

УДК 625.42(075)

ЛЫСИКОВ Б.А., БОРЩЕВСКИЙ С.В., АНТОНЕВИЧ Ю.И., ХОМЕНЧУК О.В.  
(ДонНТУ)

## **НЕТРАДИЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НАБРЫЗГБЕТОНОМ С ЕГО НЕПРЕРЫВНОЙ ОБРАБОТКОЙ**

Первое сообщения о возможности процесса набрызгбетонирования было сделано в 1910 г. [1]. Создание конструкции крепи набрызгом бетона предусматривает нанесение слоя бетонной смеси на поверхность выработки посредством направленного потока воздуха. Бетонная смесь наносимая со значительным скоростным напором (60...80 м/сек), образует материал с прочностными показателями и сцеплением с породой большими, чем опалубочная смесь.

При нанесении смеси под напором частицы цемента с мелкими фракциями песка забиваются в пустоты и трещины породной поверхности, восстанавливая нарушенный приконтурный слой породы и упрочняя его. Вследствие этого в систему сил, противодействующих смещению массива, включается дополнительная конструкция — восстановленная породная оболочка, которая работает в единой системе с набрызгбетонным покрытием, образуя конструкцию с высокой грузонесущей способностью.

Набрызгбетонное покрытие, нанесенное даже небольшим слоем, надежно предохраняет горные породы от разрушения внешними агентами, в результате чего породы сохраняют свои свойства неизменными на длительный срок. В обычных условиях прочность пород в приконтурной части выработки с течением времени падает до 60...70% начальной. Движение сухой набрызгбетонной смеси по трубам под скоростным напором воздуха повышает дисперсионность цемента и увеличивает число гидратирующих зерен. Это способствует повышению прочности набрызгбетона. Кроме того, возрастает плотность покрытия за счет трамбования материалов под действием вытекающих из сопла материалов.

Более высокая механическая прочность набрызгбетона позволяет в 2 раза уменьшить толщину крепи (по сравнению с бетонной, возводимой с помощью опалубки). Это снижает жесткость конструкции, а следовательно, улучшает работоспособность крепи из-за лучшего использования упругого отпора пород, на 30...50% сокращает стоимость и на 10...35% уменьшает площадь поперечного сечения выработки в проходке [2].

В настоящее время в практике ведения горных работ используются два способа набрызгбетонирования — сухой и мокрый. При мокром подается обычная бетонная смесь, при сухом — сухая смесь, в которую вода подается на выходе смеси из сопла. Технологические и технические новшества мокрого способа набрызгбетонирования дают основания утверждать о его преимущественном распространении по сравнению с сухим. Однако, пыль, выделяющаяся при сухом способе, менее опасна для здоровья, чем тончайшая аэрозоль, образующаяся при работе мокрым способом.

Однако, несмотря почти на 100-летнюю известность способа, существенным недостатками традиционных технологий набрызгбетонирования являются:

- высокая запыленность атмосферы в зоне работы, до 200...300 г/м<sup>3</sup>;
- потеря смеси до 30% в связи с ее отскоком;
- технология не обеспечивает создания гладкой внутренней поверхности выработки и ее строгих внутренних очертаний.

В зарубежной практике разрабатываются новые технологии набрызгбетонирования искореняющие перечисленные недостатки.

В Германии и Японии проводятся разработки по набрызгбетонированию в водяной или воздушной рубашке, создаваемой путем подачи воды или сжатого воздуха под напором через кольцевой зазор вокруг бетоновода. Однако устранить существующие недостатки в традиционной схеме набрызгбетонирования путем улучшения состава смеси технологии ее приготовления, а также совершенствования конструктивных схем оборудования пока не удастся. В связи с этим в Японии в настоящее время разрабатывается новая технология набрызгбетонирования за экран, выполненный в виде бесконечной резиновой ленты с приводом, затирочной щетки или пресующей плиты [3]. Такой экран не только гасит отскок бетонной смеси и пыль, но и непрерывно обрабатывает наносимый бетон, обеспечивая его равномерное уплотнение и отделку поверхности. Разработки в области технологии и механизации нового способа, организованные Корпорацией автомобильных дорог Японии и Национальной тоннельной ассоциацией, ведутся сразу несколькими фирмами и к настоящему времени вышли на стадию промышленных испытаний образцов оборудования на экспериментальных участках тоннелей. В основу всех этих разработок положен мокрый способ набрызгбетонирования с подачей смеси бетононасосом и введением ускорителя схватывания потоком сжатого воздуха непосредственно у сопла.

Рекомендуемые рецептуры бетонных смесей для различных вариантов новой технологии представлены в табл.1.

