

УДК 625.42 (075.32)

ЛЫСИКОВ Б.А., АНТОНЕВИЧ Ю.И., ТКАЧУК С.А. (ДонНТУ)

## **ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ВОЗВЕДЕНИЯ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ**

Одним из наиболее перспективных способов поддержания горных выработок является использование несущей способности слоя породы, прилежащего к контуру горной выработки. Зарубежный опыт строительства тоннелей показывает, что в настоящее время сооружение 30% тоннелей осуществляется новоавстрийским способом тоннелестроения, основой которого является сочетание анкерной и набрызгбетонной крепи. Оба данные вида крепи являются упрочняющими крепями, которые позволяют использовать несущую способность свежееобнаженного приконтурного слоя породного массива, упроченного анкерами и набрызгбетоном, для обеспечения устойчивости горной выработки.

Крепление выработок набрызгбетоном вполне технологично с точки зрения механизации процесса, так как все операции, начиная с загрузки набрызгмашин и кончая нанесением набрызгбетонной смеси на поверхность горной выработки, можно механизировать. Очевидные преимущества и широкий спектр возможного применения данного способа крепления позволяет использовать его как для устройства обделок тоннелей, так и для выработок различного назначения в горнорудной промышленности.

Набрызгбетонирование осуществляется с помощью различных специальных установок, которые по гибкому или жесткому трубопроводу нагнетают компоненты набрызгбетонной смеси в сопло. Известны два основных способа набрызгбетонирования — «сухой» и «мокрый». При «мокром» способе по трубопроводу к соплу подается обычная бетонная смесь, при «сухом» — сухая смесь, в которую вода подается на выходе из сопла. Первый способ распространен гораздо шире, чем второй. В обоих случаях при набрызгбетонировании происходит значительное пылеобразование. Однако, пыль, образующаяся при «сухом» способе менее опасна для здоровья, чем тончайшая аэрозоль, возникающая при «мокром» возведении этого вида крепи.

В Германии разработаны мероприятия по повышению безопасности работ по набрызгбетонированию «сухим» способом. В работе [1] выделены три основных фактора вредного воздействия этого способа на человека:

- отравление парами ускорителей схватывания бетона;
- поражение компонентами бетонной смеси, отскакивающими от бетонируемой поверхности;
- пылеобразование.

Токсичные ускорители схватывания бетона наиболее вредны для здоровья работающего персонала. При их применении необходимо пользоваться рукавицами, закрытой спецодеждой и специальными защитными шлемами. С помощью смонтированного на шлеме вентилятора загрязненный воздух всасывается в фильтр грубой очистки, оттуда попадает во вторичный фильтр.

У рабочего персонала часто поражаются лицо и руки частицами разбрызгиваемой смеси, около 30% которой «отскакивает» от поверхности выработки. Снижение частоты поражения данными частицами сводится к отказу от применения в бетонной смеси заполнителя с острой ломаной поверхностью, оптимизации рабочего давления в набрызгбетонной машине, оптимальному положению сопла по отношению к обрабатываемой поверхности (расстояние около 1,5 м и под углом 90°). Специальный

визир защищает лицо рабочего от попадания бетонной смеси. Смонтированный на нем светопрозрачный лист легко можно снять при загрязнении и заменить новым.

Пылеобразование при «сухом» способе набрызгбетонирования в той или иной степени неизбежно. Мелкая пыль попадает в атмосферу как из самой набрызгмашины (например, через уплотнительные детали), так и при выходе смеси из сопла. Часто высокая концентрация мелкой пыли образуется в месте загрузки смеси в бункер набрызгмашины. Пылеобразование можно существенно снизить за счет оптимального увлажнения исходной смеси (но не менее 3%), снижения высоты падения исходной смеси при загрузке бункера, применения жидкого ускорителя твердения вместо порошкообразного, а также дополнительного оснащения бункера защитным кожухом.

