

---

**PRACE**

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

***Scientific Works***  
of Institute of Ceramics  
and Building Materials

---

**Nr 23**  
(październik–grudzień)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

**Rok VIII**

**Warszawa–Opole 2015**

---

JERZY BALACHA\*

# Właściwości modelowej posadzki przemysłowej w kontekście momentu aplikacji posypki i jej zacierania na świeżej mieszance betonowej

**Słowa kluczowe:** posadzka przemysłowa, sucha posypka utwardzająca, odporność na ścieranie, równanie Fullera-Thompsona, przyczepność do podłoża.

Celem projektu było określenie w jaki sposób na właściwości posadzki przemysłowej wpływa moment rozpoczęcia aplikacji posypki i jej zacierania na świeżej mieszance betonowej na bazie cementu CEM I 42,5 R.

W ramach realizacji pracy zaprojektowano i przygotowano posypkę utwardzającą na bazie cementu CEM I 42,5 R, piasków kwarcowych oraz żywicy melaminowej. Ilość wypełniacza określono na podstawie równania Fullera-Thompsona. Dla posypki wyznaczono wytrzymałość na ściskanie oraz odporność na ścieranie na tarczy Böhme. Po nałożeniu posypka została zatarta ręcznie, a płyty pielęgnowano w warunkach laboratoryjnych. Po okresie dojrzewania zrealizowano badania cyklicznego zamrażania i rozmrażania przy zanurzeniu w soli odladzającej według PN-EN 13687-1:2008. Następnie dokonano oceny wizualnej powierzchni próbek oraz przeprowadzono badanie przyczepności do podłoża.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że moment aplikacji posypki ma istotny wpływ na walory techniczne posadzki. Wykazano, że przedwczesna aplikacja posypki obniża wytrzymałość na ściskanie i pogarsza przyczepność. W przypadku późniejszego zatarcia posypki wyraźnie spada możliwość połączenia struktury betonu z zacieraną warstwą. Efektem ubocznym jest słabe związanie posypki utwardzającej i niższa odporność na ścieranie.

## 1. Wstęp

Posadzki przemysłowe wywierają ogromny wpływ na sprawne funkcjonowanie zakładów produkcyjnych lub magazynów z uwagi na ekstremalne obciążenia jakim są poddawane. Stanowią również najtrudniejszy do naprawy czy remontu

---

\* Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie, j.balacha@icimb.pl

element obiektów, gdyż wymagają często wyłączenia go, w całości lub w części, z eksploatacji [1–2].

Posadzki przemysłowe powinny się więc charakteryzować wysoką odpornością na obciążenia mechaniczne i chemiczne. Już na etapie projektowania, jak również przy wykonywaniu napraw i remontów, zarówno projektant, jak i inwestor winni dokonywać właściwych wyborów dotyczących zastosowanych materiałów i technologii [3].

Dobór odpowiedniego rozwiązania posadzki w obiektach przemysłowych i użyteczności publicznej jest zagadnieniem złożonym, któremu należy poświęcić właściwe miejsce w procesie projektowania obiektu. Projekt posadzki powinien uwzględnić wymagania dotyczące warunków użytkowania, ale także technologii wykonania posadzki. Czynniki te mają istotne znaczenie przy doborze rozwiązania materiałowo-technologicznego i konstrukcyjnego posadzki, a ich zdefiniowanie przed rozpoczęciem prac umożliwia dbałość o dobrą jakość realizacji. Zazwyczaj istnieje więcej niż jedno rozwiązanie techniczne. Koszt wykonania posadzki w relacji do trwałości powinien decydować o wyborze [7].

