



Копёр ствола ВС-10 в полярную ночь
Комплекс объектов ствола СКС-1

Подъемное и шахтостроительное оборудование для проходки сверхглубоких стволов на примере текущих проектов ВС-10 и СКС-1 в г. Норильск

Проходка и крепление шахтных стволов горных предприятий для вскрытия месторождений полезных ископаемых, а также для гражданских инженерных сооружений с увеличением глубины представляют собой все более сложную задачу как для застройщиков, проектировщиков, так и для строителей.

Растущие цены на сырье, а также отработка ранее вскрытых месторождений заставляют горнодобывающие концерны осваивать новые месторождения, добыча на которых ранее не могла осуществляться экономически-эффективно из-за большой глубины залегания. Данная тенденция требует внедрения новых более эффективных технологий и техники прежде всего в области строительства шахтных стволов, чтобы с одной стороны вообще обеспечить физическую возможность строительства стволов такой глубины, а с другой стороны выполнить строительство экономически эффективно и с минимальными рисками.

Для разработки дальнейших месторождений богатейших руд ОАО «ГМК «Норильский Никель» в 2006 г. было принято решение о строительстве вблизи г. Талнах Норильского промышленного района шахт «Верхняя» и «Глубокая» рудника «Скалистый», позднее переименованного в шахту «Скалистая» рудника «Комсомольский».

Частью этого проекта является строительство двух шахтных стволов ВС-10 и СКС-1. Расположенные в тундре севернее Полярного круга комплексы объектов обоих стволов расположены на расстоянии 2 км друг от друга.

Общие сведения о проектах ВС-10 и СКС-1

На настоящий момент оба ствола находятся в стадии проходки. Сооружение наземной части комплексов, состоящих из более чем 30 зданий идет параллельно с проходческими работами. Оба ствольных комплекса и первая очередь выработок подземной части рудника должны быть пущены в эксплуатацию не позднее 2019 года. Срок службы комплексов, заявленный ОАО «ГМК «Норильский Никель», составляет 50 лет.

Оба осуществляемых проекта являются схожими по условиям строительства, масштабам и задачам, поэтому реализация данных проектов происходит по схожей методике и технологии. Это касается концепции строительства стволов, проектирования поверхностного комплекса, оснащения комплекса поверхностных объектов и ствола оборудованием, методами ведения строительно-монтажных работ. Единственным коренным отличием двух проектов является то, что для проекта СКС-1 закупка постоянных подъемных машин, главной

вентиляторной установки, оборудования энергоснабжения лежит в зоне ответственности ОАО «ГМК «Норильский Никель».

Строительство стволов ведется с диаметром в свету 9,0 м с поверхности и до конечной глубины около 2056,5 м. Вентиляционный ствол ВС-10 представляет собой воздуховыдающий ствол, предназначенный для выдачи породы с проходки горизонтальной выработки (240000 тонн/год), для выхода людей в случае аварии, а также спуска-подъема крупногабаритной техники, оборудования и материалов.

В соответствии с требованиями безопасности и технологическими решениями ствол ВС-10 оснащен двумя подъемными установками: скиповой для выдачи породы и клетевой для выхода людей в случае аварии и спуска материалов. Скиповой подъем ствола ВС-10 будет работать в автоматическом режиме и передавать все необходимые данные о работе подъема на диспетчерский пункт эксплуатирующему персоналу.

В верхней части ствола до глубины -138,0 м в области вечной мерзлоты постоянная крепь ствола выполнена чугунными тубингами. Остальная часть ствола закреплена бетонной крепью.

Ствол СКС-1 представляет собой основной производственный ствол, оснащенный скиповой и клетевой подъемными установками.

Согласно целевого задания скиповой подъем должен обеспечивать производительность 1 500 000 тонн в год.

Проект строительства ствола СКС-1 включает аналогично проекту ВС-10 сооружение полного комплекса инфраструктурных зданий и сооружений на поверхности для периода строительства и периода эксплуатации ствола, чтобы обеспечить проходку и крепление ствола глубиной 2050 м и всех камер и сопряжений (в том числе сопряжений с горизонтами), а также оснащение ствола подъемным, транспортным оборудованием, а также полным комплексом инженерных коммуникаций. Для периода эксплуатации запланирована установка оборудования загрузки скипов на горизонте, а также оборудование разгрузки скипов в копре.

Строительство обоих стволов ведется практически по идентичной технологии, а именно, методом буро-взрывных работ с применением 6-лафетного шахтного бурового комплекса, обеспечивающего возможность бурения шпуров глубиной до 5 м.

