

элементами оболочки патрона НРС. Получена, степенная зависимость коэффициента концентрации растягивающих напряжений от зазора между элементами оболочки патрона НРС.

Список литературы

1. ТУ У В.2.7-26.5-24478901-004:2007 Невибухова руйнуюча речовина. Технічні умови. – на заміну ТУ У БВ 2.7.00030937.089397. Без обмеження терміну дії. – Харьков: Госстандарт. Харьковский центр стандартизации и аэрологии, 2007-14с.
2. Заявка 57-136954, Япония, МКИ В 02 С 19/18. Средство для разрушения каменных материалов, в том числе бетона / Нисихара Акио, Мива Мотому, Тада Сюти; Асахи дэнка коге к. к., №56-23509 заявл. 19.02.81, опубл. 24.08.82.
3. Пат. вин. № 100062, МПК (2006.01) E21C 37/06 Спосіб руйнування гірських порід невибуховими руйнуючими складами й патрон для його реалізації / **І.Г. Сахно, М.М. Касьян** (Україна). – а2011 00476; заявл. 17.01.2011, опубл. 12.11.2012, бюл. № 21. – 5с.:ил
4. **Сахно, І.Г.** Обоснование параметров разрушения горных пород с помощью невзрывчатых разрушающих составов / **І.Г. Сахно** // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук.праць / Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 93. С. 245-253.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.13

УДК 622.281

И.Н. ШЕСТОПАЛОВ, ассистент ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАМНО-АНКЕРНОЙ КРЕПИ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ

В статье описаны результаты лабораторных, шахтных и аналитических исследований, направленных на обоснование параметров рамно-анкерной крепи, а также результаты промышленных испытаний предложенных рекомендаций по креплению выработок комбинированной крепью.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Металлические рамные крепи, ввиду значительного разнообразия их конструкций и значительного диапазона рабочих характеристик, в настоящее время стали фактически универсальным средством крепления горных выработок. В настоящее время более 90 % поддерживаемых выработок закреплено рамными крепями. Однако, в связи с неуклонным ростом глубины, а также усложняющимися горно-геологическими условиями отработки угольных пластов, до 30 % выработок, закрепленных рамными крепями, в процессе эксплуатации ремонтируются, что повышает себестоимость угля. Кроме того, металлические рамные крепи имеют ряд недостатков: высокая металлоемкость, низкая степень механизации процесса ее установки, и, как следствие, ограничение темпов проведения.

Одним из перспективных направлений, позволяющих устранить вышеуказанные недостатки, является широкое внедрение комбинированных рамно-анкерных крепей. Опыт их применения на шахтах Украины показывает, что при этом на 30-80 % снижается расход металла (достигается за счет увеличения шага крепи в выработке и применения облегченных профилей рамной крепи), повышается в 1,5-2,0 раза производительность работ при креплении выработок

Однако всего 4 % от общей протяженности поддерживаемых выработок закреплено данным видом крепи. Основной причиной, сдерживающей широкое использование комбинированных крепей, является недостаточная изученность влияния образуемых породно-анкерных конструкций на механические процессы, происходящие во вмещающем выработки массиве. Это, в свою очередь, не позволяет понять роль каждой из конструкций в процессе поддержания выработки, достоверно установить область применения крепей, а также разработать научно обоснованный метод расчета их параметров.

В этой связи, проведение исследований, направленных на обоснование рациональных параметров комбинированных рамно-анкерных крепей, обеспечивающих при минимальном расходе крепежных материалов устойчивое состояние выработки, является актуальной научной задачей.

Анализ основных исследований и публикаций. В научно-технической литературе представлено большое количество исследований, посвященных изучению характера взаимодействия комбинированных крепей с массивом (как отечественных исследователей, так и зарубежных). Проведенный анализ работ, посвященных изучению взаимодействия комбинированной

крепей и массива, а также разработке методик расчета их параметров, позволил разделить их на три большие группы:

наличие анкеров в составе комбинированной крепи учитывается коэффициентом уменьшения смещений, зависящем от плотности установки анкеров [1];

комбинированная крепь рассматривается, как единая грузонесущая конструкция, параметры которой принимаются в зависимости от ожидаемых смещений контура незакрепленной выработки, горно-геологических и горнотехнических факторов, характеризующих условия ее заложения [2];

комбинированная крепь рассматривается, как связная конструкция, параметры которой рассчитываются с использованием метода сил [3].

