УДК 622.674

В.В. Тарасов, В.С. Пестрикова, О.В. Иванов

СПОСОБ ЛИКВИДАЦИИ ПРОРЫВА ВОДЫ ЧЕРЕЗ ТЮБИНГОВУЮ КРЕПЬ ПРИ ЗАМЕНЕ ДЕФЕКТНЫХ ТЮБИНГОВ

Представлены виды и причины повреждения чугунных тюбингов в стволе. Показано, что проведение работ по демонтажу разрушенных тюбингов и установке на их место новых тюбингов возможно лишь в том случае, если на момент замены тюбингов подготовительными мероприятиями обеспечена защита ствола от прорыва подземных вод или деформирования крепи. Проанализировано два варианта развития негативных ситуаций, которые могут возникнуть при демонтаже разрушенных и монтаже новых тюбингов. Разработаны и представлены подготовительные мероприятия по обеспечению защиты ствола на момент замены дефектных тюбингов. Предложены методы водоподавления слабонапорных и напорных водопроявлений, которые могут возникнуть в результате демонтажа тюбинговых сегментов, с помощью современных инъекционных смол на основе акрилата и полиуретана. Для перекрытия образовавшегося «окна» в тюбинговой крепи и аварийного водоподавления предложено применение стального тюбинга с вмонтированными штуцерами, через которые возможно будет ликвидировать опасный водоприток.

Ключевые слова: шахтный ствол, комбинированная крепь, чугунные тюбинги, стальной тюбинг, разрушение крепи, демонтаж и монтаж тюбингов, водоподавление, акриловые и полиуретановые смолы.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-11-0-53-58

Актуальность проблемы

Шахтный ствол является важнейшей артерией любого горнодобывающего предприятия, поэтому проблема безопасной эксплуатации и ремонта является актуальной. Большинство стволов имеют срок эксплуатации, равный сроку службы горнодобывающего предприятия (шахты, рудника), большую глубину, и сооружаются в сложных горно-геологических условиях (обводненные, слабоустойчивые и сильнотрещиноватые породы) [1]. Остановка шахтного ствола приводит к значительным убыткам, поэтому особую важность приобретает высокая эксплуатационная надежность всех элементов конструкции ствола, основной из которых является крепь. Как правило, в сложных горно-геологических условиях для крепления вертикальных стволов применяется комбинированная крепь, состоящая из чугунных тюбингов и бетона [2]. Данный тип крепи обладает высокой несущей способностью, обеспечивает качественную гидроизоляцию и может применяться в самых сложных условиях.

Несмотря на высокую несущую способность комбинированной крепи, главным элементом которой являются чугунные тюбинги, в процессе строительства и эксплуатации шахтных стволов, тюбинговая колонна подвергается различным нагрузкам, приводящих к ее повреждению [3—4].

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 11. С. 53–58.
© В.В. Тарасов, В.С. Пестрикова, О.В. Иванов. 2017.

Повреждения тюбинговой крепи

Ниже перечисляются основные виды повреждения тюбинговой крепи:

1. сдвиг (срез) крепи;
2. раздавливание тюбингов при осевом сжатии;
3. разрыв при растяжении тюбинговой колонны;
4. разрушение при радиальном сжатии тюбинговой крепи;
5. низкое качество изготовления тюбингов (литейный брак: раковины, пористость);
6. коррозия материала крепи.

Основными причинами повреждения крепи являются:

- неравномерное замораживание (оттаивание) горных пород по высоте и окружности ствола;
- пучение поверхности при проходке ствола способом замораживания,
- оседание комплекса опорного венца;
- применение высоких давлений при нагнетании тампонажного раствора в закрепное пространство ствола;
- пучение отдельных пластов (например, глины) и деформация ползучести соляных пород;
- изменения характера работы крепи на сопряжениях с околоствольными выработками.

