж}$ от $n_{ст}$

Представленный на рис. 3 график позволяет убедиться в том, что, при прочих равных условиях, чем больше число стадий отработки эксплуатационного слоя ($n_{ст}$), тем ниже требуемая прочность закладочного массива ($\sigma_{сж}$), а следовательно, стоимость закладочного материала.

Таким образом, произведено геомеханическое обоснование порядка очистной выемки при нисходящей системе послойной разработки с закладкой. Отличительной особенностью этой задачи является множественность справедливых решений. Однако существует оптимальное число стадий отработки, так как, помимо вышеустановленной закономерности, при увеличении количества стадий отработки сокращается число очистных заходов, находящихся в одновременной работе, т.е. снижается производительность эксплуатационного слоя. Этот вопрос требует отдельного рассмотрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Агошков М.И., Борисов С.С., Боярский В.А.** Разработка рудных и нерудных месторождений. -М.: Недра, 1983.- 424 с.
2. **Цигалов М.Н.** Подземная разработка с высокой полнотой извлечения руд. -М.: Недра, 1985.- 272 с.
3. **Кравченко В.П., Куликов В.В.** Применение твердеющей закладки при разработке рудных месторождений. -М.: Недра, 1974.- 200 с.
4. **Борщ – Компониец В.И., Макаров А.Б.** Горное давление при отработке мощных пологих залежей. -М.: Недра, 1986.- 271 с.
5. **Требуков А.Л.** Применение твердеющей закладки при подземной добыче руд. -М.: Недра, 1981.- 172 с.
6. **Шевяков Л.Д.** О барьерных целиках при разработке месторождения с покидаемыми опорными столбами // Методы определения размеров опорных целиков и потолочин. -М.: Изд-во АН СССР, 1962.- С.73 – 77.

ГИУА Материал поступил в редакцию 30.09.2003.

Ա. Հ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

ՀԱՆՔԱՔԱՐԻ ՎԱՐՐԸԹԱՑ ՇԵՐՏԵՐԻ ՀԱՆՈՒՍՈՎ ԵՎ ՊՆԴԱՑՈՂ ԼՅԱՆՑՈՒԹՈՎ ՄՇԱԿՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԴԵՊՈՒՄ ՄԱՔՐԱՀԱՆՈՒՅԹԻ ՎԱՐԳԻ ԵՐԿՐԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ

Վարընթաց շերտերի հանումով և պնդացող լցանյութով մշակման համակարգի կիրառման դեպքում հանքաքարի շերտային պաշարները մշակում են փուլային կարգով, այսինքն՝ առաջնային մաքրման մուտքափորվածքների և միջմուտքափորվածքային բնամասերի մշակման խիստ հաջորդական կատարմամբ: Բնամասերը երկրորդ, երրորդ և այլ հերթի մաքրման մուտքափորվածքներ են, որոնք նախապես լցված են պնդացող խառնուրդներով: Երկրամեխանիկական հետազոտություններով բացահայտվել է, որ այլ հավասար պայմաններում, որքան մեծ է շահագործական շերտի մշակման փուլերի թիվը, այնքան ցածր է լցանյութի պահանջվող ամրությունը:

A.G. HOVHANESSYAN GEOMETRICAL GROUNDING OF SEWAGE PIT ORDER IN DOWNWARD LAYER ORE PIT MINING SYSTEM WITH HARDENING FILLING

The peculiarity of the underground survey system by downward layers with hardening filling is the stageness of working layer ore resources, the essence being in strict sequence of working the primary sewage filling and interfilling. The latter is sewage fillings of the second, third and other queues after preliminary filling of the worked out earlier fillings with hardening mixtures. By geometrical studies it is revealed that in all other equal conditions the more the amount of operating mining layer stages, the lower the filling material strength is required.