Однако, всем проанализированным работам присущ ряд недостатков:

во всех работах нет четкого разграничения между существующими анкерно-рамными и рамно-анкерными конструкциями крепи;

механизм взаимодействия составных частей комбинированной крепи во времени изучен недостаточно полно;

в известных методиках расчета параметров комбинированных крепей либо не установлено распределение нагрузок, воспринимаемыми отдельными элементами системы «рама-оболочка из скрепленных анкерами пород», либо оно не учитывает изменение нагрузок во времени;

не установлено, как повлияет установка анкерной крепи на развитие деформационных процессов в частично разрушенном массиве.

Все это не позволяет достоверно определить параметры крепи, позволяющие при минимальных затратах обеспечить длительную устойчивость выработки. Кроме того, в существующих нормативных документах по расчету параметров комбинированной крепи нет научно обоснованных рекомендаций по определению времени и места установки анкеров относительно проходческого забоя.

Для установления рациональных параметров комбинированной крепи, обеспечивающих длительную устойчивость выработки в течении всего срока ее службы, был проведен комплекс лабораторных, шахтных и аналитических исследований.

Лабораторные исследования [4] проводились в два этапа. На первом этапе на структурных моделях изучалось влияние усиления рамной крепи анкерами на устойчивость выработки в зависимости от размера зоны разрушенных пород (ЗРП), сформировавшейся к моменту установки анкеров. В структурных моделях моделировались различные размеры ЗРП, сформировавшиеся в окрестности выработки к моменту установки анкеров, а также различная глубина анкерования и различные схемы установки анкеров (радиальная, крестообразная и двухстадийная). Проведенные исследования показали, что при наличии вокруг выработки к моменту анкерования ЗРП с размером, сопоставимым с глубиной анкерования, эффективность усиления рамной крепи анкерами резко снижается.

На втором этапе для уточнения особенностей влияния усиления рамной крепи анкерами на процесс формирования вокруг выработки ЗРП, выполнялось моделирование на моделях из эквивалентных материалов. Моделирование осуществлялось следующим образом. Первоначально, в различных горно-геологических условиях отрабатывалась модель с выработкой, закрепленной только рамной крепью. После этого определялись конечные смещения на контуре и размер ЗРП, сформировавшийся вокруг выработки. Затем, в этих же горно-геологических условиях, в последующих моделях имитировалась выработка, закрепленная рамной крепью, в которой после реализации заданной части от конечной величины смещений контура, устанавливалась анкерная крепь и модель отрабатывалась до конца. Для измерения смещений реперов в модели использовался метод фотофиксации.

Проведенные исследования показали, что при наличии вокруг выработки ЗРП с размерами, не превышающими половины глубины анкерования, удается частично сохранить целостность скрепленной анкерами оболочки, которая, не разрушаясь, совместно с рамной крепью воспринимает нагрузки со стороны вмещающего массива. Это позволяет уменьшить смещения контура на 32-47 % по сравнению с выработками, закрепленными в аналогичных условиях только рамными конструкциями крепи.

Шахтные исследования [5] влияния усиления рамной крепи анкерами на устойчивость выработки проводились в конвейерном штреке 5-й северной лавы, а также в конвейерном

штреке 5-й южной лавы пласта m_4^0 шахты «Добропольская». В выработках устанавливались комплексные замерные станции. Станции устанавливались в местах, где анкерная крепь возводилась с различным разрывом во времени между выемкой породы и последующим анкерованием. Также, для сравнения, в выработках устанавливались контрольные замерные станции на участках, закрепленных только рамной крепью. Проведенные исследования позволили установить особенности ЗРП вокруг выработки с рамно-анкерной крепью, заключающиеся в том, что если на момент установки анкеров размер ЗРП не превышает половину их длины, то разрушение приконтурного массива прекращается, а фронт разрушения переносится на внешнюю границу области скрепленных анкерами пород. При этом коэффициент разрыхления в пределах не разрушенной заанкерванной части массива не превышает 1,03, а размер ЗРП на 30% меньше, чем вокруг выработки, закрепленной в аналогичных условиях только рамной крепью.

