Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVII, вып 1, 1969 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ШТАНГОВОЙ КРЕПИ

Г. Г. Мирзаев

В последнее время в горной промышленности получила широкое распространение железобетонная штанговая крепь. В отличие от металлических клинощелевых и распорных штанг железобетонные характеризуются прочным контактом с породой по всей длине скважины, что обеспечивает большую надежность и устойчивость контура выработки. Кроме того железобетонные штанги лучше работают в зоне влияния массовых взрывов [3], чем и объясняется их распространение в основном в рудной промышленности.

Определение целесообразности применения и выбор параметров этого вида крепи производится на основании визуальных и инструментальных наблюдений за состоянием экспериментальных участков, расположенных в наиболее характерных для данного рудника или шахты условиях. Такой подход объясняется тем, что в настоящее время еще не созданы достаточно надежные схемы расчета параметров железобетонных штанг, что является следствием недостаточной изученности механизма взаимодействия штанг с окружающими породами.

Нами велись систематические визуальные и инструментальные наблюдения на экспериментальных участках Текелийского месторождения подверженных и не подверженных влиянию массовых взрывов и пройденных как по простиранию, так и вкрест простирания пород. Длина каждого участка принималась не менее 20 *м*, а в ряде случаев достигала 100—150 *м*. Общая протяженность всех экспериментальных участков составила около 700 *м*. На каждом участке, кроме систематических многолетних (2—4 года) визуальных наблюдений, велись измерения смещений породного контура и определялся характер изменения напряженного состояния окружающего массива пород. Для сопоставления на соседних контрольных участках, закрепленных обычной крепью, кроме указанных наблюдений, производился замер нагрузок на крепь.

Смещения пород массива, окружающего выработку, измерялись глубинными реперами струнного типа [1], установленными в скважинах на расстояниях 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 *м* от контура выработки. Характер изменения напряженного состояния тех же пород изучался специально разработанным тензометрическим деформометром [2]. Визуальные и инструментальные наблюдения за работой крепи на экспериментальных участках показали, что эффективность применения железобетонных штанг для поддержания выработок, находящихся в зоне влияния массовых взрывов, во многом зависит от физико-механиче-

ских свойств горных пород и руд. Так выработки, пройденные в монолитных малотрещиноватых породах и закрепленные железобетонной штанговой крепью в сочетании с торкретированием боков и кровли после четырехлетнего срока их эксплуатации, находились в хорошем состоянии. Смещений пород контура выработок за этот срок не зафиксировано. Изменения напряженного состояния в окружающих породах носят скачкообразный характер. Напряжения в разных точках контура выработки по величине неодинаковы и изменяются в весьма широких пределах. Визуальные наблюдения за работой крепи на этом участке показали, что в результате многократного действия массовых взрывов на поверхности крепи появляются отдельные небольшие отколы и отслоения торкретбетона. Эти деформации в основном наблюдаются в местах, где по каким-либо причинам не установлена металлическая сетка или породный контур плохо выровнен и имеет вид ломаной линии. В местах, где породный контур близок к проектному и правильно установлена металлическая сетка, деформации крепи наблюдались чрезвычайно редко. В выработках, пройденных вкрест простирания в монолитных малотрещиноватых породах, деформация крепи наблюдается значительно реже, чем в выработках, пройденных по простиранию. В обоих случаях деформация крепи не нарушает нормального режима эксплуатации выработок и при необходимости легко ликвидируется повторным нанесением слоя торкретбетона.

Применение железобетонной штанговой крепи в сочетании с торкретированием боков и кровли в выработках, пройденных в сильно трещиноватых углисто-глинистых сланцах и находящихся в зоне влияния массовых взрывов, не обеспечивает нормальных условий их эксплуатации. Результаты наблюдений показывают, что смещения контура выработок проявляются при приближении очистных работ (момент интенсивного влияния массовых взрывов). Вначале смещения контура сопровождаются развитием мелких отколов и трещин в кровле и боках, в основном, около штанг. Затем, в результате многократного влияния взрывов, образуются значительные заколы и вывалы. В связи с аварийным состоянием крепи некоторые экспериментальные участки пришлось перекрепить.

