

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Савич И.Н.

Горный институт НИТУ МИСиС, Москва, Россия,

e-mail: tpr_msmu@mail.ru

В данной статье представлены результаты комплексного научно-технологического исследования крепления горно-подготовительных выработок.

Основная цель исследования заключалась в обосновании и выработке предложений по ресурсоснижающей технологии крепления горно-подготовительных выработок, затраты на проведение крепления и перекрепления которых составляют значительную часть от общей стоимости работ.

Исследования базировались на анализе натуральных в подземных условиях наблюдений технологии железобетонного анкерного крепления и торкретбетонного крепления горно-подготовительных выработок.

В рамках исследования анализ состояния кровли горно-подготовительных выработок и существующей технологии комбинированного крепления показал, что в ряде горно-геологических условий при подземной разработке достаточно торкретбетонного крепления на основе современных составов наполнителей.

В статье обоснованы ресурсоснижающие горно-технологические решения на основе современных разработок и составов торкретбетонного крепления.

Ключевые слова: Руда, подземная добыча, горная выработка, кровля, массив, крепь, набрызгбетон, анкерное крепление, устойчивость.

ЖЕЗҚАЗҒАН КЕН ОРНЫНДАҒЫ КЕН ДАЙЫНДАУ ҚАЗБАЛАРЫН БЕКІТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУЛЕР

Савич И.Н.

МИСиС ҰТЗУ тау-кен институты, Мәскеу, Ресей,

e-mail: tpr_msmu@mail.ru

Бұл мақалада тау-кен қазбаларының бекіту жұмыстарын кешенді ғылыми-технологиялық зерттеудің нәтижелері берілген.

Жұмыстың жалпы құнының маңызды бөлігін бекіту және қайта бекіту шығындары құрайтын тау-кен қазбаларын бекітудің ресурсты азайтатын технологиясы бойынша ұсыныстарды негіздеу және әзірлеу зерттеудің негізгі мақсаты болды.

Зерттеу жұмысы кен қазбаларының анкерлы темірбетонды және торкрет бетонмен бекіту технологиясын толық көлемдегі жерасты бақылауларын талдауға негізделген.

Зерттеу шеңберінде кеніштерді игеру кезіндегі қазбалардың төбесінің жай-күйін талдау және біріктірілген бекітудің қолданыстағы технологиясы жерасты тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде бірқатар тау-кен-геологиялық жағдайларда заманауи толтырғыш құрамдар негізінде торкрет бетонмен бекіту жеткілікті екенін көрсетті.

Мақалада торкрет бетонды бекітудің заманауи әзірлемелеріне және құрамдарына негізделген ресурстарды азайтатын тау-кен технологиялық шешімдер негізделді.

Түйінді сөздер. Кен, жер асты қазу, тау-кен қазба, жабын, қатты жыныс, тірек, шашіранды бетон, анкерлік бекіту, тұрақтылық.

RESEARCH ON THE TECHNOLOGY OF FASTENING MINING DEVELOPMENT WORKINGS OF THE ZHEZKAZGAN DEPOSIT

Savich I.N.

Mining Institute of NITU MISIS", Moscow, Russia,

e-mail: tpr_msmu@mail.ru

This article presents the results of a comprehensive scientific and technological study of fastening mining development workings.

The main goal of the study was to substantiate and develop proposals for resource-reducing technology for fastening mine development workings, the costs of fastening and re-fastening of which constitute a significant part of the total cost of work.

The research was based on an analysis of full-scale underground observations of the technology of reinforced concrete anchoring and shotcrete fastening of mine development workings.

As part of the study, an analysis of the condition of the roof of mine development workings and the existing technology of combined fastening showed that in a number of mining and geological conditions during underground mining, shotcrete fastening based on modern filler compositions is sufficient.

The article substantiates resource-reducing mining and technological solutions based on modern developments and compositions of shotcrete fastening.

