



Сінякін Д. А.



Сопов В. П.

Сінякін Д.А., аспірант кафедри фізико-хімічної механіки та технології будівельних матеріалів і виробів,
Харківський національний університет будівництва та архітектури,
✉ siniakinda@gmail.com ☎ +38-050-409-09-08

Сопов В.П., доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри фізико-хімічної механіки та технології будівельних матеріалів і виробів,
Харківський національний університет будівництва та архітектури,
✉ vrsopov@gmail.com ☎ +38-093-415-23-15

Sinyakin D.A., post-graduate student of the Department of Physical-Chemical Mechanics and Technology of Building Materials and Products, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture,
✉ siniakinda@gmail.com ☎ +38-050-409-09-08

Sopov V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Physical-Chemical Mechanics and Technology of Building Materials and Products,
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture,
✉ vrsopov@gmail.com ☎ +38-093-415-23-15

ТОРКРЕТ-БЕТОНИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ТА РЕМОНТУ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

SHOTCRETE FOR BUILDING AND REPAIR OF ENGINEERING STRUCTURES

ТОРКРЕТ-БЕТОНЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Анотація. Анотація. Розглянуто способи і переваги виробництва бетонних робіт методами «сухого» і «мокрого» торкретування. Проведено натурні промислові дослідження по застосуванню різних методів торкретування в підземній частині відвідів Новодністровської ГАЕС. Ефективність методів оцінювалася дослідженнями властивостей отриманих бетонів за допомогою стандартних методів випробування на міцність при стисненні, водопроникність, морозостійкість.

Ключові слова: торкрет-бетон, ремонт бетонних споруд, міцність на стиск, водопроникність.

Abstract. The methods and advantages of producing concrete works by the methods of "dry" and "wet" shotcrete are considered. A full-scale industrial research was conducted on the application of various shotcrete methods in the underground part of the Novodnestrovskaya Pumped Storage Pipeline. The effectiveness of the methods was evaluated by studying the properties of the obtained concrete using standard compression strength test methods, water permeability, frost resistance.

Key words: shotcrete-concrete, repair of concrete structures, compressive strength, water permeability.

Аннотация. Рассмотрены способы и преимущества производства бетонных работ методами «сухого» и «мокрого» торкретирования. Проведены натурные промышленные исследования по применению различных методов торкретирования в подземной части водоводов Новоднестровской ГАЭС. Эффективность методов оценивалась исследованиями свойств полученных бетонов с помощью стандартных методов испытания на прочность при сжатии, водонепроницаемость, морозостойкость.

Ключевые слова: торкрет-бетон, ремонт бетонных сооружений, прочность на сжатие, водонепроницаемость.

Торкрет – це термін, який використовується для бетону та розчину, який транспортується через шлангову трубу і розпоршується на високій швидкості на поверхню. Щільність торкрет-бетону зазвичай становить від 2230 до 2390 кг/м³, приблизно така ж, як у звичайного бетону. Торкрет-бетон піддається розміщенню та ущільненню одночасно завдяки силі, з якої його частинки вилітають із сопла. Його можна видувати на будь-який тип або форму поверхні, включаючи вертикальні або накладні ділянки [1-2].

Торкрет-бетони можна виготовити методами сухої або мокрої суміші. Хоча торкрет-бетон сьогодні є комплексним терміном, який представляє процес розпилення бетону або розчину як сухій, так і вологій суміші.

В результаті нанесення розчину на поверхню під тиском утворюється ущільнений шар торкрету, властивості якого відрізняються від властивостей звичайного бетону чи суміші. В порівнянні із звичайним бетоном торкрет має підвищену механічну міцність, морозостійкість, водонепроникність, краще зчеплення з поверхнею споруди (рис. 1).

Перевага торкретування перед іншими методами ремонту, які зазвичай вимагають великих витрат праці, складається майже в повній механізації процесів і в поєднанні в одній технологічній операції транспортування, укладки та ущільнення суміші [3-5].