При «сухом» способе бетонирования вода подается к распылительному соплу. Время смешивания воды с компонентами смеси определяется временем их полета от сопла до обрабатываемой поверхности выработки, которое составляет примерно 0,1 с. Этого времени явно недостаточно для смачивания пылеобразных частиц смеси. Снижение содержания пыли в районе сопла достигается правильным подбором состава смеси, путем оптимизации рабочего давления в бетонопроводе, совершенствованием конструкции сопла, а также разработкой нетрадиционных способов нанесения смеси на поверхность выработки. При добавлении специальных вяжущих составов в исходную смесь содержание пылеобразных частиц можно снизить в 10 раз. Рабочее давление в системе должно быть по возможности низким, но достаточным для того, чтобы избежать засорения ее. При этом диаметр бетонопровода должен быть по возможности меньшим, но не менее трехкратного размера наиболее крупной фракции заполнителя. Длина бетонопровода должна быть в пределах 30...100 м.

В случае применения очень сухой смеси (влажность менее 1,5%) эффективными могут быть распылители специальной конструкции, которые обеспечивают образование водяной завесы вокруг набрызгиваемой смеси. Для смесей влажностью 3–4% такие распылители не дают ощутимого снижения содержания мелкой пыли.

Традиционный способ возведения набрызгбетонной крепи в сочетании с роботами, отделенными от пульта управления примерно на 10 м, в значительной мере облегчает труд рабочих и позволяет защитить их от пыли и поражения частицами смеси. Однако такой способ не получил широкого распространения из-за высокой стоимости и необходимости выделения значительного пространства в выработке для организации рабочего места.

Фирма «КУМАГАИ-ГУМИ» (Япония) разработала способ возведения набрызгбетонной крепи в подземных сооружениях с пониженным пылеобразованием. Данный способ (метод К-С) может применяться для «сухого» и для «мокрого» набрызгбетонирования. Суть этого метода заключается в применении специальной сухой обеспыливающей добавки, которая вводится в сухую бетонную смесь. Пылеобразование при этом составляет 5 мг/м<sup>3</sup> и менее. В настоящее время этот метод беспыльного набрызгбетонирования применяется в Японии на семи объектах подземного строительства [2].

В практике мирового тоннелестроения при устройстве обделок получил распространение набрызгбетон с примесью стальных волокон. При использовании этого армирующего материала отпадает операция укладки арматурных сеток, а в некоторых случаях установки металлической арочной крепи. В результате каждый цикл проходки тоннеля сокращается примерно на 1 час. При строительстве тоннелей неглубокого заложения, например, в пределах города, такой метод значительно сокращает продолжительность их сооружения и приводит к экономии средств.

При применении в качестве обделки тоннелей бетонных тубингов или блоков те же набрызгмашины могут быть использованы для тампонажа закрепного пространства, образующегося при перемещении проходческой машины по кривой линии и в связи с наличием хвостовой трубы проходческого щита. В этом случае применяются два метода тампонажа закрепного пространства:

- нагнетание за обделку цементного раствора, повышающего ее жесткость;
- заполнение сыпучим материалом (обычно с окатанными зернами размером 4...8 мм), преимуществом которого является образование слоя, сравнительно мягко подпирающего обделку тоннеля. При этом методе целесообразно использовать машины для «сухого» набрызгбетонирования.

Такие машины могут подавать смесь на расстояние 100 м. В серийное оборудование машин входит устройство дистанционного управления, что позволяет вести работы в автоматическом режиме.

Фирма «BEKAERT» (Бельгия) разработала технологию получения бетона DRAMIX, армированного стальными волокнами для применения в строительстве различных сооружений, к которым предъявляются повышенные требования по прочности, износостойкости, ударной прочности, в том числе при возведении крепей и обделок способом набрызгбетонирования.