Подъем породы на строящемся стволе СКС-1 осуществляется двухконцевыми двухбарабанными подъемными машинами производства фирмы OLKO Maschinentechnik GmbH (г. Олфен) с применением схемы работы с 3 бадьями емкостью 5 м³ и 7 м³.

Уборка породы с помощью грейфера
объемом 1,2 м³ и бадьи объемом 5 м³

Погрузка породы в бадьи осуществляется пневматическим грейфером емкостью 0,8 м³ и 1,2 м³. Производителем этого проходческого оборудования также является фирма OLKO Maschinentechnik GmbH (г. Олфен)

В стволах ниже уровня техотхода применяется временная крепь, состоящая в зависимости от геологических условий из комбинации анкеров, сетки и набрызг-бетона, в качестве постоянной крепи применяется бетонная крепь из фибро-бетона. Концепция проходки предусматривает возведение постоянной крепи из фибро-бетона толщиной от 40 до 60 см с полка практически независимо от выполняемых в забое работ. Данное обстоятельство позволяет значительно ускорить проходческие работы по сравнению со схемой, при которой постоянная крепь возводится из забоя ствола. Простой работ в стволе, обусловленные обслуживанием и ремонтом бетонного оборудования или проходческого оборудования значительно сокращаются. Расстояние от забоя ствола до точки возведения постоянной крепи составляет 25-35 м.

Параллельно проходческим работам стволы оснащаются армировкой на постоянный период, чтобы после окончания проходческих работ и достижения конечной глубины стволов обеспечить наискорейший ввод стволов в эксплуатацию. Проходка обоих стволов ведется с применением высокомеханизированного 7-этажного проходческого полка, который является «сердцем» всего процесса проходки.



Главная особенность применяемого полка состоит в том, что данный полк не висит на канатах полковых лебедок, а является самонесущим, опирается на блоки-заходки бетонной крепи высотой 4,5 м, и способен перемещаться по стволу шаговым методом с опиранием на бетонную крепь.

■ Полк, шагающий в стволе

Для разработки концепции «шагающего полка» основное значение имели 2 фактора:

1. Общий вес полка с навесным оборудованием превышает предельную несущую способность обычно применяемых канатов. При увеличении диаметра канатов растет и собственный вес канатов, что приводит к тому, что достижение требуемого запаса прочности каната с учетом собственного веса становится невозможным.
2. Породный массив является высоконагруженным и показывает высокие величины деформации, что делает нежелательным возведение постоянной крепи сразу после обнажения массива.

Бурение с помощью бти-лафетной буровой установки



В случае, если крепь возводится с забоя ствола непосредственно сразу после обнажения стенок в ходе проходческих работ, то согласно расчетам необходимо возведение крепи толщиной не менее 1000 мм, что ведет к повышенному расходу бетона. Кроме того, бетон в течении 24 часов после укладки до момента полного набора прочности воспринимает наибольшие нагрузки от породного массива. Данное обстоятельство приводит к возникновению микротрещин в бетоне, а также снижению прочности крепи.

До настоящего времени в стволах ЗФ ОАО «ГМК «Норильский Никель» в качестве постоянной крепи применялись исключительно чугунные тубинги. В стволах ВС-10 и СКС-1 в случае применения данного метода крепления необходимо было бы применять тубинги с толщиной стенки минимум 80-100 мм. Стоимость данного вида крепи была бы намного выше стоимости бетонной крепи даже толщиной 1 м.

По этим причинам было решено производить крепление ствола сначала временной податливой крепью и за счет допуска контролируемых конвергенций разгружать породный массив, чтобы на возводимую постоянную крепь воздействовали только низкие нагрузки. Данный подход позволяет сократить толщину бетонной крепи до 40 см.

После тщательного анализа и оценки вышеуказанных факторов был необходим поиск новых технических решений для подвешивания и перемещения полка. В результате чего было принято решение о применении многоэтажного полка, который может обеспечить возможность выполнения основных операций проходческого цикла вне зависимости от глубины, а также обеспечивает возможность параллельно выполнению проходческих работ возводить постоянную крепь и монтировать армировку ствола.

Данный многоэтажный полк в части схемы выполнения работ может сравниться с мощными механизированными проходческими щитами в туннелестроении. При этом проходка идет в вертикальном направлении, а после себя (над собой) оставляет полностью закрепленный и оснащенный ствол.

Постоянная крепь возводится при помощи переставной опалубки, которая обеспечивает высоту заходки бетонирования 4,2 м, при этом между двумя соседними заходками остается паз высотой 30 см. В соответствии с этими размерами глубина заходки БВР, и длины проводников также приняты равными 4,5 м.

Проходческий полк состоит из двух модулей: несущий модуль, включающий 6-й и 7-й этажи, и рабочий модуль, состоящий из 5 этажей.