Keywords. Ore, underground mining, mining, roofing, solid rock, support, shotcrete, anchorage, stability.

Введение. Долголетнее применение на Жезказганском месторождении камерно-столбовой системы разработки свидетельствует о высокой устойчивости породных обнажений. Камерно-столбовая система разработки (с открытым выработанным пространством) применяется даже в тех случаях, когда кровля сложена породами III категории устойчивости, согласно принятой в Жезказгане классификации пород.

Многолетние натурные наблюдения за деформациями кровли в горнопроходческих и очистных выработках показали, что смещения пород III категории устойчивости в выработках подверженных влиянию очистных работ могут достигать 20–25 мм.

Крепление горно-подготовительных выработок на рудниках Жезказганского месторождения производится в соответствии с действующими «Методическими указаниями по выбору и применению штанговой, набрызг-бетонной и комбинированной крепей на Жезказганских рудниках» и дополнениями и изменениями к ним [1, 2, 3,].

По проектным данным, при проходке горно-подготовительных выработок, породы третьей группы крепятся комбинированной крепью (штанги и набрызг-бетон) в камерах, по которым проходит трасса движения людей и механизмов, а также в камерах с мелко-блочным строением непосредственной кровли при размере структурного блока меньше 0,4 м (рис. 1 и 2).

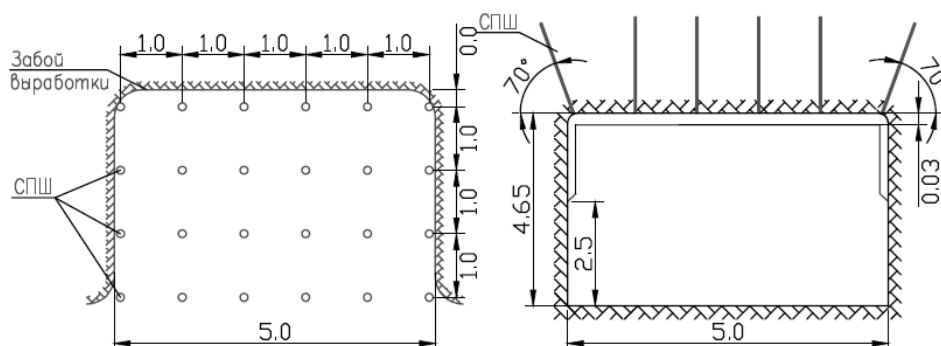


Рис. 1 – Схема расположения штанговой сталеполимерной крепи

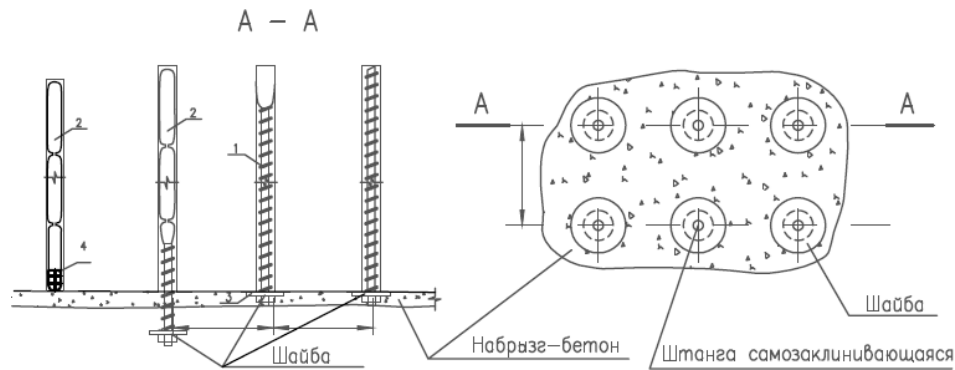


Рис. 2 – схема установки комбинированной крепи

По общим статистическим данным и геомеханических отчетов месторождения интенсивное проявление горного давления наблюдается как при проходке горно-капитальных, так и при нарезке очистных камер, и наиболее часто проявляется сразу после проведения взрывных работ и продолжается в течение 1–2 часов. Разрушение происходит, в основном, в кровле выработки на локальных участках. С увеличением глубины разработки интенсивность их увеличивается [4, 5].