Хорошие результаты по поддержанию выработок, пройденных в сильнотрещиноватых и сланцеватых породах и находившихся в зоне влияния массовых взрывов, получены при применении железобетонной штанговой крепи в сочетании с поддерживающими видами крепи (сплошной деревянной и сборной железобетонной). Для изучения работы этого комбинированного вида крепи на экспериментальных участках, кроме реперов и тензометрических деформометров, устанавливались динамометрические станции. Для сопоставления такие же измерения производились на контрольных участках, где штанги не устанавливались.

Результаты наблюдений за работой крепи на экспериментальном и контрольном участках, где в качестве поддерживающей крепи использовалась сборная железобетонная арочная крепь, показывают, что нагрузка на крепь на экспериментальном участке, достигнув 10—14 $т/м^2$, стабилизировалась. Смещения пород контура выработки незначительны и не превышают 4—8 *мм*. В то же время на соседнем контрольном участке величина нагрузки на крепь превысила 35—40 $т/м^2$. При этой нагрузке крепь была разрушена.

Весьма наглядную картину работы железобетонных штанг дают данные по изучению изменений напряженного состояния пород на разных расстояниях от контура выработки. Измерения показали, что на экспериментальном участке, закрепленном железобетонными штан-

гами в сочетании с деревянной крепью, напряжения в породах контура возрастают более равномерно и достигают 60—70 *кг/см*^{2}, в то время как на соседнем контрольном участке они не превышают 8—12 *кг/см*^{2}. Это свидетельствует о том, что породы, упроченные штангами, способны воспринимать значительные по величине нагрузки. Смещения пород контура выработки при этом незначительны.

Результаты инструментальных и визуальных наблюдений дают некоторое представление о процессах, происходящих в окружающем выработку массиве, в случае применения железобетонных штанг и без них. В неупрочненном породном контуре изменения напряжений в разных точках неодинаковы и носят резко выраженный скачкообразный характер. Это, очевидно, объясняется тем, что породы контура выработки в этом случае не способны воспринимать значительных по величине напряжений и разрушаются там, где напряжения превосходят допустимые значения. Такие локальные разрушения, в свою очередь, вызывают перераспределение напряжений и возникновение опасных их значений в соседних точках массива, т. е. происходит постепенное разрушение пород, окружающих выработку. Эти разрушения сопровождаются значительными по величине смещениями породного контура и развитием нагрузки на поддерживающую крепь. Влияние массовых взрывов значительно ускоряет процесс разрушения массива пород, окружающих выработку, и ухудшает условия работы поддерживающей крепи.

Упрочнение породного контура железобетонными штангами увеличивает его несущую способность. Штанги, пересекая трещиноватый и сланцевый массив, повышают его прочность и способствуют более равномерному распределению значительных по величине напряжений по всему заштангованному массиву. Разрушения пород при этом наблюдаются в редких случаях, в основном когда выработки расположены в сильно трещиноватых породах или в непосредственной близости от эпицентров массовых взрывов. Однако и в этих условиях железобетонные штанги в сочетании с поддерживающими видами крепи значительно повышают устойчивость породного контура и обеспечивают нормальную эксплуатацию выработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Билик Ш. М. и др. Приборы и аппаратура для исследования проявлений горного давления. Углетехиздат, 1958.

2. Мирзаев Г. Г., Кораблев Г. А. Методика изучения напряженного состояния в массиве горных пород и в конструкциях. Мат-лы симпозиума „Экспериментальные исследования инженерных сооружений", вып. II, 1965.

3. Мирзаев Г. Г., Регинский В. М. Условия работы железобетонных штанг в зоне влияния массовых взрывов. Цв. металлургия, № 3, 1965.