Табл. 1. Рецепты бетонных смесей

Способ нанесения бетонной смеси. Характеристика компонентов	Традиционное набрызгбетонирование	Набрызг с заглаживанием	Набрызг с радиальным прессованием	Заливка пластичной смеси с заглаживанием
Максимальная крупность зерен заполнителя, мм	15	15	15	15
Осадка конуса, см	8 ± 2	22 ± 2	15 ± 2	15 ± 2
Водоцементное отношение	0,56	0,63	0,47	0,56
Доля песка в заполнителе, %	60	70	52	60
Дозировка на 1 м <sup>3</sup> смеси, кг				
воды	200	240	180	202
цемента	360	380	380	360
песка	1086	1160	894	1037
гравия	675	524	840	701
ускорителя схватывания	19,8	38	22,8	36
пластификатора	-	3,04	0,95	1,44

Фирма «Saga Koge» сконструировала порталную установку с гидроприводом у которой рабочий узел (заглаживающий экран с приводом и соплом) смонтирован на направляющей арочной раме и перемещается по ней, постепенно обходя весь контур свода. Ширина заглаживающей ленты составляет 1,2 м, длина ее контакта с бетоном — 0,85 м. Сопло специального профиля ориентировано под острым углом к поверхности выработки и совершает возвратно-поступательное перемещение поперек экрана со скоростью 40 см/с, так что смесь ложится перпендикулярно к породе слоями и уплотняется лентой. Этим достигается наиболее прочное сцепление как между слоями бетона, так и между бетоном и породой. Подача экрана на заглаживаемую поверхность с усилием 10 кН обеспечивается гидромонитором. Управление рабочим циклом полностью автоматизировано. Направление заглаживания всегда

осуществляется перпендикулярно направлению перемещения рабочего узла. Скорость перемещения рабочего узла по бетону 2,4 м/мин, в холостую — 6 м/мин.

Установка оборудована реверсивным ходом со скоростью перемещения 6 м/мин. Помимо направляющей рамы на ходовой части смонтирована вспомогательная рама с кондукторами коммуникаций, блок силового оборудования и управления, система промывки экрана водой под напором. Бетонная смесь подается по жесткому стальному бетонопроводу, ускоритель схватывания и сжатый воздух — по резиновым рукавам. В передней части установки на раздвижной двутавровой арке может быть смонтирована двутавровая торцевая пневматическая опалубка, наполняемая в рабочем положении сжатым воздухом при давлении 20...50 кПа и приобретающая максимальную ширину 2×50 см.

Фирма «Suzita Koge» создала более мобильную установку аналогичного типа на гусеничном ходу с гидравлическим стреловидным манипулятором рабочего узла, оснащенную системой программного управления обхода любого заданного профиля выработки. Ширина ленты рабочего узла составляет 1 м, длина его 1,2 м. Особенность рабочего узла данной установки заключается в том, что на половине длины ленты поддерживающие ролики могут быть выдвинуты в сторону заглаживаемой поверхности, что позволяет наносить и уплотнять бетон постепенно, добиваясь его высокого качества даже в местах значительного перебора породы до 20...50 см. данная установка может использоваться и для набрызгбетонирования с радиальным прессованием. В этом случае схватывание смеси начинается через 2 мин после нанесения, снимать рабочий узел (с неподвижной лентой) можно через 5 мин, в возрасте 15 мин бетон приобретает прочность на сжатие 19,5 МПа, прочность сцепления с породой на песчанике — 18 МПа, на граните — 16 МПа [3].

Фирма «Mizui Kenki» разработала и испытала порталную установку, рабочий узел которой оснащен двумя бесконечными лентами с выпуском сопла в зазор между ними. Это позволяет сократить технологический цикл за счет операции разворота одинарного рабочего узла при переходе с одного ската свода на другой. Испытание установки проводили в выработках сечением 15 и 42 м<sup>2</sup>, причем подачу смеси производили заливкой без продува сжатым воздухом, что позволило абсолютно исключить как отскок так и запыленность. Крепление 1 м выработки сечением 15 м<sup>2</sup> занимало 1,5 ч, 28 суточная прочность бетона на сжатие составляла 28 МПа.

Фирма «Komazu Seisakuse» конструирует вариант технологии с укладкой смеси слоем 5 см под затирочную щетку, смонтированную на стреловидном манипуляторе самоходной машины. В настоящее время оборудование, обеспечивающее такую технологию, находится на стадии испытаний.

### Библиографический список

1. Ростовцев Д.С. Торкрет-бетон, его свойства и применение в горном деле. — Издание Донугля, 1930. — 385с.
2. Заславский И.Ю., Быков А.В., Компанец В.Ф. Набрызг-бетонная крепь. — М.: Недра, 1986. — 197 с.
3. **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.

© Лысиков Б.А., Борщевский С.В., Антонец Ю.И., Хоменчук О.В., 2002