Bardzo popularne, ze względu na relatywnie niski koszt i właściwości, jak i dużą trwałość przy prawidłowym wykonaniu, są tzw. posypki, dostarczane w postaci suchych proszków. Jakość suchych posypek utwardzających ma decydujący wpływ na trwałość przypowierzchniowej warstwy betonowej posadzki przemysłowej i to ten element odpowiada za przejęcie większości obciążeń eksploatacyjnych. Wysokiej jakości posypka utwardzająca powinna zawierać w swoim składzie niskoalkaliczne spoiwa cementowe o wysokiej wytrzymałości, specjalne o wyselekcjonowanej krzywej uziarnienia twarde wypełniacze oraz dodatki i domieszki modyfikujące parametry produktu, takie jak plastyfikatory i reduktory skurczu. W zależności od klasy produktu, stosowane są kruszywa naturalne o wysokiej zawartości kwarcu o twardości 6–7 w skali Mohsa oraz metaliczne lub korundowe o twardości 8–9,5 w skali Mohsa. Dokładny skład jest tajemnicą producenta. Posypki sypane na powierzchnię świeżego betonu, po podciągnięciu wody i wtarcu, tworzą trudnościeralną warstwę mineralną o grubości 2–3 mm. Nakładanie materiału utwardzającego może odbywać się ręcznie, na zasadzie ręcznego rozsiewania, lub też półmechanicznie [5]. Ziarno kruszywa musi być bardzo mocno zakotwione w matrycy cementowej i nie może być wyluskiwane w czasie eksploatacji posadzki. Kluczowym parametrem stwardniałego materiału jest zatem przyczepność zaczynu cementowego do ziaren kruszywa [6].

Po wielu latach wykonywania posadzek utwardzanych suchą posypką istnieje obszerny zbiór przyczyn powstawania rys i delaminacji. Główną przyczyną jest zbyt wczesne lub późne zatarcie posypki. W pierwszym przypadku mechanizm delaminacji polega na uwieszeniu wody i powietrza (*bleeding*) wydzielających się z wiążącego betonu pod szczelną warstwą dotwardzonego betonu, czego

następstwem jest powstawanie obszarów o obniżonej wytrzymałości. Pod wpływem skurczu wysychania czy obciążenia ruchem kołowym następuje odspojenie wierzchniej zatartej warstwy. Drugi przypadek to zacieranie posypki na związanym betonie. Wówczas nie ma możliwości połączenia struktury betonu z zacieraną warstwą. Efektem ubocznym jest słabe związanie posypki utwardzającej i pylenie posadzki w czasie eksploatacji. Główną przyczyną kłopotów jest trudność ustalenia momentu rozpoczęcia zacierania, tj. czasu, gdy zakończony jest proces wydzielania wody z betonu. Określenia tego czasu dokonuje się najczęściej na podstawie wizualnej oceny betonu i na tzw. głębokości odcisku stopy. Rzadziej stosowany jest połowy test polegający na obserwacji próbek mieszanki betonowej. Trudności wynikają ze zmiennych właściwości mieszanek betonowych dostarczanych na plac budowy [8–9].

Trwałość przypowierzchniowej warstwy betonowych posadzek przemysłowych w dużym stopniu jest uzależniona od jakości suchych posypek utwardzających. Jakość wykonawstwa jest bardzo ważna. Nie można jej bagatelizować. Celem projektu było określenie w jaki sposób na właściwości posadzki przemysłowej wpływa moment rozpoczęcia aplikacji posypki i jej zacierania na świeżej mieszance betonowej na bazie cementu CEM I 42,5 R.

Niewielką ścieralność zapraw cementowych można uzyskać stosując odpowiednie kruszywa. Norma DIN 1100 dopuszcza stosowanie 3 grup materiałów trudnościeralnych:

- grupa A – kamień naturalny i (albo) zwarty żużel albo materiały zmieszane z materiałami z grupy M i KS;
- grupa M – metal;
- grupa KS – elektrokorund i węgiel krzemu.

Grupy kruszyw A, M i KS różnią się odpornością na ścieranie. Wymaganą minimalną grubość warstwy trudnościeralnej zaprawy cementowej, wykonanej z określonej grupy kruszyw, dobiera się w zależności od rodzaju ruchu (lekki, średni czy ciężki). Twarde materiały zwiększają odporność posadzki cementowej na ścieranie, a materiały plastyczne odporność posadzki na uderzenie i odporność na ścieranie powstałe w wyniku toczenia [4].

