

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ТОРКРЕТУВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

*Комісаренко І.М. ДМ-36т1-20*

*Науковий керівник: к.т.н., доц. каф. МКБМ Смолянчук Н.В.  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Підземне будівництво існує з давних давен. Щоправда, якщо раніше це були підземні ходи, галереї, підземелля культових споруд та палаців, то сьогодні до них додалися такі будови, як станції метрополітену, сховища, підземні інфраструктурні споруди тощо. В таких спорудах рано чи пізно виникає необхідність ремонту склепінь тунелів та підземних споруд, причому торкретування – найефективніший і недорогий спосіб реанімації таких складних об'єктів.

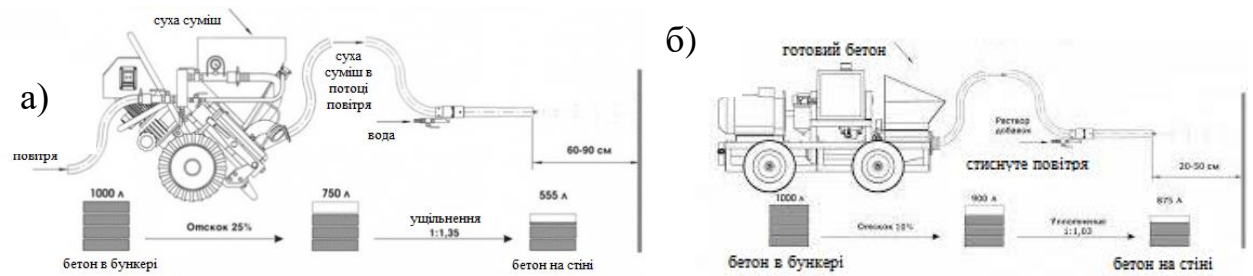
У перекладі з латини це поняття означає «ущільнена штукатурка» (*tor* – штукатурка, *cret* – «щільний»). З середини минулого століття всередину і на поверхню бетонних і металевих конструкцій стали нагнітати розчин для запобігання руйнуванню тіла об'єкта.

Отже, торкретування - це метод бетонування поверхонь за допомогою спеціального обладнання, торкрет установок, при якому бетонна суміш шарами наноситься на бетоновану поверхню під тиском стисненого повітря. Бетонна суміш - цемент, пісок, щебінь та вода - подається в спеціальну форсунку, де змішується з прискорювачами схоплювання бетону, а також стисненим повітрям і далі наноситься на поверхню, що торкретується [1].

Торкретування є незамінним при ремонтних роботах, будівництві, гідроізоляційних та герметизаційних процесах, будівництві тунелів, а також у галузях гірської та переробної промисловості [2].

Існують два способи торкретування: сухий та мокрий. Метод сухого торкретування відбувається наступним чином: попередньо приготована суміш з цементу, заповнювачів (піску, щебню) і добавок, завантажується в установку для сухого торкретування (рис. 1а). Стисненим повітрям суміш подається по шлангу до сопла, змочується в ньому водою, і з великою швидкістю (130-

170 м/с) наноситься на поверхню.



а – сухе торкретування; б – мокре торкретування

Рисунок 1 – Схеми торкретування

До переваг методу сухого торкретування відноситься наступне: не потрібно попереднє змочування водою суміші; можливість подачі матеріалу на великі відстані; можливість нанесення «товстого» шару за один прохід; висока продуктивність; висока надійність і тривалий термін експлуатації обладнання; простота очищення обладнання (продування повітрям); рідкісне засмічення шлангів і обладнання; можливість роботи в режимі «старт-стоп». Недоліки: високе пилоутворення, небезпечно проводити торкрет роботи у замкнутому приміщенні, та в приміщеннях з поганою вентиляцією.

Метод мокрого торкретування відбувається наступним чином: готова бетонна суміш подається в бетононасос і гідравлічним способом (суцільним потоком) подається по шлангу до сопла. По іншому шлангу до сопла подається стиснене повітря, за допомогою якого суцільний потік суміші розривається і доставляється до поверхні (рис. 1б). Швидкість, з якою проводиться набризк істотно нижче ніж при сухому торкретуванні. Переваги методу мокрого торкретування: висока продуктивність; невеликий відсоток відскоку; покращене зчеплення; можливість використання сталевих фібр та нових передових добавок. Недоліки: необхідність введення добавок істотно здорожує вартість нанесення суміші; виключається можливість перерв в торкретуванні без операції промивки шланга (бетонна суміш схоплюється в шлангу).