Оба модуля могут в интервале 40 м независимо друг от друга эксплуатироваться и перемещаться. Проходческий полк сконструирован таким образом, что перемещение его происходит



Схема 7-ми-этажного проходческого полока: рабочий и несущий модули

«шаговым методом». Только верхний 7-й этаж перемещается при помощи канатов 4 проходческих полковых лебедок. Рабочий модуль, то есть этажи с 1 по 5 перемещаются совместно при помощи пневматических цепных талей, смонтированных на 6 этаже (нижний уровень несущего модуля).

Проходческий цикл включает в себя следующие основные операции:

1. Проходческие работы – основной процесс, лежащий на критическом пути. Работы выполняются на забое ствола. Основные операции:
 - a. Буро-взрывные работы
 - b. Погрузка породы
 - c. Возведение временной крепи (анкера, сетка, набрызг-бетон)
2. Возведение постоянной бетонной крепи
3. Монтаж армировки ствола
4. Перемещение полка

Все указанные операции производятся с полка и выполняются по большей части одновременно. Применяемый проходческий полк представляет собой новшество на национальном и интернациональном рынке строительства стволов. Система «шагового перемещения» впервые создает основу для применения проходческих полков для строящихся стволов практически бесконечной глубины. В горном деле в ЮАР для строительства сверхглубоких стволов применяются тяжелые системы полков с фрикционными полковыми лебедками с применением «бесконечных» канатов длиной 10-12 км. Но даже эта технология имеет ограничения по длине канатов в части их изготовления и транспортировки. Таким образом, система, описанная в данной статье, является важным вкладом во все чаще требующуюся технологию безопасной проходки сверхглубоких стволов.

Заключение

Резко меняющаяся экономическая ситуация и нестабильные цены на минеральные ресурсы устанавливают все более жесткие требования к срокам строительства горных предприятий. В этой связи все большее значение получает скорость проходки, строительства и монтажных работ, так как каждый месяц, на который может быть приближен срок начала добычи руды приносит заказчику строительства от 20 до 30 млн. Евро прибыли за счет более быстрого рефинансирования затрат на строительство.

Поэтому выражение «современные технологии строительства стволов» все чаще получают значение «технологии, обеспечивающие более быстрое строительство».

В тоннельном или поверхностном строительстве, а также в строительстве горизонтальных выработок достижение более высокой скорости строительства возможно за счет применения более крупных и мощных машин и оборудования.

При строительстве стволов такой подход сразу натывается на свои границы, так как имеющееся в распоряжении рабочее пространство сильно ограничено, и мощность применяемого оборудования не

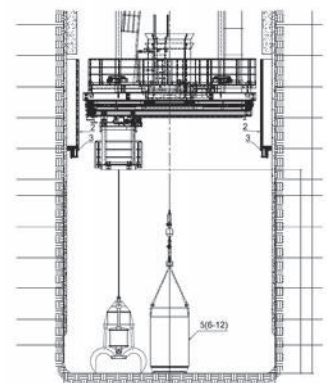


Схема возведения временной и постоянной крепи



Монтаж армировки ствола одновременно с проходкой ствола ВС-10

может бесконечно увеличиваться без снижения надежности и роста угрозы безопасности работающих в стволе людей.

Максимальная скорость работ при строительстве может быть достигнута только в результате максимальной параллелизации всех операций при соблюдении правил техники безопасности и технологии работ. При этом все процессы должны быть увязаны между собой как шестеренки механизма, чтобы все простои и буферное время были сведены к минимуму. При строительстве обоих Норильских проектов по строительству стволов для достижения этой цели было успешно внедрено большое количество инноваций, идей, а также ряд инструментов менеджмента проектов.

С внедрением системы проходческих полков нового типа был сделан шаг в развитии техники для проходки методом БВР, пригодной для достижения наивысших показателей в том числе и в сверхглубоких стволах.

Ежегодно уверенно достигаются темпы проходки в 600-700 м готового полностью закрепленного ствола диаметром в свету 9 м с установленной армировкой.

Компания THYSSEN SCHACHTBAU GMBH систематично работает над развитием новых техник и технологий проходки стволов, над постоянным улучшением внедренной и проверенной техники, а также над приспособлением хорошо зарекомендовавших себя решений к постоянно растущим требованиям рынка. Таким образом может и дальше поддерживаться и подтверждаться репутация ведущей мировой шахтостроительной организации.

Др. О.С. Каледин · kaledin.oleg@ts-gruppe.com

Петер Рункер · runkler.peter@ts-gruppe.com

Вильгельм Боргенс · borgens.wilhelm@ts-gruppe.com

Алексей Широков · shirokov.alexey@ts-gruppe.com