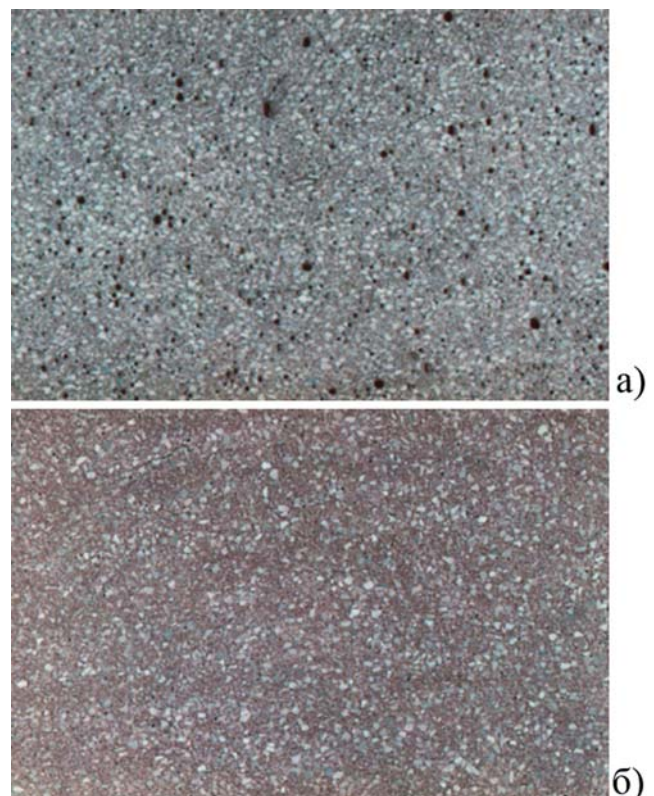


Рис. 1. Структура нанесеного шару бетону.
а – ручне нанесення; б – механічне нанесення (торкрет)

Торкрет застосовують:

- для захисту поверхні кладки штучних споруд від вивітрювання, від ударної дії, від стирання льодом та піском, від впливу агресивних сумішей в повітрі та розморожування;
- при будівництві резервуарів, башт, в том числі питного водозабезпечення;
- для гідроізоляції гідротехнічних споруд, тунелів та колекторів;
- при будівництві елементів гідротехнічних споруд;
- при кріпленні скельних стін і укосів;
- при відновлюванні захисного шару залізобетонних конструкцій і посиленні масивних мостів і обробок тунелів;
- при ремонті вже вивітрених поверхонь, а також поверхонь які мають глибокі раковини і тріщини;
- при ремонті тунельних покриттів та обробок;
- для усунення дефектів будівництва бетонних споруд;
- для кріплення укосів виїмок у відповідальних випадках.

Класи та марки торкрет-бетону по міцності, морозостійкості, водонепроникності назначають як для конструкцій з монолітного бетону відповідно до ДСТУ Б В.2.6-98, ДСТУ Б В.2.4-3. Вік торкрет-бетону відповідно класу по міцності на стиск і осьовий розтяг призначається при проектуванні, виходячи з реальних строків проектного навантаження та умов тверднення бетону. При відсутності таких даних клас торкрет-бетону може призначатись у віці 28 днів відповідно таблиці 1.

Таблиця 1.

Класи торкрет-бетону

Класи торкрет-бетону по міцності на стиск	B25	B30	B35	B40	B50
Середня міцність на стиск бетону, МПа, при коефіцієнті варіації 0,135	32,7	39,2	45,7	52,4	65,4

Класи бетону на осьовий розтяг: Bt=1,6; Bt=2; Bt=2,4; Bt=2,8; Bt=3,2.

Клас бетону на розтяг призначають відповідно до умов роботи:

- при ремонті конструкції не нижчою за марку основного бетону;
- для конструкції тимчасової або постійної конструкції згідно розрахунку міцності, зчеплення з породою повинно бути не нижчим за міцність породи на розтяг. Марку бетону по водонепроникності слід призначати не нижче W4 при градієнті гідростатичного напору від 5 до 10; W6 – від 10 до 20; W8 – від 20 до 30.

Марку бетону по морозостійкості слід призначати в залежності від розрахункової температури зовнішнього повітря взимку F300 – для температури нижче мінус 40°C; F200 – для температури від мінус 40°C до мінус 20°C; F150 – від мінус 20°C і вище.