В некоторых случаях производят чеканку трещин свинцом, заваривают трещины или заполняют их специальной замазкой на основе эпоксидных смол. При этом риск аварийного разрушения крепи возрастает с накоплением дефектов и повреждений, поэтому разрушенные тюбинги, как правило, демонтируют [5—6]. Проведение работ по демонтажу разрушенных тюбингов и установке на их место новых тюбингов возможно лишь в том случае, если подготовительными мероприятиями обеспечена защита ствола на момент замены тюбингов от прорыва подземных вод или деформирования крепи [7—8].

Подготовительные мероприятия по обеспечению защиты ствола на момент замены дефектных тюбингов

Из анализа технических решений по перевооружению тюбинговой крепи известно, что при перекреплении тюбингов, производят демонтаж от одного до четырех тюбинговых сегментов. В результате чего образуются обнаженные полости (открытые окна) площадью от 2,7 до 10,8 м^2, через которые возможны аварийные прорывы рассолов из закрепного пространства. Традиционным тампонажем цементным составом такие водопритоки не остановить. Поэтому предлагается использовать в качестве аварийного водоподавления полиуретановые или акриловые смолы, с регулируемым временем реакции. При этом, диапазон времени реакции для гидроструктурной смолы на акрилатной основе от 14 до 125 с, для полиуретана от 9 до 30 с при температуре +20 ˚С. Следует учесть, что при понижении температуры на 10 ˚С время реакции увеличивается вдвое.

Исходя из опыта предыдущих работ по замене элементов тюбинговой крепи, как средство защиты при возможном аварийном прорыве вод, в тот момент, когда демонтирован разрушенный тюбинг, предварительно необходимо изготовить стальной тюбинг (сегмент).

Главное условие — наружная хорда стального тюбинга должна быть меньше внутренней хорды стандартного чугунного тюбинга или равна ей. Стальной тюбинг должен иметь соосные с чугунными тюбингами отверстия для болтов и, чтобы вместе с деревянной вставкой он мог быть достаточно быстро установлен и закреплен в проеме убранного тюбинга.

Схема закрепления временного тюбинга в тюбинговой колонне показана на рис. 1 и 2. Это решение, в случае по-

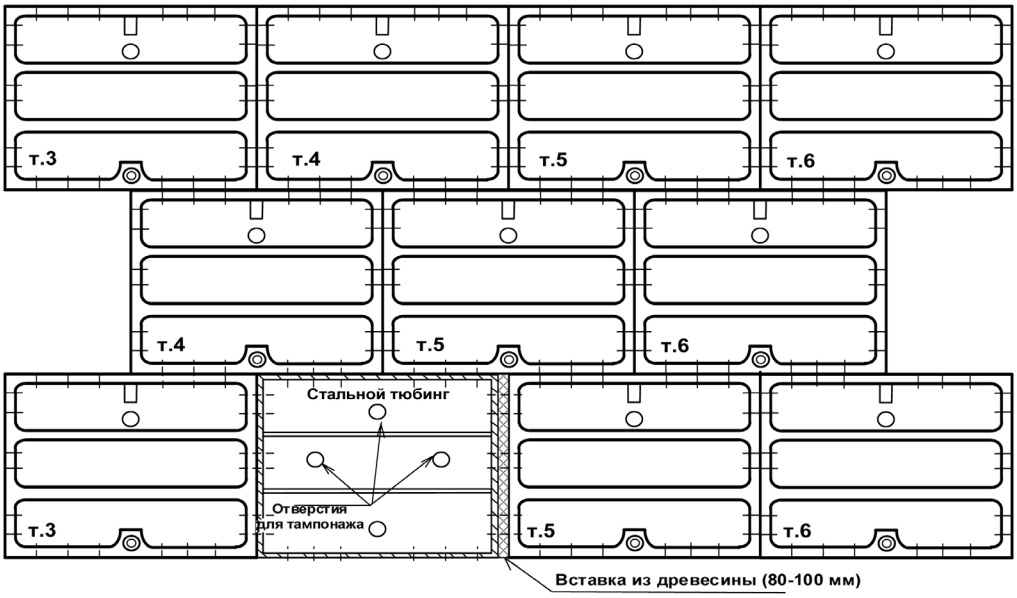

Рис. 1. Фрагмент развертки крепи со стальным тюбингом

явления опасного водопритока, обеспечивало бы оперативное перекрытие водопритока и оперативное проведение тампонажа закрепного пространства, для чего стальной тюбинг оборудуется отверстиями со штуцерами.