Zgodnie z normą DIN 18560 część 7 dopuszcza się do stosowania dwie technologie wykonania posadzek betonowych z wykończeniem z trudnościeralnej zaprawy cementowej:

- „świeże na świeże”, czyli nakładanie zaprawy cementowej grubości kilku- lub kilkunastu mm na podkład betonowy w tym samym dniu, w którym wykonano podkład;
- nakładanie zaprawy cementowej grubości kilkunastu mm na wcześniej wykonane i odpowiednio przygotowane podłoże betonowe, pokryte warstwą szczepną.

Program badań ustalono pod kątem oceny odporności na ścieranie zastosowanych wypełniaczy jako składników suchej posypki. Uzyskanie wysokiej odporności na ścieranie jest związane z otrzymaniem kompozytu o minimalnej porowatości, w którym wypełniacz trudnościeralny wypełnia możliwie dużą objętość. Problem maksymalnego upakowania przestrzeni suchymi składnikami ziarnistymi podejmowany jest przez różnych badaczy na wiele sposobów. Jednym z nich są empirycznie uzyskane krzywe optymalnego uziarnienia. Punktem wyjścia dla tego sposobu rozumowania była analiza Fullera oraz Thompsona przeprowadzona na początku XX w. na potrzeby technologii betonu tradycyjnego. Wykazuje ona, że najlepsze upakowanie dla kruszywa grubego uzyskuje się, gdy kumulacyjna krzywa uziarnienia zbliżona jest do krzywej o równaniu:

$$y = \left( \frac{D_i^n}{D_{Max}^n} \right) \cdot 100\%$$

gdzie:

$y$  – kumulacyjny % zawartości  $i$ - tej frakcji,

$D_i$  – średnica  $i$ - tej frakcji [mm],

$D_{Max}$  – średnica maksymalnego ziarna [mm],

$n$  – wykładnik równy 0,45.

## 2. Zakres badań

### 2.1. Konsystencja

Suche składniki mieszane były z wodą zgodnie z punktem 4.4 normy PN-EN 13892-1:2004, które polegało na wysypaniu suchych składników do miski mieszarki laboratoryjnej, a następnie wprowadzeniu wody w ilości niezbędnej do uzyskania konsystencji na poziomie 135 mm. Konsystencję przygotowanej zaprawy określono zgodnie z normą PN-EN 13454-2:2008.

### 2.2. Wytrzymałość na ściskanie

Z przygotowanej według pkt 2.1 mieszanki uformowano belecзки o wymiarach 40 x 40 x 160 [mm] i określono wytrzymałość na ściskanie zgodnie z PN-EN 13892-2:2004 po 28 dniach dojrzewania. Wytrzymałość na ściskanie określa wielkość obciążenia powodującego destrukcję. Próbkę do badań pielęgnowano zgodnie z normą PN-EN 13892-1:2004.

### 2.3. Odporność na ścieranie według Böhmego zgodnie z PN-EN 13892-3:2005

Odporność na ścieranie według Böhmego, po 16 cyklach, określa się jako zmniejszenie objętości próbki  $\Delta V$ , według wzoru:

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho_R}$$

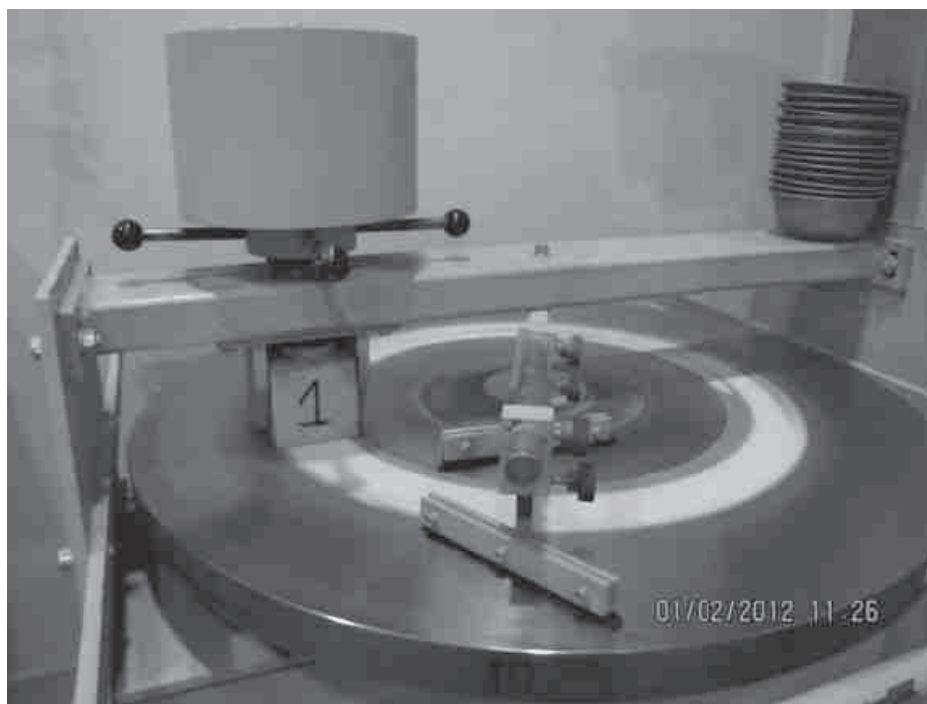
gdzie:

$\Delta V$  – odporność na ścieranie według Böhmego po 16 cyklach wyrażona w  $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ ,

$\Delta m$  – ubytek masy próbki w gramach po 16 cyklach,

$\rho_R$  – gęstość próbki w  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,

Na rycinie 1 przedstawiono sposób przeprowadzania badania.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1. Badanie ścieralności metodą Böhmego

### 2.4. Odporność na cykliczne zamrażanie i odmrażanie według normy PN-EN 13687-1:2008

Oznaczenie odporności na cykliczne zamrażanie i odmrażanie według normy PN-EN 13687-1:2008 jest prowadzone w następujący sposób:

– zamrażanie w roztworze nasyconym soli w temperaturze minus  $-15^{\circ}\text{C}$  przez 2 godziny,

– odmrażanie w wodzie w temperaturze 21 °C przez 2 godziny.

Całkowita ilość cykli wynosi 50. Po przeprowadzeniu badań starzeniowych dokonuje się oceny wizualnej powierzchni próbek. W jej ramach określa się występowanie:

- złuszczeń i/lub spękań;
- zmian powierzchniowych (rysy, odłupania, pęcherze, odspojenia lub inne uszkodzenia powierzchni).

Należy zarejestrować rysy  $> 0,05$  mm oraz wszelkie zaobserwowane zmiany powierzchniowe. Końcowa ocen jest przeprowadzana najpóźniej 16 godzin po zakończeniu cykli.

Po dokonaniu oceny wizualnej przeprowadza się badanie przyczepności do podłoża metodą pull-off. Przyczepność jest określana jako niszczące naprężenie rozciągające, wywołane przez bezpośrednie obciążenie prostopadle do powierzchni połączenia, i jest obliczana jako iloraz siły niszczącej i pola badanej powierzchni. Powierzchnię badaną otrzymano przez odwiercenie w badanym materiale 5 próbek jednostkowych o średnicy ok. 50 mm. Odległość pomiędzy próbkami jednostkowymi wynosiła co najmniej 50 mm i co najmniej 50 mm od krawędzi próbek do badań. Do powierzchni badanych próbek jednostkowych przyklejono stalowe płyty głowic rozciągających o przekroju kołowym o średnicy  $50 \pm 0,5$  mm i grubości 20 mm. Do przeprowadzenia pomiaru siły użyto aparatu Proceq DYNA DY 216 o maksymalnej sile zrywającej 16 kN. Przyrząd typu pull-off pokazano na rycinie 2.



Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 2. Aparat typu pull-off

### 3. Zastosowane materiały

Do realizacji badań zastosowano:

- cement portlandzki CEM I 42,5R z cementowni Górażdże (powierzchnia właściwa według Blaine'a – 3710 cm<sup>2</sup>/g, zawartość C<sub>3</sub>A – 7–11 %, wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach – 53,6 MPa);
- piasek kwarcowy z kopalni odkrywkowej Grudzeń Las o zawartości SiO<sub>2</sub> – 99,25 %;
- plastyfikator do betonu Isola BV 100 (max. zawartość alkaliów poniżej 13 %, max. zawartość chlorków do 0,1 %, zalecane dozowanie 0,2–1,4 % w stosunku do cementu).

