

НАНЕСЕННЯ ПОЛІМЕРНОГО ПОКРИТТЯ НА ПОВЕРХНЕВИЙ ШАР БЕТОНУ – ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПІДЛОГ



В.К. Мельник
начальник відділу якості
ТОВ «МСБУД», м. Київ,
к.т.н.



Т.І. Приндюк
науковий співробітник
науково-дослідної лабораторії
Вінницького національного
технічного університету



М.М. Малик
генеральний директор
ТОВ «МСБУД», м. Київ



О.В. Панченко
директор
TM Building System Sika Ukraina LLC



А.Я. Барашиков
завідувач кафедри
залізобетонних конструкцій
Київського національного
університету будівництва і архітектури,
д.т.н., професор



К.В. Парамонов
директор
ПРАТ «Стрижавський кар'єр»



О.В. Войцехівський
завідувач
науково-дослідної лабораторії
Вінницького національного технічного
університету, к.т.н., доцент



Н.М. Фіалко
завідувач відділу малої енергетики
Інституту технічної теплофізики
НАН України, член-кореспондент
НАН України, д.т.н., професор,
заслужений діяч науки і техніки
України

Полімерні покриття підлог характеризуються підвищеною міцністю, зносостійкістю та стійкістю до агресивних середовищ. Це зумовлює їх широке застосування при будівництві підлог промислових приміщень.

Реалізація технології нанесення полімерних покриттів не потребує дороговартісного обладнання, але має деякі особливості, а саме:

- а) відносну складність стадії підготовки матеріалу покриття до нанесення;
- б) потребує нанесення шарів ґрунтування і стяжки у порівняно короткий термін (8–20 хв.);
- в) жорсткі вимоги до поверхневих відміток шару покриття (± 2 мм) тощо;
- г) необхідність активації поверхні бетону шляхом попередньої обробки за допомогою фрезерування, шліфування тощо.

Нові матеріали вперше були впроваджені на промислових об'єктах України, одним із яких є Вінницький молоко-консервний комбінат корпорації «ROSHEN», виробничі корпуси якого складаються з 4-х різнопланових блоків (рис. 1). Тут використані полімерні матеріали для підлог Sikafloor-21 PurCem (блок Б), композиційні – фібробетон «матриця–бетон В25 (М300) ПЗ F50», «наповнювач–фібра з базальтового волокна нового покоління діаметром 18 мкм» для виготовлення підлог (блок А). Для чіткого дотримання технологічних карт з виконання робіт проводився комплекс необхідних вимірювань параметрів. Вимірювання температури і вологості приміщень та поверхні бетону (по товщині шару) виконували декілька разів протягом доби. При цьому визначення вологості дублювались різ-

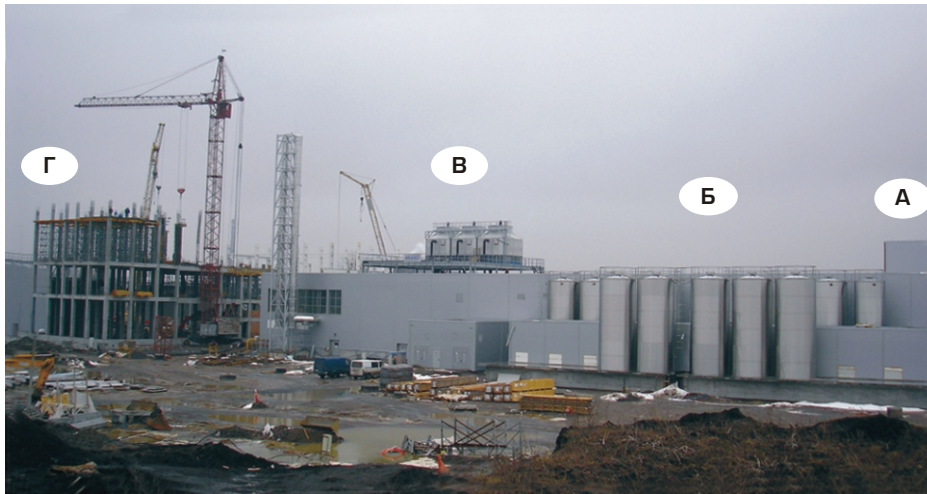


Рис. 1.
Загальний вигляд виробничого корпусу Вінницького молоко-консервного комбінату корпорації «ROSHEN» у процесі будівництва:

- блок А** – приймання, розвантаження сировини;
- блок Б** – перероблення рідкого молока;
- блок В** – виготовлення та сушіння готової продукції;
- блок Г** – зберігання та відвантаження готової продукції

ними методами (лабораторним, експрес-методами) та приладами різних класів компаніями, які брали участь у будівництві та дослідженні технологічних регламентів будівництва.