Стальной тюбинг должен изготавливаться из цельного листа стали толщиной не менее 20 мм с радиусом загиба по окружности тюбинговой крепи. По краям к листу привариваются грани (полки) с отверстиями для закрепления к соседним элементам тюбинговой крепи на болтовые соединения. На фронтальной стороне листа прорезаются четыре сквозных отверстия с наваренными штуцерами с резьбой под напорный рукав для тампонажного насоса. Количество отверстий не нормируется, но распределение их по площади листа должно быть равномерным.

При разработке мероприятий по герметизации крепи и закрепного пространства ствола было рассмотрено два варианта развития событий:

- первый — при демонтаже/монтаже тюбинговых сегментов в стволе возможны безнапорные рассолопроявления, истекающие из-под соседних тюбингов по контакту «тюбинг-бетон»;

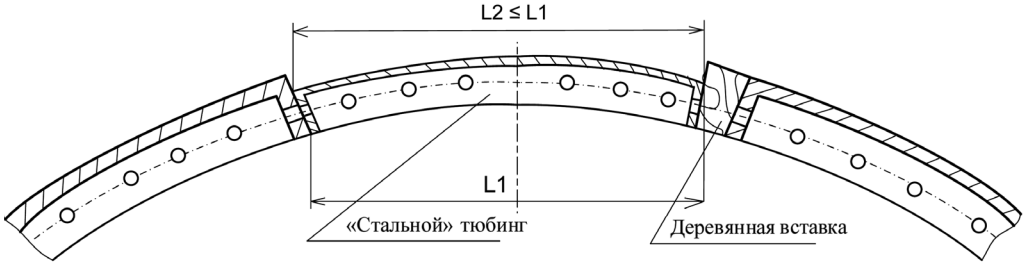

Рис. 2. Установка стального тюбинга с деревянной вставкой

• второй — при демонтаже/монтаже тюбинговых сегментов и образовании обнаженных полостей (или открытых окон) возможны как напорные, так и слабонапорные рассолопроявления, истекающие из закрепного пространства как через «старые» шпуры, так и по имеющимся трещинам в бетоне.

При появлении рассолов по первому варианту, необходимо в соседних двух или трех тюбингах через специально установленные превентора разбурить шпуры глубиной 200 мм. Затем, в нижний тюбинг установить тампонажную пробку с вмонтированным пакером. Гидроизоляцию контакта производить по схеме снизу вверх. Краны на патрубках вышележащего ряда шпуров остаются открытыми до конца нагнетания тампонажного раствора. По ним наблюдают за передвижением раствора в пространстве за крепью ствола. Когда тампонажный раствор появится в верхних шпурах, краны закрывают и нагнетание прекращают.

Контроль инъекционного давления осуществляется по показаниям манометра на инъекционном насосе. При производстве работ следует учитывать потерю давления в инъекционной линии на соединениях (насос — смесительный блок, смесительный блок — пакер, пакер — инъекционная скважина). Также следует учитывать потерю давления для открытия обратного клапана на пакере. Суммарная потеря давления может составлять 15—20 атм. (1,5—2 МПа). Диапазон инъекционного давления по первому варианту по показаниям манометра может варьироваться от 25 до 35 атм.