### 4. Sposób przygotowania prób do badań

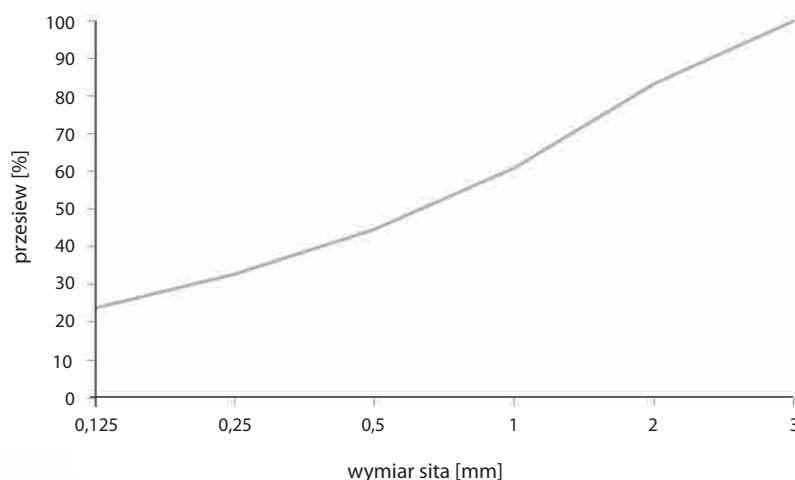
Korzystając z równania Fullera-Thompsona po wprowadzeniu w miejsce  $D_{Max}$  wartości równej 3 oraz w miejsce  $D_i$  wymiarów sit, a mianowicie 3; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125 mm, uzyskano skład ziarnowy piasku kwarcowego, który obrazuje tabela 1. Krzywą uziarnienia przedstawia rycina 3.

Tabela 1

Skład ziarnowy piasku kwarcowego

Sito [mm]	Krzywa uziarnienia y	Przechodzi przez sito [%]
3	$(3/3)^{0,45}$	100,0
2	$(2/3)^{0,45}$	83,3
1	$(1/3)^{0,45}$	61,0
0,5	$(0,5/3)^{0,45}$	44,7
0,25	$(0,25/3)^{0,45}$	32,7
0,125	$(0,125/3)^{0,45}$	23,9

Źródło: Opracowanie własne.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 3. Krzywa uziarnienia przygotowanych zestawów



Dysponując krzywą uziarnienia, dokonano wyliczenia udziału procentowego przyjętych frakcji, czyli 0,125/0,5, 0,5/1 oraz 1/3 mm. Ponieważ przez sito 0,125 mm przechodzi 23,9% wypełniacza, to suma masy składników wypełniających, bez spoiwa cementowego, wynosi 76,1%. Udział objętościowy pozostałych frakcji przedstawiał się następująco:

- frakcja 1/3 – 51,3%,
- frakcja 0,5/1 – 21,5%,
- frakcja 0,125/0,5 – 27,2%.

Na bazie obliczeń przygotowano posypkę stanowiącą mieszankę piasków z dodatkiem cementu CEM I 42,5 R oraz żywicy melaminowej o następującym składzie:

- piasek kwarcowy frakcja 1,0–3,0 mm – 35,8%,
- piasek kwarcowy frakcja 0,5–1,0 mm – 15,0%,
- piasek kwarcowy frakcja 0,125–0,5 mm – 18,9%,
- cement CEM I 42,5 R – 29,9%,
- isola BV 100 – 0,4%.