В связи с этим проблема обеспечения устойчивости горно-подготовительных выработок на подземных рудниках является одной из актуальных в комплексе вопросов разработки Жезказганского месторождения.

Анализ исследований.

Общеизвестно, что одним из основных факторов, снижающих прочность горных пород, является трещиноватость. Ее влияние в общем виде учитывается при расчетах коэффициентом структурного ослабления.

На устойчивость кровли пологие трещины существенного влияния не оказывают, так как за счет самозаклинивания естественных блоков отдельных пластов такая кровля сохраняет устойчивость. Наиболее опасны системы трещин, имеющие более крутой угол падения. Большую роль играет интенсивность трещиноватости. Чем меньше расстояние между трещинами, тем большее количество структурных блоков может оказаться в зоне растяжения (в середине пролета камеры), вызывая при этом развитие свода обрушения. Устойчивость обнажений зависит также от ориентировки трещин относительно выработанного пространства [4,6].

На прочность целиков параметры трещиноватости оказывают несколько иной характер. Существен-

ного значения не имеет направление (простираение) трещин, зато важен угол их падения. Многочисленными исследованиями установлено, что снижение прочности столбчатых целиков максимально, когда этот угол равен 30° . Если трещины перпендикулярны прилагаемой нагрузке, то несущая способность целиков повышается за счет их естественной податливости [6,7].

Многолетние исследования трещиноватости массива показали четыре системы трещин. Первые три системы трещины тесно связаны с флексурными зонами и имеют тектоническое происхождение. Особенностью систем трещин первой и четвертой является отсутствие следов скольжения. Глубина распространения этих трещин и расстояния между ними зависят от мощности слоя. Частота разрывных трещин в изгибаемом слое будет тем больше, чем меньше мощность и прочность слоя [4,5,6,7].

Морфологические особенности материала трещин различны. Трещины 1 и 4 заполнены в основном сульфидными минералами.

Отсутствие в трещинах глинистого материала и борозд скольжения свидетельствует о разрывном характере трещин этих двух систем. Трещины 3 порядка имеют борозды скольжения и глинку притирания. Морфологические особенности трещин свидетельствуют о сколовом происхождении этих трещин.

Горизонтальные трещины 2 порядка имеют ржавую окраску или заполнены кальцитом, реже кварцем. Среднее расстояние между трещинами 1 системы трещин составляет 0,2–0,7 м; 2 система трещин – 0,4–0,9 м; 3 система трещин – 0,8–1,3 м; 4 система трещин – 1,0–1,8 м.

В результате визуально-измерительного исследования состояния выработок установлено, что на горно-подготовительных выработках в целом не на-

блюдается внешние признаки опасных деформаций: наличие раскрытых трещин давления в кровле и боках; вывалы пород из кровли между анкерами; видимые отслаивания приконтурных слоев кровли; образование куполов в пределах ширины выработки (рис 3).

Согласно проекту и инструкции по креплению горно-подготовительные выработки Жезказганского месторождения крепятся соответствующие ставшей классической - комбинированной крепью, состоящей из сталеполимерного анкера и набрызг-бетона [3, 4].



Рис. 3 – Действующее состояние комбинированной крепи горно-подготовительных выработок

Материалы и методы. Применяемая сталеполимерная штанга состоит из металлического стержня винтового или периодического профиля, ампул с химическим закрепителем и парашютом, опорной плитки. При необходимости штанга может быть выполнена с резьбой и гайкой и дополнительно с винтообразной спиралью в замковой части (рис. 4). Диаметр стержней сталеполимерных анкеров составля-

ет 22 мм. Минимальная несущая способность анкерной крепи не менее 120 кН. Длина анкеров 2100–2400 мм. Шаг крепления 1,2×1,4 м на прямых участках и 1,2×1,2 м на сопрягаемых участках.