Дослідження адгезійної міцності системи «покриття–бетон» виконувалось в три етапи і мало різні цілі (виробничі та наукові):

- визначення міцності бетону основи на відрив [2];
- лабораторні дослідження адгезійної міцності системи «покриття–бетон» з використанням матеріалів Sika[®]floor-21, Sika[®]floor-264 при нанесенні їх на звичайну непідготовлену поверхню [3, 4];
- дослідження 2-х типів полімерних покриттів підлог: Sika[®]floor-21 (поліуретанова – 1), Sika[®]floor-264 (епоксидна – 2) з метою визначення адгезійної міцності системи «покриття–бетон» [3, 4].

Перелік технологічних операцій з підготовки поверхні бетону до нанесення матеріалу ґрунтування, умови нанесення, а також використані матеріали для ґрунтування і стяжки, товщини шарів ґрунтування і стяжки наведено в табл. 1.

Етап I. Для визначення придатності використання основи підлоги за показниками якості підготовки поверхні та міцності бетону основи були проведені дослідження міцності бетону на відрив. Для цього до поверхні основи підлоги за допомогою двокомпонентного тиксотропного швидкотверднучого анкерувального клею на метакрилатній основі Sika[®]AnchorFix[®]-1 приклеювали металеві пластини розміром 50 48 мм. Потім спеціальними затискачами пластину закріплювали до гідравлічного приладу ГПНВ-5, що вимірював та передавав навантаження за допомогою манометра (рис. 2).

Таблиця 1

Підготовка поверхні бетону, умови нанесення, матеріали ґрунтування і стяжки

| Характеристика процесів | Тип покриття | |
|---|--|--|
| | 1 | 2 |
| Обробка поверхні бетону | Фрезерування, шліфування (часткове) | Фрезерування, шліфування (суцільне) |
| Необхідна вологість бетону, % | 10 | 4 |
| Фактична вологість бетону, % | 4.....7 | 2,5.....4 |
| Необхідна температура повітря під час виконання робіт, °С | 10.....30 | 10.....30 |
| Фактична температура повітря під час виконання робіт, °С | 15.....21 | 17.....23 |
| Максимальна вологість повітря, % | < 85 | < 80 |
| Фактична вологість повітря, % | 47.....62 | 40.....56 |
| Матеріал ґрунтовки | Sika [®] floor-21 | Sika [®] floor-161 * |
| Товщина ґрунтовки, мм | 1,2 | 0,6 |
| Матеріал стяжки | Sika [®] floor-21 | Sika [®] floor-264 * |
| Товщина стяжки, мм | 3,4 | 2,1 |
| Загальна товщина покриття, мм | 4,6 | 2,7 |

* – співвідношення смола/пісок:
1:3 – для ґрунтовки, 1:1 – для стяжки.



Рис. 2.
Експериментальний стенд для визначення адгезійної міцності системи «покриття–бетон»

Згідно з нормативними вимогами мінімальна міцність на відрив бетонної основи складає 1,5 МПа. Отримані її реальні значення та запас міцності бетону наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати визначення міцності бетону основи підлоги на відрив (бетон класу В25 (М300) ПЗ F50)

| № з/п | Площа відриву (пластини), мм ² | Показник манометра, кгс/см ² | Міцність на відрив*, МПа | Запас міцності, % | Прим. |
|-------|---|---|--------------------------|-------------------|-------|
| 1 | 2400 | 13,8 | 1,57 | 105 | 1* |
| 2 | | 14,3 | 1,62 | 109 | |
| 3 | | 13,6 | 1,55 | 103 | |
| 4 | | 13,3 | 1,51 | 101 | |
| 5 | | 13,5 | 1,53 | 102 | |
| 6 | | 13,6 | 1,55 | 103 | 2 |
| 7 | | 13,4 | 1,52 | 102 | |
| 8 | | 13,6 | 1,55 | 103 | |
| 9 | | 13,3 | 1,51 | 101 | |
| 10 | | 13,8 | 1,57 | 105 | |

* – зусилля на відрив визначають за тарировальними таблицями:
 1. № 1.....№ 6 – полімерне покриття Sikafloor-21.
 2. № 7.....№ 10 – Sikafloor-264.