Для избежания образования комков волокон при приготовлении бетонной смеси было принято решение изготавливать их в виде склеенных пучков и загружать непосредственно в затворенную бетонную смесь. Склеенные пучки волокон при перемешивании смеси перераспределяются в бетонной массе, а затем под действием воды и трения заполнителя разделяются на отдельные волокна. В результате имеет место равномерное и однородное распределение волокон в бетонной смеси стандартным смесительным оборудованием.

Опыт показал, что волокна следует загружать при помощи бункера-дозатора после перемешивания всех компонентов бетонной смеси. Время смешивания последней со стальными волокнами обычно такое же, как и для других бетонных смесей. Транспортирование и укладка бетонной смеси со стальными волокнами осуществляется обычным способом и стандартным оборудованием.

На приготовление 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси DRAMIX расходуется 20...100 кг стальных волокон, для изготовления которых используют обычную сталь, сталь с антикоррозийным покрытием или нержавеющей. Из обычной стали изготавливают волокна длиной 25, 30, 50, 60 мм, диаметром 0,4; 0,5; 0,8; 1,0 мм. Из стали с антикоррозийным покрытием изготавливают волокна длиной 40, 60 мм, диаметром 0,6; 0,8 мм, а из нержавеющей стали волокна длиной 30, 50 мм диаметром 0,4 мм и 0,5 мм. Прочность такого бетона на одноосное сжатие в зависимости от содержания стальных волокон в смеси составляет 50...60 МПа, при растяжении — 4,2...5,5 МПа.

Фирма «ТЕЙСЕЙ» (Япония) разработала высокопроизводительный (6...12 м<sup>3</sup>/час) автоматизированный комплекс для приготовления и набрызга бетонной смеси с дистанционно управляемым соплом на стреле экскаватора. Этот комплекс был успешно применен при строительстве ряда железнодорожных тоннелей. Основой технологической схемы являются две параллельные технологические линии, объединенные операцией смешивания SEC-раствора на стадии приготовления бетонной смеси.

На одной технологической линии изготавливается цементный раствор по методу SEC (дозировка, промывка, контроль влажности песка, смешивание с цементом, водой и добавками, перекачка растворомасосом в нагнетательную установку).

На другой — приготавливаются компоненты для сухого способа нанесения смеси на поверхность (гравий, песок, стальная фибра, цемент, химические добавки-ускорители схватывания и твердения), перемешанные компоненты поступают в набрызгмашину, а затем по трубопроводу в смеситель с SEC-раствором. Из смесителя готовая смесь через сопло наносится на поверхность бетона.

Данная технология позволяет получить однородный со значительным сцеплением с породой высокопрочный бетон, хорошо работающий как на сжатие, так и на растяжение. Прочность на сжатие составляет 50...60 Мпа, прочность на растяжение — 10 Мпа. Такой бетон устойчив на динамические воздействия (землетрясения) за счет введения стальной фибры и химических добавок. Кроме того, при такой технологии значительно уменьшается величина «отскока» бетонной смеси с 30% по традиционной до 10% по предложенной технологии.

В отчете, составленном в 1999 году Японской ассоциацией по строительству тоннелей «Japan Tunnelling Assotiation», приводятся сведения о строительстве тоннелей в разных странах, где для устройства постоянной обделки применялся метод набрызгбетонирования.

Это железнодорожные тоннели:

- Hohdrich Tunnel (Швеция) — обделка толщиной 150 мм;
- Table Tunnel (Канада) — обделка толщиной 150 мм;
- Washington D.C. metro (США) — обделка толщиной 180 мм;
- French Tunnel (Франция) — обделка толщиной 100...200 мм в обычных условиях и 300 мм в слабых породах.

Все разработки по совершенствованию технологии возведения крепи и обделок способом набрызгбетонирования направлены как на улучшение качества получаемого бетона, так и на улучшение условий работы персонала занятого на этих работах. Набрызгбетонная крепь известна и применяется много лет как за рубежом, так и в нашей стране. Однако работы по совершенствованию ее технологии ведутся и в настоящее время.