После этого переходят к нагнетанию в соседний шпур этого же ряда. После окончания обработки всех шпуров самого нижнего ряда переходят к нагнетанию тампонажного раствора через патрубки вышележащего ряда, а на патрубках следующего за ним открывают краны. В таком порядке осуществляют нагнетание раствора, пока не будет закончен тампонаж всего участка. Затем для контроля выполненных работ поочередно открывают краны на патрубках скважин. При появлении воды в каком-либо из патрубков, через него повторно нагнетают тампонажный раствор. При нагнетании раствора необходимо следить, чтобы он не выходил через пробки и соединительные швы тюбинговой колонны (если обнаружится выход раствора через соединительные швы или тампонажные отверстия, необходимо выполнить чеканку или подтяжку тампонажных пробок). В качестве тампонажного состава следует принять инъекционные смолы на основе акрилата с коротким временем реакции.

При герметизации бетонной крепи по второму варианту, необходимо в образовавшийся после демонтажа тюбинга проем установить стальной тюбинг, рис. 2. Перед проведением работ по герметизации бетонной крепи необходимо также как и в первом варианте через превентора пробурить шпуры в бетонной крепи глубиной 200 мм.

Нагнетание тампонажного материала выполнять по схеме снизу вверх, начиная с нижнего отверстия. Краны на патрубках вышележащего ряда шпуров остаются открытыми до конца нагнетания тампонажного раствора. Когда тампонажный раствор появится в верхних шпурах, краны закрывают и нагнетание прекращают. После этого переходят к нагнетанию в верхний шпур и т.д.

В случае появления тампонажного материала в стыковых швах, между стальным тюбингом и чугунным, необходимо выдержать паузу для застывания тампонажного состава. При слабонапорном истечении рассола возможно применение инъекционных смол на основе акрилата. При напорном истечении в качестве аварийного водоподавления пред-

лагается использовать полиуретановые смолы с очень коротким временем реакции и коэффициентом расширения в свободном объеме до 1000%.

Инъекционное давление должно превышать гидростатическое давление. Диапазон инъекционного давления по второму варианту по показаниям манометра может варьироваться от 25 атм. до 60 атм.

После выполнения указанных выше мероприятий произвести демонтаж и замену поврежденных тюбингов.

Выводы

В данной статье предложены методы водоподавления слабонапорных и напорных водопроявлений, которые могут возникнуть в результате демонтажа тюбинговых сегментов, с помощью современных инъекционных смол на основе акрилата и полиуретана. Для перекрытия образовавшегося «окна» в тюбинговой крепи и аварийного водоподавления предложено применение стального тюбинга с вмонтированными штуцерами, через которые возможно будет ликвидировать опасный водоприток.

Таким образом, выполнение указанных мероприятий позволит ликвидировать возникшие при замене элементов тюбинговой крепи водопроявления и оперативно выполнить замену деформированных тюбингов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ольховиков Ю. П.* Крепь капитальных выработок калийных и соляных рудников. — М.: Недра, 1984.
2. *Булычев Н. С., Абрамсон Х. И.* Крепь вертикальных стволов шахт. — М.: Недра, 1978.
3. *Тарасов В. В., Кошев Г. Я., Загвоздкин И. В.* Решение проблем безопасности при строительстве вертикальных стволов на калийных месторождениях // Безопасность труда в промышленности. — 2015. — № 8. — С. 64—67.
4. Трест «Шахтспецстрой» 65 лет деятельности и развития специальных способов проходки шахтных стволов. — М., 2008.
5. Mine shafts: improving security and new tools for the evaluation of risks, European Commission Research Fund for Coal and Steel, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015.
6. *Ouellet J., Hatley J., Greensted S., Harper M.* Sprayed on Waterproofing in Frozen Ground Conditions: a Shaft Liner Application Case, World Tunnel Congress, 2013, Geneva.
7. *David Godkin.* Pushing for potash. Deep shaft helps ensure plenty of future reserves, Canadian Mining Journal, October 2012.
8. *Yudan Jia.* Numerical modelling of shaft lining stability, PhD thesis, University of Nottingham, 2011. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Тарасов Владислав Викторович[1] — зав. лабораторией,
e-mail: Vladislav.Tarasov@uralkali.com,
Пестрикова Варвара Сергеевна[1] — ведущий инженер,
e-mail: Varvara.Pestrikova@uralkali.com,
Иванов Олег Викторович[1] — ведущий инженер,
e-mail: Oleg.Ivanov2@uralkali.com,
[1] АО «ВНИИ Галургии»,
научно-исследовательская горная лаборатория.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 11, pp. 53–58.
UDC 622.674