Результати випробувань визначення міцності на відрив засвідчили, що значення міцності бетону підлоги виробничого корпусу молоко-консервного комбінату III черги будівництва Вінницької кондитерської фабрики № 2 після повного циклу підготовки під облицювання полімерами складає 1,51.....1,62 МПа, що більше нормативного.

Етап II. З метою моделювання процесу впливу різних технологічних чинників на визначення величини адгезійної міцності системи «покриття–бетон» в лабораторних умовах були проведені тестові дослідження. На заздалегідь

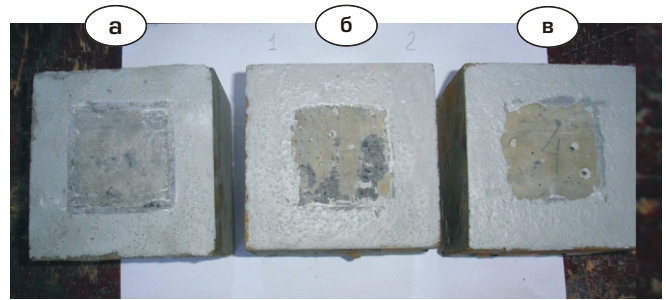


Рис. 3. Зразки після руйнування системи «покриття–бетон» за відсутності попередньої підготовки поверхні бетону для нанесення захисного полімерного покриття (лабораторні дослідження):

а – № 6; б – № 9; в – № 8 – відповідно до нумерації за табл. 3

підготовлені куби з бетону, що застосовувався при будівництві підлог молоко-консервного комбінату, нанесли захисні покриття, як у блоці Б. За аналогічною схемою були проведені випробування адгезії системи «покриття–бетон» технологічно непідготовленої до нанесення покриття основи. Руйнування зразків відбулося, в основному, по з'єднанню, іноді – з частковим 7...12 % (по площі) руйнуванням по бетону (рис. 3), що виявило адгезійну міцність, значно меншу нормативних величин.

Слід зазначити, що надзвичайно велику роль при виконанні облицювальних робіт із використанням полімерних матеріалів відіграє підготовка основи (фрезерування, шліфування, ідеальне очищення від залишків бетону тощо). На результат адгезійної міцності впливає клас бетону основи, що характеризується для даного випадку міцністю на розтяг. У нашому випадку руйнування зразків відбулося по з'єднанню через високу міцність на розтяг бетону основи (більше 2,5 МПа) та незадовільну якість підготовки поверхні (табл. 3).

Таблиця 3

Результати визначення адгезійної міцності захисних покриттів Sikafloor-21, Sikafloor-264, нанесених на непідготовлену поверхню бетону в лабораторних умовах

| № зразка | Площа відриву (пластини), мм ² | Показник манометра, кгс/см ² | Тип покриття | Міцність на відрив, МПа | Характер руйнування | Запас міцності, % |
|----------|---|---|--------------|-------------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 2400 | 10,2 | Sikafloor-21 | 1,16 | по з'єднанню | 77 |
| 2 | | 11 | | 1,25 | | 83 |
| 3 | | 10,4 | | 1,18 | | 79 |
| 4 | | 10,6 | | 1,21 | | 80 |
| 5 | | 11,6 | | 1,32 | | 88 |
| 6 | | 9,8 | | 1,11 | | 74 |
| 7 | | 10 | | 1,14 | | 76 |
| 8 | | 10,8 | | 1,23 | | Sikafloor-264 |
| 9 | | 11,4 | 1,30 | 86 | | |
| 10 | | 10,2 | 1,16 | 77 | | |

Етап III. Експериментально встановлено, що характер руйнування реальної системи «покриття–бетон» діаметрально протилежний відносно модельної системи і відбулося воно в місцях клеєного з'єднання або в глибинних шарах (3...5 мм від поверхні) бетонної основи (рис. 4).

