

УДК 691.3
**ЗАХИСТ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ФІБРО-БЕТОННИМИ
 ЗАХИСНИМИ ПОКРИТТЯМИ**

Дмитро Анопко,
 канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, доцент
Ольга Бондаренко,
 канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, доцент
Костянтин Каверин,
 канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, доцент
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

В даний час в напірних і гравітаційних трубопровідних системах для гідравлічного транспортування абразивних матеріалів (шламів, пульпи, клінкеру, гірських порід, шлаків, золи і т.д.) з фракцією до 4 мм і швидкістю руху до 30 м/с використовуються поздовжні електрозварні сталеві труби. Ці труби мають низьку міцність і надійність в експлуатації. В якості матеріалів захисту можуть використовуватися: полімерні покриття, гумові вироби, чавунні плити, кам'яне литво, шамотна цегла, а також спеціальні бетони [1-3]. Характеристики матеріалів захисту наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики матеріалів захисту

Показник	Кам'яне литво	Сталь Ст3	Шамотна цегла	Фібро-бетонна футеровка
Середня густина, кг/м ³	2900	7200	2000	2400
Водопоглинання, %	0,13	0,0	11,0	0,6
Межа міцності при стиску, МПа	250,0	500,0	23,0	130
Межа міцності при згині, МПа	25,0	280,0	5,6	16
Ударна в'язкість, КДж/м ²	1,25	3,0	1,0	2,5
Модуль пружності, МПа	100630	120000	10000	60000
Зносостійкість, см ³ /50см ²	3-4	15-20	4-5	0,5-1,0
Термостійкість, °С	150	150	1050	400
Теплопровідність, Вт/м°С	1,52	51,0	1,0	1,5

При проектуванні захисту необхідно враховувати розмір частинок матеріалу, що транспортується, швидкість повітря, тиск, наявність рідини [1-3].

Механізм роботи захисного покриття, що піддається впливу абразивних частинок, показаний на рис. 1.

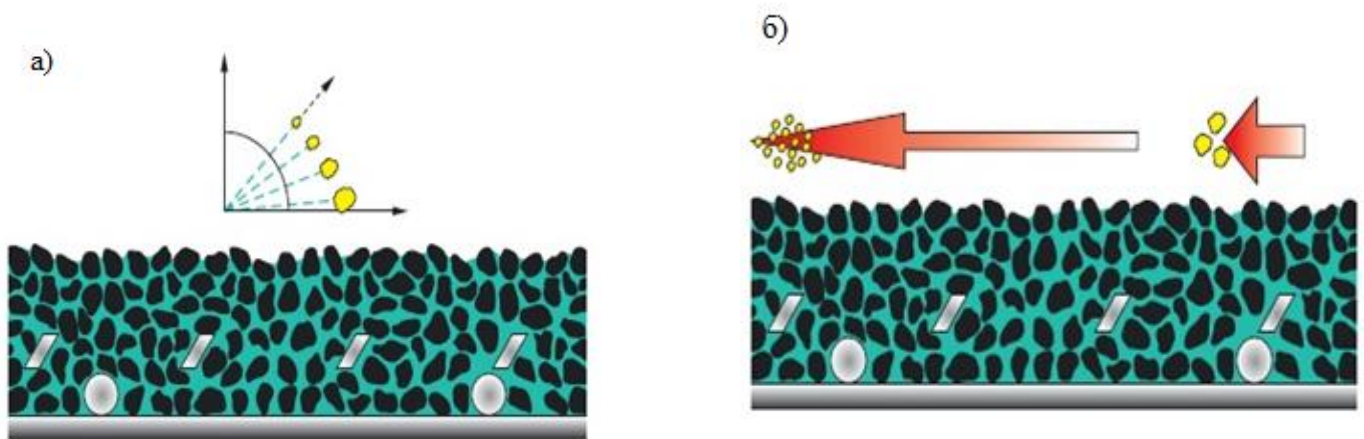


Рис. 1. Схематичне зображення механізму дії абразивних частинок на захисне покриття:

- а) залежність кута атаки абразивними частинками поверхні в залежності від розміру;
 б) залежність швидкості пересування абразивних частинок від їх розміру

Найкращі результати в збільшенні терміну служби і надійності дають сталеві труби, футеровані дрібнозернистим фібробетоном [4-10]. Випробування дослідних зразків цих труб показали, що їх надійність і довговічність в напірних і гравітаційних трубопровідних системах підвищується в 5-10 разів в порівнянні з електрозварювальними сталевими трубами і в 2-3 рази в порівнянні з високолегованими і біметалевими трубами. Різниця між звичайним бетоном та бетоном НРС схематично показана на рисунку 2. Бетони, що зроблені за традиційними рецептурами містять значну кількість води, після випаровування якої, структура матеріалу стає пористою, крихкою, відстані між зернами заповнювача нерегламентовані, міцність таких бетонів, як правило не перевищує 40 МПа (Рис. 2а).