W celu określenia wpływu momentu aplikacji posypki na właściwości modelowej posadzki betonowej przygotowano mieszankę betonową o następującym składzie:

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| - piasek wg PN-EN 196-1:2006  | $342,25 \text{ kg/m}^3 - 15,60\% \cdot 0,3 = 4,68 \text{ kg},$ |
| - piasek Brzegi 0/2           | $342,25 \text{ kg/m}^3 - 15,60\% \cdot 0,3 = 4,68 \text{ kg},$ |
| - żwir Smolice 2/8            | $703,00 \text{ kg/m}^3 - 31,95\% \cdot 0,3 = 9,60 \text{ kg},$ |
| - żwir Smolice 8/16           | $462,50 \text{ kg/m}^3 - 21,00\% \cdot 0,3 = 6,30 \text{ kg},$ |
| - cement CEM I 42,5 R Góraǳde | $350,00 \text{ kg/m}^3 - 15,90\% \cdot 0,3 = 4,77 \text{ kg},$ |
| - woda                        | $= 2,62 \text{ kg}.$   |

Podana wyżej receptura pozwala na przygotowanie 30 kg świeżej mieszanki betonowej. Na bazie mieszanki betonowej uformowano płyty o wymiarach 300 x 300 x 60 [mm]. Na świeżo zawibrowany beton rozsypano dwuetapowo „na krzyż” posypkę utwardzającą w ilości 6 kg/m<sup>2</sup> (540 g/płyta), zwracając uwagę na równomierne pokrycie całej powierzchni. W pierwszym etapie pokryto obrabianą powierzchnię w ilości 2/3 masy posypki, w drugim etapie rozsypano pozostałą część materiału, tj. 1/3. Po każdym etapie posypkę zacierano do momentu uzyskania gładkiej struktury. Posypkę zacierano ręcznie przy użyciu pacy stalowej, wykonując ruchy kołowe. Czynności takie wykonano bezpośrednio po uformowaniu płyty oraz po 60, 120, 180 i 240 minutach. Bezpośrednio po zatarciu posypki zabezpieczono płyty przed odparowaniem wilgoci z betonu poprzez

przykrycie folią na 24 godziny. Przygotowano po 4 płyty dla każdej grupy. Po okresie dojrzewania przez 28 dni w warunkach laboratoryjnych (temperaturze  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , wilgotność –  $50 \pm 5\%$ ) wykonano badania cyklicznego zamrażania i rozmrażania przy zanurzeniu w soli odladzającej według PN-EN 13687-1:2008 oraz odporności na ścieranie według PN-EN 13892-3:2005/Ap1:2005.

## 5. Wyniki badań

Należy zwrócić uwagę, że wyniki dotyczą próbek laboratoryjnych, w których z uwagi na niewielką objętość świeżej mieszanki betonowej i warunki otoczenia, czas wiązania będzie się różnił od wyników, które uzyskano by w warunkach zabudowy. Warto pamiętać, że bardzo trudno wskazać wprost, po ilu godzinach rozpocząć tę operację ze względu na zmienne właściwości mieszanek betonowych dostarczanych na plac budowy oraz wiele innych czynników, takich jak temperatura powierzchni, wilgotność otoczenia czy sposób podawania w miejsce wbudowania.

Dla przygotowanej mieszanki określono wytrzymałość na ściskanie zgodnie z PN-EN 13892-2:2004 oraz odporność na ścieranie według Böhme'go zgodnie z PN-EN 13892-3:2005. Wyniki badań umieszczono w tabeli 2.

Tabela 2

*Właściwości wytrzymałościowe mieszanki przygotowanej z posypki*

Badana właściwość	Uzyskany wynik	Klasa materiału
Gęstość objętościowa [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	2350	A6/C80
Ubytek masy [g]	13,1	
Odporność na ścieranie [ $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$ ]	5,6	
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	89,1	

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie oceny wizualnej po przeprowadzeniu badań starzeniowych dla płyt betonowych z naniesioną posypką utwardzającą stwierdzono, że:

- największa ilość złuszczeń na powierzchni charakteryzuje próbkę z posypką naniesioną po 60 minutach po uformowaniu płyty;
- najmniejsze odbarwienia powierzchni obserwujemy na próbce z posypką naniesioną po 120 minutach;
- powierzchnia płyty z posypką aplikowaną po 240 minutach od uformowania płyty wykazuje wyższy stopień degradacji od płyt z posypką naniesioną po 120 i 180 minutach, ale niższy od pozostałych;

– na żadnej z próbek nie stwierdzono występowania rys i spekań.