Існують два способи торкретування:

- «сухий»
- «мокрый»

Метод «сухого» торкретування – по-передньо приготуванa суміш з цементу, заповнювачів (піску, щебеню) і добавок, завантажується в установку для «сухого» торкретування (рис. 2). Стисненим повітрям суміш подається по шлангу до сопла, змочується в ньому водою, і з великою швидкістю (130-170 м/с) наноситься на поверхню.

Переваги методу сухого торкретування:

- 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;
- проста очищення обладнання (продування повітрям);
- рідкісне засмічення шлангів і обладнання;
- можливість роботи в режимі «старт-стоп»;
- технічні: в результаті виходить ремонтний шар з більшою механічною міцністю, морозостійкістю, водонепроникністю, високою адгезією до основи, що збільшує термін служби ремонтується або споруджуваного споруди.

Недоліки:

- високе пилоутворення, небезпечно проводити торкрет роботи у замкнутому приміщенні, та в приміщеннях з поганою вентиляцією.

Метод «мокрого» торкретування – готова бетонна суміш подається в бетононасос і гідравлічним способом (суцільним потоком) подається по шлангу до сопла.

До сопла по іншому шлангу подається стиснене повітря, за допомогою якого суцільний потік суміші розризається і доставляється до поверхні (рис. 3).

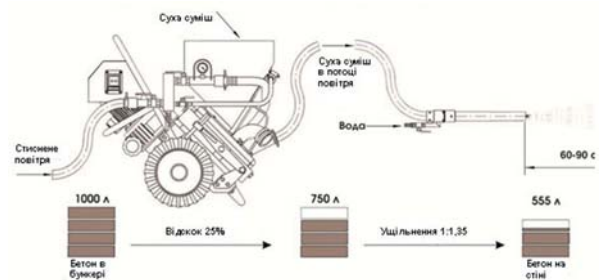


Рис. 2. Схема метода «сухого» торкретування

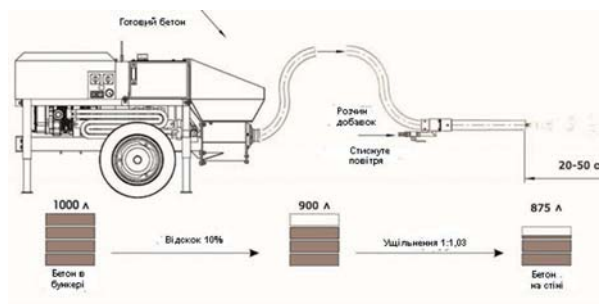


Рис. 3. Схема метода «мокрого» торкретування

Швидкість, з якою проводиться набризг істотно нижче ніж при «сухому» торкретуванні.

Переваги методу мокрого торкретування:

- висока продуктивність;
- невеликий відсоток відскоку.

Недоліки:

- необхідність введення добавок істотно здорожує вартість наноситься суміші;
- виключається можливість перерв в торкретуванні без операції промивки шланга (бетонна суміш схоплюється в шлангу).

Для закріплення породи, ремонту залізобетонних, бетонних, кам'яних поверхонь в підземній частині водоводів на Новодністровській ГАЕС торкрет-бетон наносили «сухим» методом. Але, як вказано вище, основним

недоліком цього методу є невелика продуктивність і висока пилоутворенність. Таким чином, проводити роботи в підземній частині небезпечно. У зв'язку з цим було прийнято рішення використовувати технологію мокрого торкретування.

Для виробництва «мokrого» торкрет-бетону було застосовано портландцемент ПЦ II/A-Ш-400 (Dyckerhoff) і спеціальну добавку Sika VC-1020 UA в кількості 0,8-1,5 % від маси цементу. При цьому суміш повинна мати консистенцію самоущільнюючого бетону з розпливом конусу 50-58 см (рис. 4).

Виготовлена бетонна суміш транспортується на будівельний майданчик, вивантажується в бункер торкрет-машини (рис. 5).