Как было представлено выше, основными поражающими факторами в процессе набрызгбетонирования, являются отравление парами ускорителей схватывания бетона, механическое поражение отскакивающими компонентами смеси и значительная запыленность рабочего места, обусловленная традиционной технологией.

В ДонНТУ (Украина) [3] ведутся исследования и разработка метода набрызгбетонирования, сводящего к минимуму все вредные факторы одновременно. Для этой цели исследуется нетрадиционная взрывная технология набрызга. Этот способ защищен авторским свидетельством на изобретение и основан на нанесении бетонной смеси на поверхность горной породы с помощью энергии взрыва. При этом одновременно производится воздействие ударной волны на компоненты бетонной смеси и стенки выработки, что должно влиять на образование короткоживущих активных центров, которые повышают гидратационные свойства цемента и адгезию бетона с породой. Разрабатываемый способ исключает нахождение персонала в местах производства работ и практически исключает все перечисленные вредные воздействия на человека. Качество крепи при такой технологии повышается.

### **Библиографический список**

1. **Underground construction. Research of efficiency of usage and prospects of development of shaft-sinking and tunnel-driving equipment in underground construction.** — Moscow, 1999. — 241 p.

2. Сооружение тоннелей проходческими комплексами. Сб. информации по исслед. эффективности применения горнопроходческого оборудования в подземном строительстве. — М., 1989. — 214 с.

3. Шевцов Н.Р., Антонец Ю.И., Хоменчук О.В., Резник О.В. Пути повышения качества набрызгбетонной крепи горных выработок // Материалы рег.студ.научн.-техн.конф. «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений». — Донецк: 000 «НОРД компьютер», 2001. — С. 70–71.

© Лысиков Б.А., Антонец Ю.И., Ткачук С.А., 2002

УДК 622.248

КАРАКОЗОВ А.А. (ДонНТУ)

## **ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПРИХВАТОВ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

Одним из аспектов решения проблемы повышения технико-экономических показателей при бурении скважин в сложных условиях является успешная борьба с осложнениями и авариями, среди которых особо выделяются прихваты бурового снаряда, характеризующиеся высокими затратами на их ликвидацию. Анализ видов прихватов и методов их ликвидации показывает, что около 70% этих аварий может успешно ликвидироваться при использовании ударных механизмов - или самостоятельном, или в комбинации с другими способами воздействия на прихваченный снаряд [1, 2].

Для поиска технических решений при создании новых конструкций ударных механизмов для ликвидации прихватов бурового снаряда (УМЛП) большое значение имеет их классификация, основанная на четко определенных критериях систематизации и разработанная с учетом анализа реальных конструктивных схем и ближайших перспектив развития буровой техники. Разработанная нами ранее классификация ударных механизмов для ликвидации прихватов [3] требовала дальнейшего уточнения и детализации, поскольку, например, такой критерий, как «специфика кинематики и особенности конструкции», на разных классификационных уровнях определял различные признаки УМЛП. Кроме того, проведенный обзор многочисленных литературных и патентных источников показывает, что до настоящего времени различные авторы по-разному интерпретируют термин «ударные механизмы для ликвидации прихватов», очень часто объединяя по этим названием разнообразные механизмы и забойные машины. Поэтому при создании уточненной классификации УМЛП нами определены специфические черты ударных механизмов, которые выделяют их из всего многообразия технических средств для ликвидации прихватов бурового снаряда, работа которых в той или иной мере связана с ударными явлениями различной природы.

1. Ударный механизм для ликвидации прихватов должен иметь исполнительный элемент, воздействующий на прихваченный снаряд. Исполнительный элемент представляет собой твердое тело — сосредоточенную (боек), распределенную (бурильная колонна) массу или их комбинацию. Таким образом, воздействие исполнительного элемента на прихваченный снаряд является результатом механического взаимодействия твердых тел. Следовательно, устройства, в которых на прихваченный снаряд действуют только гидравлические импульсы давления, должны быть выделены в самостоятельное классификационное подразделение.