На основании полученных результатов была обоснована расчетная схема к проведению аналитических исследований [6,7]. Разработана физико-математическая модель, описывающая напряженно-деформированное состояние массива, вмещающего горную выработку с рамно-анкерной крепью. В ней, рамная крепь окружена многослойной толстой цилиндрической оболочкой из трансверсально-изотропных слоев, находящейся под действием равномерно распределенной нагрузки, два противоположных края которой жестко закреплены, два других – свободные. Она позволяет с учетом данных о количестве слоев и их физико-механических свойствах, геометрических параметров горной выработки и степени реализации геомеханических процессов рассчитать рациональные параметры комбинированной крепи, обеспечивающие при минимальном расходе крепежных материалов длительную устойчивость горной выработки.

На основании результатов лабораторных, шахтных и аналитических исследований была разработана «Методика...» [8]. Шахтные испытания разработанных на ее основе рекомендаций проводились в 7-м северном конвейерном штреке пл. m_5^{1B} шахты «Добропольская». Протяженность выработки - 1940 м, при этом первые пять пикетов (100 м) были закреплены только рамной крепью, а остальная часть выработки крепилась комбинированной крепью. Для оценки эффективности предложенных рекомендаций по креплению 7-го северного конвейерного штрека в выработке устанавливались комплексные замерные станции. Станции устанавливались непосредственно в забое выработки как на контрольном (закрепленном только рамной крепью), так и на экспериментальном участках.

Проведенные шахтные испытания комбинированной крепи в подготовительных выработках показали, что расчетные параметры крепи обеспечили устойчивое состояние выработки. При этом обеспечивается:

создание вокруг выработки грузонесущей конструкции, максимально использующей природную прочность вмещающих пород. Скрепленная анкерами оболочка, совместно с рамной крепью препятствует развитию деформационных процессов во вмещающем массиве;

снижение в 1,5 раза материалоемкости крепления и уменьшение в 2,3 раза затрат на крепление;

увеличение скорости проведения выработок до двух раз за счет увеличения шага установки крепи по сравнению с выработкой, закрепленной в аналогичных условиях только рамной податливой крепью.

В дальнейшем планируется использовать комбинированное крепление на шахте при проведении конвейерных выработок следующего яруса и монтажных ходков.

Список литературы

1. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. –ВНИМИ, 1986. – 222 с.
2. СОУ 10.1.05411357.010:2008. Система обеспечения надежного и безопасного функционирования горных выработок с анкерным креплением. Общие технические требования. – 89 с.
3. **Черев Д.А.** Выбор параметров рамно-анкерной крепи на основе исследования закономерностей изменения внутренних усилий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 225.0022 / **Черев Д. А.** – Екатеринбург, 2004. – 18 с.
4. **Новиков А.О.** Исследования влияния усиления рамной крепи анкерами на процесс формирования вокруг выработки зоны разрушенных пород / А.О. Новиков, И.Н. Шестопапов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Гірничо-геологічна» / Редкол.: Башков Є.О. (голова) та інші. – Випуск 16(206). – Донецьк. ДВНЗ «ДонНТУ», 2012. – С. 173-179.

5. Касьян Н.Н. Шахтные исследования особенностей деформирования и разрушения пород, вмещающих выработки с рамно-анкерной крепью / Н.Н. Касьян, А.О. Новиков, И.Н. Шестопалов, В.И. Каменец // Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. – Кривий Ріг: Криворізький технічний університет, 2012. – №95(1). – С. 31-35.