В процессе набрызг-бетонирования используется торкретбетон стандартного состава марки В25 в следующей пропорции (цемент, балласт, вода), Ц: Б: В – 1:3:0,5 [8, 9, 10].

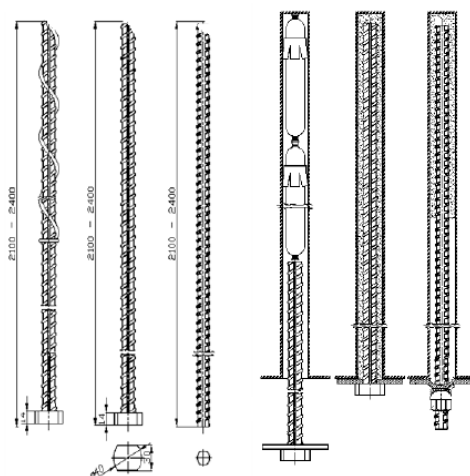


Рис. 4 – Конструкция сталеполимерной анкерной крепи

В ходе многолетних наблюдений авторов было установлено, что применяемая комбинированная крепь не имеет взаимосвязывающего элемента между анкерной крепью и торкретбетоном в виде металлической сетки. Соответственно каждая крепь выполняет отдельную функцию по поддержанию массива горных пород.

В случае закрепления пород, нарушенных многочисленными даже мелкими трещинами различного направления, анкеры оказываются ненадежным средством поддержания выработок. Так, породы кровли интенсивно разрушаются у устья шпура, при этом анкеры мало препятствуют развитию этого процесса. Отслоения пород под шайбами анкеров приводят к потере их несущей способности.

Влияние этого недостатка анкерной крепи стремятся уменьшить применением различного вида подхватов из металлических шайб, полосового и профильного железа, бревен или досок, металлических сеток и т.п. Подхваты не прекращают, а лишь уменьшают процесс разрушения пород. Наилучшую изоляцию горных пород при их закреплении анкерами может обеспечить слой набрызг-бетона. [11].

В связи с этим представляется целесообразным исследовать несущую способность комбинированной крепи раздельно.

Для оценки прочности закрепления анкерных стержней в кровле выработки определяется их фактическая несущая способность, с помощью штанговыдергивателя типа ПКА-15.

Испытание анкеров производится без снятия опорной плитки и гайки.

Исследования разных авторов в течение десятилетий показали, что несущая способность анкеров на нижнем участке штанги составила 100–120 кН, что соответствует нормативным показателям не менее 100 кН.

Обсуждение и результаты. Комбинированная крепь из набрызг-бетона и анкеров рассматривается как многослойная конструкция, внешний слой которых – омоноличенная (набрызг-бетоном, анкерами) породная зона. Поэтому для оценки качества набрызг-бетонного покрытия целесообразно принимать следующие показатели: сцепление на контакте «крепь-порода», деформация контура крепи, наличие трещинообразования и отслоения, обеспечение проектной толщины породобетонного слоя.

Совместная работа крепи и массива как единой конструкции оказывает существенное влияние на качество поддержания выработки. Между породами и набрызг-бетонного покрытия, как и между слоями бетона при послойном его нанесении, должно быть обеспечено прочное сцепление.

Одним из важнейших факторов, влияющих на прочность и структуру набрызг-бетона считается скорость полета его струи и ее ударное действие, а также состояние торкретируемой поверхности. Это, в свою очередь, определяет величину отскока смеси.

В процессе нанесения набрызг-бетонной крепи наблюдается высокий процент (местами до 35%) отскока и отслоения, наносимого на обнаженный массив.