V.V. Tarasov, V.S. Pestrikova, O.V. Ivanov

METHOD TO ELIMINATE WATER INRUSH THROUGH TUBING SUPPORT DURING DAMAGED TUBING REPLACEMENT

Based on the literature data and practical experience on replacement of the deformed tubbing lining in constructed and operated mine shafts, this article presents types and reasons of damage of cast iron tubbing in the shaft. It is shown that disassembly of the destroyed tubbing and installation of new tubbing is only possible if at the moment of tubbing replacement preparation measures provide protection of the shaft against ground water irruption or lining deformation. Two options for the development of a negative situation have been analyzed which can occur by disassembly of the destroyed tubbing and assembly of new tubbing. The preparation measures on protection of the shaft at the moment of defective tubbing replacement have been worked out and presented. The article offers methods for suppression of low head and head water inflow which can arise resulting from disassembly of tubbing segments, using up-to-date acrylate- and polyurethane-based injection resins. To enable covering of a formed «window» in the tubbing lining and emergency water suppression, it is offered to apply steel tubbing with mounted-in chokes, through which it can be possible to eliminate dangerous water inflow.

Key words: mine shaft, combined lining, cast iron tubbing, steel tubbing, lining destruction, tubbing assembly and disassembly, water suppression, acrylic and polyurethane resins.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-11-0-53-58

AUTHORS

Tarasov V.V.[1], Head of Laboratory,
e-mail: Vladislav.Tarasov@uralkali.com,
Pestrikova V.S.[1], Leading Engineer,
e-mail: Varvara.Pestrikova@uralkali.com,
Ivanov O.V.[1], Leading Engineer,
e-mail: Oleg.Ivanov2@uralkali.com,
[1] Joint Stock Company «VNII Galurgii»,
Research Mining Laboratory,
614002, Perm, Russia.

REFERENCES

1. Ol'khovikov Yu. P. *Krep' kapital'nykh vyrabotok kaliynykh i solyanykh rudnikov* (Support of permanent workings in potash and salt mines), Moscow, Nedra, 1984.

2. Bulychev N. S., Abramson Kh. I. *Krep' vertikal'nykh stvolov shakht* (Support of vertical mine shafts), Moscow, Nedra, 1978.

3. Tarasov V. V., Koshev G. Ya., Zagvozdkin I. V. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2015, no 8, pp. 64—67.

4. *Trest «Shakhtspetsstroy» 65 let deyatel'nosti i razvitiya spetsial'nykh sposobov prokhodki shakhtnykh stvolov* («Shakhtspetsstroi» group 65 years of activity and development of special methods of mine shaft sinking), Moscow, 2008.

5. *Mine shafts: improving security and new tools for the evaluation of risks*, European Commission Research Fund for Coal and Steel, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015.

6. Ouellet J., Hatley J., Greensted S., Harper M. Sprayed on Waterproofing in Frozen Ground Conditions: *a Shaft Liner Application Case, World Tunnel Congress*, 2013, Geneva.

7. David Godkin. Pushing for potash. Deep shaft helps ensure plenty of future reserves, *Canadian Mining Journal*, October 2012.

8. Yudan Jia. *Numerical modelling of shaft lining stability*, PhD thesis, University of Nottingham, 2011.