

УДК 622

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПОДДЕРЖАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АНКЕРОВ С ФРИКЦИОННЫМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ**

Сабитов В.А.

Руководитель: Копытов Александр Иванович

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.
Горбачева

Самозакрепляющаяся анкерная крепь с продольным разрезом «Split-Set» была разработана в США Джеймсом Скоттом в 1977 г. Промышленные испытания и внедрение при проходке горных выработок анкерной крепи с фрикционным закреплением в России начались в 2009 году. В результате активно проводимых исследований совершенствовались конструктивные элементы, уточнялись условия использования данной крепи с учетом горно-геологических и горно-технических особенностей разработки месторождений.

Расчеты стоимости крепления 1 п.м. выработки показали, что по сравнению с применением арочной металлической крепи из спец профиля. СВП, крепью из железобетонных анкеров и набрызгбетоном, армированным металлической сеткой, применение усиленной крепи с использованием фрикционных анкеров в комплекте с армакаркасом позволяет сократить затраты на крепление на 48% и 11% соответственно.

Полученные результаты показывают возможность снижения себестоимости крепления анкерами с фрикционным закреплением и обеспечения устойчивости горных выработок даже в породах ниже средней категории крепости. В настоящее время анкера с фрикционным закреплением применяются повсеместно на крупных горнодобывающих предприятиях ЗФ ПАО «ГМК Норильский никель», АО «Кольская ГМК», КФ АО «Апатит», АО «Полиметалл», АК «АЛРОСА», (ПАО), АО «ЕВРАЗ ЗСМК», и др.. В 2016 г. Технические требования к анкерным креплениям с фрикционным закреплением введены межгосударственный стандарт.

Особое место занимают анкерные трубчатые фрикционные крепи АТФ W-профиля и АТФ С-профиля. АТФ С применяются с середины 20-го века, как надежное решение в условиях умеренных нагрузок и стабильных горных пород. Простота конструкции остается тем же облегчить производство и установку, но снижает эффективность в сложных геологических условиях. АТФ W, за счет уникальной конструкции, с профилем сложной геометрии значительно эффективнее взаимодействует с породой, поэтому используется в более сложных горно-геологических условиях. В соответствии с результатами исследования 2020 г. ее механическая прочность на 15% выше, чем у типа АТФ С

В настоящее время в мире анкерной крепью крепится около 25% горных выработок и по общему она уступает лишь набрызгбетонной крепи.

Широкое распространение анкерная крепь получила в горнодобывающей промышленности России. С ее использованием закреплено более 70% всех пройденных подземных горных выработок.

В зависимости от категории устойчивости пород, анкерная крепь может применяться как самостоятельно, если обеспечивает устойчивое состояние горных выработок, так и в сочетании с другими видами крепи, как правило набрызгбетонной с металлической сеткой (армокаркас) или металлической.

Современное состояние подземной разработки рудных месторождений характеризуется постоянным ежегодным углублением на 20-40 м.

С переходом на большие глубины резко ухудшаются условия ведения проходческих и очистных работ: изменяются физико-механические свойства горных пород, выпадаются их углы сдвижения, наблюдается неуклонный рост горного давления призабойных зонах и вероятность его проявления в динамической форме, увеличивается трудность в обеспечении безопасности персонала.

В связи с этим, в настоящее время, горнодобывающие предприятия вынуждены более ответственно решить задачу обеспечения надежности и безопасности геотехнологических процессов добычи полезных ископаемых подземным способом.

Процесс крепления прост, операцию по установке возможно выполнять с высокой производительностью, крепь нагружать сразу после установки. Однако несущая способность традиционных фракционных анкеров составляет в среднем в пределах 50 кН.

Это относительно невысокий показатель для обеспечения надежности и безопасности поддержания горных выработок в условиях сложной геологии и удароопасности.

Установлено, что практически на большинстве крупных горнодобывающих предприятий с подземным способом добычи руд преимущественное применение получила АТФ С-профиля и АТФ W-профиля.

Учитывая усложнение горно-геологических условий с увеличением глубины разработки и удароопасности месторождений, с целью увеличения несущей способности, эффективности и безопасности поддержания горных выработок сотрудниками кафедры, строительство подземных сооружений и шахт Горного института КузГТУ и специалистами ООО «ОКС» были усовершенствованы и разработаны новые варианты конструкции анкерной трубчатой фрикционной крепи.