Порівнюючи сухий та мокрий способи, можна прийти до висновку, що сухий спосіб доцільно застосовувати для виконання робіт невеликого обсягу (наприклад при ремонті) та в особливих випадках, коли існують довгі дистанції подачі суміші та часті перерви у роботі. Спосіб мокрого набризку доцільно застосовувати у всіх інших випадках і тим паче у підземному будівництві. З використанням набризк-бетону підземні споруди можна будувати там, де вони потрібні, незалежно від гірничо-геологічних умов (рис. 2).



Рисунок 2 – Нанесення набризк-бетону в тунельних спорудах

Товщину бетонного шару, що наноситься, контролюють по маяках. При нанесенні кількох шарів кожен наступний шар наносять з таким інтервалом, щоб під дією свіжої суміші не руйнувався попередній шар. Максимально допустима перерва не повинна перевищувати часу схоплювання цементу, щоб забезпечити втоплення свіжого шару попередній та гарне зчеплення між ними.

Завдяки торкретуванню можна отримати поверхні з різноманітними структурами. Крім того, торкретбетон володіє відмінними водонепроникними властивостями і високою стійкістю до низьких температур [3]. Також існують спеціальні добавки і наповнювачі, використовуючи які, можна досягти підвищення теплопровідності, морозостійкості, вогнестійкості та інших характеристик бетону. Торкретування не тільки підвищує несучу здатність, але одночасно є й ефективним протипожежним захистом.

Ця технологія є однією з перспективних у будівництві підземних споруд. З її використанням безпосередньо пов'язане можливе поширення на ринку нових систем гідроізоляції та методів армування, наприклад, синтетичного структурного фіброармування.

Сучасні темпи будівництва тунелів гірським способом у міцних породах і породах середньої міцності можуть бути дуже високі. Наприклад, в Норвегії швидкість зведення автодорожнього тунелю під протокою Хітра прольотом 11,6 м і висотою 7,6 м склала 96 м на тиждень у кожному забої, а автодорожнього тунелю Манхеллер – близько 80 м на тиждень.

Сьогодні набризк-бетон здебільшого використовується при кріпленні гірничих виробок, де його застосування стало вирішенням безлічі проблем та стало необхідністю. Спостерігається чітка тенденція до зростання застосування набризк-бетону в тунелебудуванні у великомасштабних проектах. Тільки в Європі загальний обсяг становить понад 3 млн. м<sup>3</sup> на рік.

В Україні із застосуванням технології торкретування було побудовано у 2018 р. Бескидський гірський тунель, довжина якого складає 1765 м, ширина 10,5 м, висота – 8,5 м, глибина закладання 180 м. Гарантійний термін експлуатації цього тунелю – 100 років, було досягнуто завдяки застосуванню торкрет-бетону зі спеціальними добавками компанії BASF [4]. Це прискорювач схватування і твердіння бетону MasterRoc SA 160, який не містить лугу і застосовується в будівництві підземних об'єктів. Добавка хімічно не агресивна, що знижує ступінь негативної дії на довкілля. Інша добавка – MasterRheobuild 1000 – суперпластифікатор на основі нафталінсульфонату. Вона збільшує зручність укладання бетонної суміші і покращує механічні характеристики бетону, підвищує міцність за рахунок зменшення водоцементного відношення та передання бетонній суміші реопластичних властивостей.

Завдяки торкретуванню ми отримуємо конструкції з високою щільністю і незначною капілярною пористістю. При використанні цього методу, в отриманому матеріалі, практично відсутні усадочні раковини і тріщини, що

утворюються в звичайному бетоні. При застосуванні пошарової технології усадка кожного шару відбувається індивідуально та ймовірність виникнення наскрізних усадочних тріщин практично виключається. Метод торкретування дозволяє практично повністю механізувати виробництво робіт і виключити використання опалубки.

### Перелік посилань

1. Тренінг з технології нанесення торкрет-бетону в тунелі. URL: <https://interbudtechnica.com.ua/treniing-z-tehnologiyi-nanesennya-torkret-betonu-v-tunelii.html> (дата звернення: 05.04.2023).
2. Будівельні матеріали і конструкції підземних споруд: Конструкції кріплення [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. Спеціальності 184 «Гірництво» / Г. І. Гайко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 8,37 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 134 с.
3. Торкретування. URL: <https://www.alpdnepr.com.ua/torkretuvannya.php> (дата звернення: 05.04.2023).
4. Інноваційні розробки концерну BASF використані при будівництві Бескидського тунелю. Прес-реліз. URL: <http://surl.li/gixsz> (дата звернення: 05.04.2023).