Po dokonaniu oceny wizualnej przeprowadzono badanie przyczepności do podłoża metodą pull-off. Wyniki przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

*Przyczepność do podłoża po przeprowadzeniu badań starzeniowych*

Oznaczenie próbki	Przyczepność do podłoża [MPa]																
	płyta kontrolna						płyty poddawane zamrażaniu/rozmarzaniu										
0	2,1	2,2	1,7	1,9	2,2	<b>2,0*</b>	1,8	2,0	2,2	1,6	1,8	1,9	1,6	2,1	2,0	1,7	<b>1,9*</b>
60	1,8	1,6	2,1	1,8	2,2	<b>1,9*</b>	1,9	2,1	1,6	2,2	1,9	1,6	1,8	2,0	1,8	1,6	<b>1,9*</b>
120	2,3	2,8	3,1	3,0	2,2	<b>2,7*</b>	3,0	2,6	2,6	2,0	2,4	2,5	2,3	3,0	2,1	2,4	<b>2,5*</b>
180	2,0	1,9	2,2	2,4	2,3	<b>2,2*</b>	2,2	1,6	2,0	2,6	2,3	1,8	2,1	1,9	2,0	2,5	<b>2,1*</b>
240	1,6	2,2	2,3	2,3	2,4	<b>2,2*</b>	2,4	2,0	2,4	2,2	2,1	1,9	2,3	1,8	2,0	2,4	<b>2,2*</b>

\*Wartość średnia.

Źródło: Opracowanie własne.

Wczesne nałożenie i zatarcie posypki poskutkowało wystąpieniem największych zmian na powierzchni narażonej na działanie soli w niskiej temperaturze oraz na przyczepność do podłoża. Im późniejsze nałożenie i zatarcie posypki, tym mniejsza możliwość połączenia struktury betonu z zacieraną warstwą, a tym samym słabe związanie posypki utwardzającej i pylenie posadzki w czasie eksploatacji.

W celu sprawdzenia trwałości przypowierzchniowej warstwy zrealizowano badania odporności na ścieranie według Böhmego zgodnie z PN-EN 13892-3:2005. Próbki do badań uzyskano w wyniku wycięcia z przygotowanych płyt kostek prostokątnych o wymiarach 71 x 71 x 60 [mm]. Uzyskane wyniki zaprezentowano w tabeli 4.

Tabela 4

*Odporność na ścieranie Böhmego wg PN-EN 13892-3:2005*

Oznaczenie próbki	Gęstość objętościowa [g/cm <sup>3</sup> ]			Ubytek masy [g]			Ścieralność [cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> ]			Średnia ścieralność [cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> ]
0	2,24	2,23	2,23	18,1	16,2	16,9	8,1	7,3	7,6	7,7
60	2,24	2,26	2,24	17,0	15,5	17,9	7,6	6,9	8,0	7,5
120	2,25	2,24	2,25	18,5	18,0	18,2	8,2	8,1	8,1	8,1
180	2,22	2,23	2,22	17,8	17,6	17,9	8,0	7,9	8,1	8,0
240	2,22	2,23	2,23	18,2	17,4	17,9	8,2	7,8	8,1	8,0

Źródło: Opracowanie własne.

## 6. Wnioski

Najwyższą odpornością na ścieranie charakteryzuje się zestaw, w którym zaaplikowano posypkę po 60 minutach od uformowania płyty. Odporność na ścieranie tego zestawu wynosi  $7,5 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ . Próbka przygotowana bezpośrednio na świeżej mieszance wykazuje odporność  $7,7 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ . Późniejsze nałożenie i zatarcie posypki skutkuje odpornością na ścieranie na poziomie  $8,0\text{--}8,1 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ . Wyniki badań kwalifikują wszystkie próbki w klasie odporności na ścieranie A9.

Przyczepność do podłoża płyt kontrolnych w zasadzie jest na tym samym poziomie co płyt badanych, natomiast zauważyć można różnice pomiędzy przyczepnością płyty z posypką aplikowaną po 120 minutach a pozostałymi. O ile płyty z aplikacją po 180 i 240 minutach nie odbiegają istotnie od wyniku dla płyty z posypką aplikowaną po 120 minutach, to płyty z posypką nałożoną po zerowym okresie oczekiwania i po 60 minutach charakteryzują się dość dużym spadkiem przyczepności.