Приведены результаты исследования металлоемкости анкеров АТФ С и W профилей на несущую способность с помощью математического моделирования методом конечных элементов и лабораторных испытаний воздействия возможных нагрузок на них, возникающих в процессе установки.

Исследования эффективности применения анкерной крепи с фракционным закреплением.

При подготовке к опытно-промышленным испытаниям в результате моделирования методом конечных элементов, установлено, что распорное усилие для анкера С-профиля с толщиной стенки 3 мм составляет 0.155 кН на 1 мм длины, т.е. анкер длиной 2000 мм будет обладать распорным усилием 310 кН. Для анкера W-образного профиля с толщиной стенки 2,5 мм такое распорное усилие составляет 0,312 312 кН на 1 мм длины, т.е. на анкер длиной 2000 мм оно будет 624 кН (Рис1).

Для установки АТФ С и АТФ W могут применяться специальные анкероустановщики, а также ручные телескопические перфораторы ударно-поворотного действия. Учитывая влияние распорного усилия, должны быть выдержаны соотношения диаметров шпура и анкера, скорость его введение и давление подачи.

В связи с этим очень важно знать возможную нагрузку на анкер при установке в шпур, при которой может произойти его деформация. С этой целью в испытательной лаборатории продукции горного машиностроения научного центра ВостНИИ по безопасности работ в горной промышленности были проведены испытания анкерной крепи АТФ 47 С-профиля и АТФ 47 W-профиля длиной 1800 мм на изгиб.

В результате лабораторных испытаний установлено, что усилие, при котором происходит изгиб анкера АТФ 47 W-профиля в 1,3 раза больше, чем у анкера АТФ 47 С-профиля (Таблица 1)

Таблица 1 Результаты испытаний анкерной крепи АТФ47 С-профиля и АТФ W-профиля изгиб

Данный фактор необходимо учитывать при составлении проекта организации работ по креплению горной выработки, так как выбор наиболее рационального и эффективного вида крепи производится с учетом стоимости, несущей способности, эксплуатационной готовности, целесообразности и трудоемкости установки, а также нагрузки (статистической или динамической) и др.

Опытно-промышленные испытание анкеров АТФ С-профиля и АТФ W-профиля.

Ключевым фактором, влияющим на безопасность при проходке горных выработок с использованием анкерной крепи, является несущая способность анкеров, которая обеспечивает удержания породного массива и повышения его сопротивления разрушению (ослаблению).

С целью определения фактической несущей способности, работоспособности и эффективности применения анкерной трубчатой фрикционной крепи АТФ С-профиля и АТФ W-профиля производства ООО «ОКС» опытно-промышленные испытания проводились рудниках ПАО

«Бурятзолото», КФ АО «Апатит», «ЗФ ПАО «ГМК»Норникель», АО «ЗСФК» АО «Полиметалл УК», АК «Алроса», АО «ЕВРАЗ ЗСМК» и др.

Процедура проверка несущей способности осуществлялась с помощью прибора ПКА-15.

Испытания проводились в комплекте с опорными плитами и армокаркасами по схеме приведенной на рис. 4

Представлена методика опытно-промышленных испытаний проведенных на девяти рудниках России 2017-2025гг и анализ их результатов, которые подтверждают уникальность, доказывают эффективность и позволяют регламентировать требования по условиям применения анкерной крепи АТФ производства ООО «ОКС».

Для сравнительной оценки эффективности технологии крепления горных выработок с использованием анкеров АТФ С и W профилей в соответствии с «Методического руководства по креплению горных выработок и наблюдению за состоянием крепи на шахтах ОАО «Евразруда» были разработаны и испытаны соответствующие варианты паспортов крепления.

Обсуждение результатов исследований и опытно промышленных испытаний.

1. Анализ актов опытно-промышленных испытание анкерной трубчатой фрикционной крепи производства ООО «ОКС» показывает, что анкеры С-профиля и W-профиля рекомендованы к применению в соответствующих условиях рудников, так как их несущая способность соответствует требованиям п. 5.1 , 5а. 1, ГОСТ 31559-2012 и локальных нормативных документов по креплению горных выработок, действующих на предприятиях.