Величина отскока зависит в значительной степени от крупности заполнителя. Так, при увеличении крупности зерен более 3 мм с 18 до 71%, по данным

ранее выполненных нами работ, количество отскока увеличивается от 20 до 40%. В то же время, при изменении содержания крупного заполнителя от 20 до 50%, отскок от вертикальной поверхности возрастает от 10 до 20 %. Решающее значение на величину отскока оказывает расход цемента и специальные добавляемые модификаторы.

Поэтому, в таких случаях рекомендуется пересмотреть состав применяемого набрызг-бетона, особенно крупность зерен заполнителей, величину водоцементного отношения и тип модификатора.

После производства взрывных работ как правило, образуется излишек поперечного сечения выработки относительно проектной $\mu=1,1-1,3$ и при этом по периметру стен выработки неправильной формы имеются породные выступы высотой и это в свою очередь приводит к перерасходу бетона при выравнивании контура выработки из-за высокой шероховатости и росту аэродинамического сопротивления выработки.

Эти вопросы решаются правильно выбранной технологией производства БВР путем расчета зарядов с учетом физико-механических свойств пород массива и горнотехнических условий.

Выводы. В рамках проведенных исследований рассматривались вопросы крепления горно-подготовительных выработок как наиболее подверженных воздействию добычных работ в частности буровзрывных работ и перераспределению горного давления.

В процессе исследований практического применения комбинированного крепления, заключающегося в совместном креплении кровли и анкерным железобетонным и торкретбетонным креплением выявлено излишнее крепление анкерного крепления в ряде горно-геологических условий.

Опыт применения торкретбетонного крепления с использованием полимерных наполнителей увеличивающих адгезионную способность и увеличение возможности удержания кровли от вертикальных и горизонтальных нагрузок с увеличением толщины нанесения растворов позволит отказаться от высоко затратного комбинированного крепления горно-подготовительных выработок.

Выводы и предложенные в результате проведенных научно-исследовательских работ решения могут быть интересны широкому кругу специалистов и менеджеров горных предприятий по техническим и горно-производственным вопросам,

Литература

1. Проект промышленной разработки Жезказганского месторождения подземным способом (корректировка). П17-01/04-ПЗ. -Том 1. ТОО «Корпорация Казахмыс». Головной проектный институт.- 2017. - 245 с.
2. Инструкция по применению анкерной и комбинированной крепи на рудниках ПО «Жезказганцветмет». ТОО «Корпорация Казахмыс». ПО «Жезказганцветмет».- 2015. - 45 с.
3. Инструкция по выбору типа и параметров крепи на рудниках ПО «Жезказганцветмет». ТОО «Корпорация Казахмыс». ПО «Жезказганцветмет». - 2015. - 27 с.
4. Юн Р.Б., Герасименко В.И., Урумов В.А., Имангалиев А.И., Шевчук Л.В. Совершенствование технологии отработки междукамерных целиков // Горный журнал «Цветные металлы». -2005. Специальный выпуск. - стр. 12–14.
5. Ерофеев Н.П. Прогноз устойчивости очистных панелей и предупреждение удароопасных ситуаций на рудниках Джезказгана // Комплексное использование минерального сырья. –1982. - № 7. - стр. 3-7.
6. Жаркенов М.И., Борщ-Компониец В.Н., Макаров А.Б., Сальков Е.К. Геомеханическое обоснование рациональных технологий разработки флексурных зон // Горный журнал. – 1993. - № 8.
7. Юн Р.Б., Герасименко В.И., Малышев В.Н. О динамических формах проявления горного давления на Жезказганском месторождении // Горный журнал.- 1997.- № 3.- стр. 11–13.
8. Анкер полимерный композиционный АПК. Технические условия: ТУ 3142-006-46528580-04. – Введ. 03.02.2004.- М.: -2004. - 6 с.
9. Технология крепления горных выработок полимерными анкерами. – М.: НПЦ «Технология и оборудование».- 2005. - 3 с.
10. Заславский И.Ю., Быков А.В., Компанец, В.Ф. Набрызгбетонная крепь. - М.: Недра.- 1986. - 197 с.
11. Бегалинов А.Б., Сердалиев Е.Т., Алменов Т., Исаков Е.Е. Разработка и внедрение новых способов креп-

ления горных выработок в условиях строительства метрополитена // Вестн7. Беляева И.Ю. О предельном значении параметра упругой нелинейности структурно неоднородных сред / И.Ю. Беляева, В.Ю. Зайцев // Акустический ж. 1998.- Т. 44 (6).-стр. 731-737.