Як свідчать дані табл. 4, реальні значення адгезійної міцності системи «покриття–бетон» значно більші від мінімальних значень, задекларованих компанією «Sika Україна».

Перелік досліджених чинників та отримані результати лабораторних, натурних (модельних) експериментів зведені в табл. 5.

Дослідження, проведені в будівельній лабораторії ПРАТ «Стрижавський кар'єр», підтвердили [1], що для будівництва підлог, майдан-

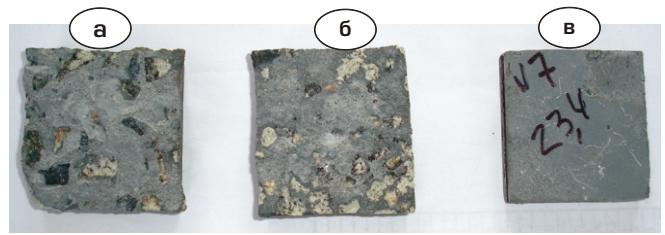


Рис. 4. Зразки після руйнування системи «покриття–бетон» за наявності підготовки поверхні бетону (тестові дослідження):

а – № 6; б – № 3; в – № 7 – відповідно до нумерації табл. 4

чиків, автодоріг для проектування композиційних матеріалів найефективнішою є базальтова фібра нового покоління. При ідентичних фізико-механічних властивостях композитів, кращих з точки зору естетичності бетонних виробів, при вмісті даної фібри на одиницю виробу

Таблиця 4

Результати натурних експериментів із визначення адгезійної міцності системи «покриття–бетон»

| № місця дослідження | Площа відриву*, мм ² | Показник манометра, кгс/см ² | Тип покриття | Міцність на відрив, МПа | Характер руйнування | Запас міцності, % |
|---------------------|---------------------------------|---|---------------|-------------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | 2662 | 19,4 | Sikafloor-21 | 1,99 | по бетону | 132 |
| 2** | 2400 | 23,0 | | 2,61 | по клейовому з'єднанню | 174 |
| 3 | 2676 | 22,2 | | 2,26 | по бетону | 151 |
| 4 | 2505 | 21,0 | | 2,28 | – " – | 152 |
| 5 | 2464 | 18,6 | | 2,06 | – " – | 137 |
| 6 | 2400 | 20,0 | | 2,27 | по клейовому з'єднанню | 151 |
| 7 | 2400 | 23,4 | Sikafloor-264 | 2,66 | – " – | 177 |
| 8 | 2475 | 21,0 | | 2,31 | по бетону | 154 |
| 9 | 2400 | 22,6 | | 2,57 | по клейовому з'єднанню | 171 |
| 10 | 2400 | 23,8 | | 2,70 | – " – | 180 |
| 11 | 2400 | 21,4 | | 2,43 | – " – | 162 |

* – площа відриву по бетону або пластині;
 ** – повторення експериментальних досліджень №1 без прорізання полімерного покриття біля пластини.

Таблиця 5

Результати експериментальних досліджень міцності основи бетону на відрив, адгезії системи «покриття–бетон»

| Чинники | Результат | | Варіанти порівняння | Примітки | |
|---|---------------|---------------|----------------------|----------------------|---|
| | якісний | кількісний, % | | | |
| Міцність бетону основи підлоги | позитивний | 101...109 | п. 1 – п. 10 табл. 2 | | |
| Запас міцності системи «покриття–бетон» за відсутності попередньої підготовки поверхонь бетону (згідно з лабораторними випробуваннями): | Sikafloor-21 | негативний | 74...85 | п. 1 – п. 7 табл. 3 | 1 |
| | Sikafloor-264 | негативний | 77...86 | п. 8 – п. 10 табл. 3 | |
| Запас міцності системи «покриття–бетон» за умов попередньої підготовки поверхні бетону (згідно з тестовими випробуваннями) | Sikafloor-21 | позитивний | 132 | п. 1 – п. 6 табл. 4 | 2 |
| | Sikafloor-264 | позитивний | 154 | п. 7 – п. 11 табл. 4 | |
| Фактична адгезійна міцність системи «покриття–бетон» підлог з полімерним покриттям відносно тестових та натурних експериментальних досліджень значно більша | позитивний | > 133 | п. 1 – п. 2 табл. 4 | 3 | |

Примітки:
 1 – руйнування по з'єднанню; 2 – руйнування по бетону віддалених від з'єднання шарів; 3 – тестові з надрізом по поверхні з'єднувальної пластини.