2. АТФ С-профиля и АТФ W-профиля, обладают рядом общих преимуществ перед другими видами крепления:

- Подходят для широкого спектра геологических условий, включая трещиноватые и слабо связанные породы;
- Вступают в работу сразу после установки, что позволяет производить БВР в забое при минимальном отставании;
- Не требуют использования закрепляющих составов на основе цемента или полимеров, что сокращает затраты, связанные с установкой;
- Современный способ антикоррозионного покрытия анкеров в соответствии с требованиями нормативных документов позволяет увеличить надежность и срок их службы в условиях агрессивных шахтных сред;
- Имеют достаточную податливость, которая обеспечивает возможность применения в удароопасных условиях при креплении неустойчивых пород в

составе усиленных комбинированных крепей без потери несущей способности;

– Установка анкеров может осуществляться с применением как самоходного, так и переносного бурового оборудования;

– За счет значительного сокращения времени на крепление повышается интенсивность проходки горных выработок.

3. Анкеры W профиля имеют более высокую прочность на изгиб и кручение в виду наличия продольных внутренних ребер жесткости, что позволяет при несоосности анкера и шпура во время установки сводить к минимуму возможность нарушения конструкции анкера.

4. Несущая способность АТФ W-профиля превышает несущую способность АТФ С-профиля на: 19,4%, на руднике «Кубака», 48%, на руднике «Холбинском», до 1,7 - 2 раз. На рудниках КФ АО «Апатит» и ООО «ЗК Майское»

5. Средняя несущая способность анкера АТФ48 W-профиля установленного в шкуре $\varnothing=43$ мм, на 44,5%, превышает среднюю несущую способность АТФ48 W-профиля, установленного в шпуре $\varnothing=45$ мм, поэтому для обеспечения максимальной несущей способности данных анкеров рекомендуется под их установку бурить шпуры коронкой $\varnothing=43$ мм;

6. Шпуры для установки самозакрепляющихся анкеров должны быть размещены в соответствии с утвержденным паспортом креплением. Допустимо отклонение между ними в пределах 10%

7. Глубина шпура должна быть не менее чем на 100 мм больше длины анкера. Длина анкеров должна быть на 50 мм больше необходимой, соответствующей паспорту крепления, с учетом размещения на нем опорной плиты.

8. Каркасы обладают достаточной прочностью сварных соединений и могут быть использованы в комплекте с АТФ W и С профилей с целью повышение надежности всей системы крепления и увеличения общей безопасности и эксплуатации горных выработок на протяжении всего срока их службы.

9. Для применения в условиях агрессивных сред анкерная крепь может быть выполнена со специальными антикоррозионными покрытиями на основе металлических протекторных и лакокрасочных материалов в соответствии с требованиями СП 28. 13330. 2012. «Защита строительных конструкций от коррозии»

Оценка антикоррозийной стойкости анкеров, проведенная на рудниках «Заполярный» и «Октябрьский» ЗФ ПАО «ГМК «Норильский Никель», показала, что за 12 месяцев воздействия агрессивной среды в богатой руде

выступающая часть АТФ48 W-профиля на 80% покрылась ржавчиной, в то же время, несущая способность практически не снизилась.

10. За счет использования анкеров W-профиля повышается производительность труда при проходке горных выработок, достигается снижение трудовых и материальных затрат на крепление.

Заключение

Анкерный трубчатый креп фрикционного типа АТФ является эффективным средством способом повышения устойчивости к безопасности труда при проходке горных выработок в сложных геологических и удароопасных условиях. При подземной разработке рудных месторождений. универсальность, простота процесса возведения, высокая устойчивость к динамическим нагрузкам обеспечивает большой спрос на использование в России и за рубежом.

Усовершенствованная конструкция анкерной крепи АТФ W-профиля, за счет обеспечения большой площади контакта с породой и равномерного распределения нагрузки, показала более высокую устойчивость к динамическим нагрузкам и лучшую адаптацию к сложным геологическим условиям по сравнению с АТФ С-профилем.

С целью оптимизации затрат, повышения безопасности и снижения риска обрушений АТФ W-профиль целесообразно использовать в условиях сложной геологии и ударных нагрузок, АТФ С-профиля в стабильных и менее сложных геологических условиях.

Внедрение технологии, крепление горных выработок с использованием АТФ W-профиля производства ООО «ОКС» в сложных горно геологических условиях позволяет повысить производительность труда, обеспечить высокий уровень безопасности и снизить трудовые и материальные затраты на их поддержание.

Для разработки новых, универсальных конструктивных решений анкерной крепи, позволяющий обеспечить ее эффективность в более экстремальных условиях, целесообразно использовать новые материалы, а также установить зависимость несущие способности от толщины стенки стержня, его длины и соотношений диаметра шпура и анкера