Wyniki badań pokazują zależność odporności na ścieranie i cykliczne zamrażanie/rozmarzanie podkładów podłogowych od momentu aplikacji posypki utwardzającej na świeżą mieszankę betonową. Z badań wynika, że optymalnym momentem po jakim można nakładać i zacierać posypkę jest czas 2–3 godzin od ułożenia świeżej mieszanki betonowej\*.

## Literatura

- [1] <http://www.mdprojekt.pl/?mod=page&id=3> (17.12.2014).
- [2] Ż a k S., L e d u c h o w s k i S., *Posadzki betonowe i żywiczne wskazówki dla projektanta*, „Kalejdoskop Budowlany” 2001, nr 7/8, s. 20–23.
- [3] [http://www.arma-krakow.pl/download.php?dir=chemia&file=Prospekt-IB\\_PL\\_0309.pdf](http://www.arma-krakow.pl/download.php?dir=chemia&file=Prospekt-IB_PL_0309.pdf) (17.12.2014).
- [4] Z a j ą c G., *Posadzki przemysłowe o dużej odporności na ścieranie*, „Materiały Budowlane” 2007, nr 5, s. 28–30.
- [5] P o t r z e b o w s k i J., *Dobór warstw posadzek przemysłowych*, „Materiały Budowlane” 1998, nr 9, s. 68–71.
- [6] G i e l n i k K., *Czynniki kształtujące odporność na ścieranie betonowych posadzek przemysłowych*, [w:] *II Seminarium naukowo-techniczne „Podłogi przemysłowe” 06.10.2009*, s. 90–97, [www.seminarium.podloga.com/index\\_2009.php](http://www.seminarium.podloga.com/index_2009.php) (17.12.2014).
- [7] C h m i e l e w s k a B., C z a r n e c k i L., *Wymagania norm dotyczące posadzek przemysłowych*, „Materiały Budowlane” 2012, nr 2, s. 5–9.

---

\* Praca została sfinansowana ze środków na działalność statutową Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych.

[8] R y ż y ń s k i W., *Projektowanie i realizacja betonowych posadzek przemysłowych*, „Materiały Budowlane” 2008, nr 9, s. 14–15, 67.

[9] C z a r n e c k i L., *Uszkodzenia i naprawy posadzek przemysłowych*, „Materiały Budowlane” 2008, nr 9, s. 20–27.

*JERZY BALACHA*

PROPERTIES OF THE STANDARD INDUSTRIAL FLOOR IN TERMS  
OF THE APPLICATION TIME AND APPLYING DURING FINISHING  
OPERATIONS OF THE DRY SHAKE TOPPING

**Keywords:** industrial floor, DST – dry shake topping, wear resistance – Böhme, Fuller-Thompson equation, adhesion to the concrete substrate.

The aim of the study was to investigate the influence of the application time and applying during finishing operations of the dry shake topping on the surface of freshly laid portland cement based concrete on the properties of the industrial floor.

In order to research this objective the dry shake topping based on mixture of the portland cement, quartz sands and melamine resin was designed and prepared. The amount of filler was determined on the basis of the Fuller-Thompson equation. Prepared dry shake topping was examined in terms of its compressive strength and abrasion resistance. The dry shake powder was applying manually on the surface of the concrete slabs at different time intervals. After curing in laboratory conditions the following tests were carried out: determination of thermal compatibility, freeze-thaw cycling with de-icing salt immersion (EN 13687-1:2008). Furthermore, the visual assessment of the specimen surfaces and bonding test were conducted.

Obtained test results have confirmed that application time of the dry shake topping has a significant impact on the technical performances of the concrete floor. It has been shown that the premature application affects the compressive strength of the concrete floor and causes deterioration in the bond strength. The side effect of the subsequent spreading of the dry shake powder is the weak dry shake topping – binding ability and lower resistance to abrasion.