При перекачуванні до сопла у бетонну суміш додається добавка прискорювач схоплювання Sigunit L 95 AF, в кількості 0,1-0,5 % від маси суміші, що надає можливість укласти досить товсті шари (10-50 см) торкрет-бетону за один прохід без опливання суміші.

Для виробництва експериментального складу «мokrого» торкретбетону згідно документів використовувався щебінь фракції 5-10 мм та 2-5 мм, що значно змінило криву розсіву. Ми свідомо наполягли на використанні кондиційного щебеню, для того щоб забезпечити найбільшу щільність торкретбетону «на стіні».

Пісок мав вологість від 5 до 10%, що значно ускладнювало роботу щодо корегування складів бетону, однак у 2-го замісі вдалося отримати досить однорідну бетонну суміш для укладання в конструкції.

В результаті промислового експерименту з'ясувалось, що використання щебеню двох фракцій 2-5 та 5-10 мм значно підвищує однорідність бетонної суміші, що цілком зрозуміло. Отримання однорідної бетонної суміші із розпливом конусу 55-60 см стало можливим і стабільним при введенні пластифікуючи добавки VC-1020UA в кількості 0,95% від маси цементу. Добавка вводилась автоматично безпосередньо в бетонозмішувач, в цьому випадку забезпечується її рівномірний розподіл. При цьому суміш ставала значно одноріднішою, повністю були відсутні ефекти розшарування і водовідділення. З цих партій бетонної суміші були виготовлені контрольні зразки куби, та плити розміром 25×25×4 см.

З різних партій бетону, були виготовлені фрагменти торкретбетону на стіні з фундаментних блоків, причому в різних захватках використовувався один склад бетону. Кількість добавки прискорювача схоплення Sigunit L95 AF змінювалась від 0 до 7 %.

Торкрет без добавки прискорювача схоплювання миттєво опливав, а з добавкою вдалося нанести шар торкрету 10-12 см без опливання з достатньо щільною структурою (рис. 6). З обох складів були зроблені зразки плит розміром 25×25×4 см.

Отримані зразки бетону було випробувано на міцність при стиску та водопоглинання. Результати досліджень наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Показники міцності та водопоглинання отриманих бетонів

Показники	Значення	
	без добавки*	з добавкою
Вага зразку, г	649	646
Rвиг 7 діб, МПа	7,2	6,8
Rст 7 діб, МПа	36	30,3
Вага зразку, насиченого, г	640	637
Вага зразку, сухого, г	609	591
Водопоглинання, %	5,00	7,7
Rвиг 28 діб, МПа	7,32	6,9
Rст 28 діб, МПа	52,4	39,6

* добавка прискорювач схоплювання Sigunit L 95 AF.

Висновки

Аналіз проведених випробувань, виготовлених зразків балочок та кубів, у віці 7 і 28 діб показав, що бетон має характеристики, які цілком задовольняють проектні вимоги по міцності при стисненні (В30). А попередні показники по водопоглинанню бетону у віці 28 діб, відповідно: 5 і 7,7 % дозволяють стверджувати, що водонепроникність бетону у віці 56 діб буде не менше W8, а морозостійкість не менше F150.



Рис. 4. Вимірювання розпливу конусу



Рис. 5. Самохідна установка для «мokrого» торкретування



Рис. 6. Товщина шару бетону

Література:

1. Banthia, N. Armelin, H. 2002, A novel double anchored steel fiber for shotcrete, Canadian Journal of Civil Engineering, pp 58-63, Vol. 29, Canada.
2. Clements, M. J. K. Tayler D. 2004, High toughness shotcrete for large deformation control at Perseverance mine, 2nd International Conference on engineering developments in shotcrete, Oct 4-6, Cairns, Australia.
3. Руководство по нанесению материалов «парад» методом торкретирования при возведении, ремонте и восстановлении строительных конструкций зданий и сооружений. Шифр М10.1/06. М., 2006, 28с.
4. ТУ 5745-001-16216892-06 «Торкрет-бетон. Технические условия». М., 2006, 10с.
5. Артюх В.Г., Санников І.В. Торкрет-бетон у цивільних будинках, що реконструюються // Будівництво України. – 2007. – №3. – С.11–13.