Рис. 2. Схематичне зображення структури звичайного бетону та НРС:

- а) звичайний бетон, $V/C=0,5-0,7$;
 б) високоміцний бетон, $V/C=0,3-0,35$;
 в) НРС технологія, $V/C=0,18-0,22$

Застосування методів проектування складів бетону з високоякісних фракціонованих заповнювачів, спеціальних пластифікуючих добавок дає можливість виготовити щільні бетони з міцністю до 60 МПа (Рис. 2б), відстані між зернами заповнювача після випаровування води суттєво зменшилися, водо-

цементне відношення таких складів бетону дорівнює 0,3-0,35. Найкращий результат можна отримати при додаванні до складу бетону мікрокремнезему у кількості 5-10% (Рис. 2в).

Додавання мікрокремнезему дає можливість синтезувати в цементному камені навколо зерен збільшену кількість силікогелю, що значно збільшує фізико-механічні характеристики бетону. Додавання в бетон сталеві фібри різко покращує характеристики міцності бетону, фібро-бетонний виріб не тріскається, поки не піддається більш високим деформаціям.

На сьогоднішній день фібробетон є високоефективним конструкційним матеріалом, властивості якого можна контролювати в досить великих межах і використовувати як матеріал захисту. Технологія отримання якісних поліфункціональних фібробетонів нового покоління широко застосовується в Європі. Такі бетони називаються «високофункціональними бетонами», тобто бетонами, які самоущільнюються (High Performance Concrete) [4].

Збільшення якісних показників фібробетону «Densit» в порівнянні зі звичайним бетоном визначається наступними показниками: збільшення міцності на розтяг - в 2,5 рази; збільшення ударної в'язкості - в 10 разів; стійкість до розтріскування - в 5-6 разів; в'язкість при досягненні міцності на розтяг - в 10-20 разів; стійкість до стираності - в 2 рази [11-13].

Терміни експлуатації технологічного обладнання з фібро-бетонною футеровкою показані в табл. 2.

Таблиця 2

Терміни експлуатації футерованих та не футерованих труб

Вид виробництва, характеристика породи	Термін експлуатації металевої труби, років	Термін експлуатації труби з фібро-бетонною футеровкою, років
Високоабразивна алмазна руда (кімберліт)	0,5-1,0	4-5
Залізна руда та її шлами	1-2,5	9-10
Кварцові піски	1-2	6-7
Мідно-цинкові сполуки	1-2	7-8
Золи ТЕС	1-2	15-20

За своїми властивостями міцності вироби, виготовлені з використанням дрібнозернистого фібробетону (футеровані труби, відводи, трійники, хрестовини, жолоби), витримують навантаження, що значно перевищують 5 МПа і тому можуть широко застосовуватися для захисту обладнання від абразивного зносу, впливу агресивних середовищ і високих температур, що підтверджується багаторічною практикою експлуатації таких виробів в різних

галузях промисловості, забезпечуючи збільшення терміну служби обладнання в 2-6 разів.

Список використаних джерел:

1. Желібо Є. П., Анопко Д. В., Буслик В. М., Овраменко М. А. Основи технологій виробництва в галузях народного господарства. Київ : Кондор, 2005. 716 с.
2. Світлий Ю. Г., Білецький В. С. Гідравлічний транспорт (монографія). Донецьк: Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, «Редакція гірничої енциклопедії», 2009. 436 с.
3. Світлий Ю. Г., Круть О. А. Гідравлічний транспорт твердих матеріалів. Донецьк: Східний видавничий дім, 2010. 268 с.
4. Yoo D.-Y., Vanthia N. Mechanical properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete: A review. *Cement and Concrete Composites*. 2016(73). С. 267-280.
5. ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови. [Чинний від 2022-12-27]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 32 с.
6. ДСТУ-Н Б В.2.6-218:2016 Настанова з проектування та виготовлення конструкцій з дисперсноармованого бетону. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 28 с.
7. ДСТУ Б В.2.6-2:2009 Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови. [Чинний від 2010-01-10]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2010. 24 с.
8. ДСТУ 2643-94. Труби сталеві та чавунні. Терміни та визначення. [Чинний від 1995-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 1995. 20 с.
9. ДСТУ 2823-94 Зносостійкість виробів тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 1996. 33 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-212:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення стираності. [Чинний від 2010-01-09]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2010. 20 с.
11. Martinella R. Selection and application of wear-resistant materials to increase service life of components. *Ceramics International*. 1993. Vol. 19, № 6.
12. Hutchings I. M. Wear-resistant materials: into the next century. *Materials Science and Engineering A*. 1994. Vol. 184, № 2.
13. Fischer A. Well-founded selection of materials for improved wear resistance . *Wear*. 1996. Vol. 194, № 1-2.