6. Новиков А.О. Математическая модель напряженно-деформированного состояния системы «рама-оболочка из скрепленных анкерами пород» / А.О. Новиков, И.Н. Шестопалов // Известия Донецкого горного института. – 2011. – №2. – С. 11-19.

7. Новиков А.О. О напряженно-деформированном состоянии системы «рама-оболочка из скрепленных анкерами пород» / А.О. Новиков, И.Н. Шестопалов // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2012. – №6. – С.66-71.

8. Методика определения параметров анкерных породо-армирующих систем для обеспечения устойчивости горных выработок : СТП (02070826) (26319481) / Н.Н. Касьян, Ю.А. Петренко, А.О. Новиков и др. – Донецк–Доброполье, 2010. – 27 с.

9. Новиков А.О. Проверка рекомендаций по расчету параметров комбинированной крепи./ А.О. Новиков, И.Н. Шестопалов // 36. наук. пр. УкрНДМІ НАНУ.– Донецьк, 2012. – № 1 – С.250 – 270.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.13

УДК 622.734.621

Є.З. МАЛАНЧУК, д-р техн. наук, проф, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ВМІСТУ САМОРОДНОЇ МІДІ ВІД МАСИ І КРУПНОСТІ ПРОБ

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Як встановлено попередніми дослідженнями [1], основними носіями мідної мінералізації в Рафалівському кар'єрі є базальт, туф і лавобрекчія. Вміст міді в них нерівномірний і відрізняється різноманітністю в різних класах крупності і по кристалічній будові. Найбільш високий вміст самородних утворень дендритної форми у вигляді крупних вкраплень виявлені в лавобрекчії. У базальті найбільш характерні вкраплення міді у вигляді зерен або тонких пластин. У туфі мідні вкраплення зустрічаються у вигляді тонких прожилків, які при дробленні і подрібненні перетворюються на частки мікронних розмірів.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідження закономірностей розподілу міді в базальті і лавобрекчії показали найбільш високий її вміст в класах крупності від 1,0 до 10,0 мм, при цьому екстремум вмісту знаходиться в межах 3-8 мм крупності подрібненої гірської маси.

Вилучення міді з туфу найефективніше при його подрібненні до крупності 0,5-1,0 мм. Спектральний аналіз і лабораторні дослідження по магнітній і електричній сепарації вказали у всіх трьох досліджуваних породах на високий вміст заліза (45,7% - в лавобрекчії, 42,3% - в базальті і 52% - в туфі) і вміст титану більше 3% у кожній з трьох порід. Цей факт підтверджує необхідність використання магнітних сепараторів для вилучення титаномагнетиту, а для вилучення дрібнодисперсної міді - електричних сепараторів.

Викладення матеріалу та результати. Для кількісної оцінки вмісту магнітної частини у всіх трьох породах, вміст міді і силікатної частини створена спеціальна лабораторна схема ланцюга апаратів, який дозволяє розділити мідну складову, магнітну складову (у вигляді змішаного продукту з титаномагнетиту) і силікатну частину. Вилучення міді з дрібнодробленої гірської маси (надрешітний продукт грохотів) проводиться за допомогою відсадної машини спеціальної конструкції, а найбільш подрібнена гірська маса (підрешітний продукт грохотів) фракціонується на магнітному сепараторі.

Уі три мінералогічні складові кар'єру - туф, базальт і лавобрекчія - містять мідь, титаномагнетит і силікати, лише в різних кількостях і різної крупності вкраплень. Така властивість гірської маси, попередньо підготовлене дробленням, класифікацією і подрібненням, дозволяє використовувати однакове устаткування для їх переробки, по черзі або створювати лінію для кожного продукту [2].

У даний час в Інституті геотехнічної механіки НАН України спільно з науковцями НУВГП створена діюча лабораторна лінія технологічної схеми переробки всіх трьох складових базальтової сировини. Схема ланцюга апаратів такої лінії показана на рис. 1, яка складається з приймального бункера 1, віброживильника 2, шоквої дробарки первинного дроблення 3, стрічкового переванта-