в 10...12 разів меншому, ніж традиційної металевої фібри, вартість фібри 1 м³ виробу виявилася також у 2...2,5 раза меншою.

Будівельні роботи в рамках генпідряду виконував ТОВ «МСБУД», субпідрядником із нанесення полімерних покриттів був ТОВ «Профітех Ltd». Виробники і постачальники бетонної та фібробетонної сумішей – ПРАТ «Стрижавський кар'єр», полімерних компонентів – ТОВ «Sika Україна», базальтової фібри нового покоління – ТОВ «Технобазальт-Інвест».

Висновки.

1. Спроектовані, виготовлені та поставлені на об'єкт будівництва бетонна та фібробетонна суміші відповідають усім критеріям нормативних вимог у т.ч. ДСТУ ISO 9001:2009 (запас міцності бетону – 101...109 %).

2. При проведенні понад 20 натурних випробувань адгезії захисних полімерних покриттів не було жодного випадку їх руйнування. Задекларована компанією «Sika Україна» адгезійна міцність (1,5 МПа – Sikafloor-264; 1,75 МПа – Sikafloor-21) щонайменше в 1,165...1,800 разів більше.

3. Проведені дослідження адгезії системи «покриття–бетон» при нанесенні полімерних покриттів на підготовлену та непідготовлену поверхню показали, що якість і повнота підготовки поверхні бетонної основи суттєво впливають на кількісну величину адгезії. Так, за відсутності такої підготовки запас міцності системи «покриття–бетон» становить 74...85 %, а за її наявності – щонайменше 132...154 % від нормативної.

4. Результати експериментальних досліджень з визначення міцності бетону підлоги на відрив та адгезійну міцність систем «покриття–бетон» свідчать, що полімерні покриття різних типів мінімум в 1,3...1,8 раза покращують міцнісні характеристики бетонного покриття підлоги поверхневих шарів у порівнянні з мінімальною початковою міцністю плити покриття.

5. Дослідження безперервності адгезії полімерних покриттів Sikafloor-21 (поліуретанове), Sikafloor-264 (епоксидне) показали, що відшарування покриття підлоги виробничого корпусу відсутні, і покриття за всіма критеріям відповідають вимогам ГОСТ 28574-90.

6. Величина адгезії системи «покриття–бетон» підлог із полімерним покриттям значно більша від значень адгезії за тестовими випробуваннями, оскільки прикладені зусилля фактично поширюються на необмежену площу підлоги.

7. Виробництво промислових підлог із полімерним покриттям пов'язане з великою кількістю взаємозв'язаних визначальних чинників впливу, таких як проект, ступінь ущільнення ґрунтів, сумісність матеріалів, проектування, виготовлення, транспортування і технологія укладання бетонної суміші, догляд за бетоном, своєчасне формування оптимальної мережі різнопланових швів, якість підготовки бетонної основи, жорстке (до секунд) дотримання технології виготовлення і укладання полімерів тощо.

За розроблення технології виготовлення і широкомасштабне впровадження фібробетону в будівництво промислових об'єктів авторський колектив у складі науковців Київського національного університету будівництва і архітектури, ТОВ «МСБУД» відзначені премією Академії будівництва України ім. академіка М.С. Буднікова за 2013 рік.

-
- [1] Барашиков А.Я. Вплив матеріалу фібри на експлуатаційні властивості фібробетонів. / Барашиков А.Я., Мельник В.К., Рябенко Т.А. / Промислове будівництво та інженерні споруди, 2012, – № 4. С. 41–44.
 - [2] ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.
 - [3] ГОСТ 28574-90 Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий.
 - [4] Методика проведення випробувань з метою визначення адгезії захисного покриття до бетону/ НДЛ УфБК ВНТУ. – Вінниця, 2013. – 6 с.

Надійшла 04.07.2013 р. 

* Склад бетонної суміші: цемент ПЦ II/A-Ш – 400Р (Балаклея) 470 кг, щебінь – суміш фракцій 5...20 мм 1246 кг, пісок річковий М_{кр} 1,69...1,82 548 кг, суперпластифікатор FMD 0,64 % від маси цементу, вода 174...178 кг.