References

- 1.Proekt promyshlennoj razrabotki Zhezkazganskogo mestorozhdenija podzemnym sposobom (korrektirovka). P17-01/04-PZ. -Tom 1. TOO «Korporacija Kazahmys». Golovnoj proektnyj institut.- 2017. - 245 s. [In Russian]
- 2.Instrukcija po primeneniju ankernoj i kombinirovannoj krep'i na rudnikah PO «Zhezkazgancvetmet». TOO «Korporacija Kazahmys». PO «Zhezkazgancvetmet».- 2015. - 45 s. [In Russian]
- 3.Instrukcija po vyboru tipa i parametrov krep'i na rudnikah PO «Zhezkazgancvetmet». TOO «Korporacija Kazahmys». PO «Zhezkazgancvetmet». - 2015. - 27 s. [In Russian]
- 4.Jun R.B., Gerasimenko V.I., Urumov V.A., Imangaliev A.I., Shevchuk L.V. Sovershenstvovanie tehnologii otrabotki mezhdukamernyh celikov // Gornyj zhurnal «Cvetnye metally». -2005. Special'nyj vypusk. - str. 12–14. [In Russian]
- 5.Erofeev N.P. Prognoz ustojchivosti ochistnyh panelej i preduprezhdenie udaropasnyh situacij na rudnikah Dzhezkazgana // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja. –1982. - № 7. - str. 3-7. [In Russian]
- 6.Zharkenov M.I., Borshh-Komponiec V.N., Makarov A.B., Salykov E.K. Geomehanicheskoe obosnovanie racional'nyh tehnologij razrabotki fleksurnyh zon // Gornyj zhurnal. – 1993. - № 8. [In Russian]
- 7.Jun R.B., Gerasimenko V.I., Malyshev V.N. O dinamicheskikh formah pojavlenija gornogo davlenija na Zhezkazganskom mestorozhdenii // Gornyj zhurnal.- 1997.- № 3.- str. 11–13. [In Russian]
- 8.Anker polimernyj kompozicionnyj APK. Tehnicheskie usloviya: TU 3142-006-46528580-04. – Vved. 03.02.2004.- M.: -2004. - 6 s. [In Russian]
- 9.Tehnologija krep'lenija gornyh vyrobotok polimernymi ankerami. – M.: NPC «Tehnologija i oborudovanie».- 2005. - 3 s. [In Russian]
- 10.Zaslavskij I.Ju., Bykov A.V., Kompanec, V.F. Nabryzgbetonnaja krep'. - M.: Nedra.- 1986. - 197 s. [In Russian]
- 11.Begalinov A.B., Serdaliev E.T., Almenov T., Iskakov E.E. Razrabotka i vnedrenie novyh sposobov krep'lenija gornyh vyrobotok v usloviyah stroitel'stvo metroplitena // Vestn7. Beljaeva I.Ju. O predel'nom znachenii parametra uprugoj nelinejnosti struktarno neodnorodnyh sred / I.Ju. Beljaeva, V.Ju. Zajcev // Akusticheskij zh. 1998.- Т. 44 (6).- str. 731-737. [In Russian]

Сведения об авторе

Савич И. Н. - д.т.н., профессор, Горный институт НИТУ МИСиС, Москва, Россия, e-mail: tpr_msmu@mail.ru

Information about the author

Savich I.N. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Mining Institute of NITU MISIS, Moscow, Russia, e-mail: tpr_msmu@mail.ru