

Renowacje zdegradowanych posadzek przemysłowych w budynkach wielkogabarytowych – analiza metod badań

Dr inż. Barbara Ksit, Instytut Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Poznańska,
mgr inż. Joanna Nowak, PAL-GAZ Palacz Sp. z o.o., Sp. k.

1. Wprowadzenie

Posadzki przemysłowe w halach logistycznych, produkcyjnych czy w innych obiektach wielkogabarytowych są jednym z najbardziej wyťažonych elementów budowlanych. Płyty posadzkowe codziennie poddawane są wpływowi zmieniającego się dynamicznego obciążenia (np. od poruszających się po nich wózków transportowych, zmiennego zatowarowania regałów czy od maszyn i urządzeń na nich ustawionych) i wymaga się od tych elementów niezmienności i zachowania swoich pierwotnych parametrów technicznych.

2. Posadzki przemysłowe – wpływ sposobu użytkowania na zużywanie i powstawanie uszkodzeń

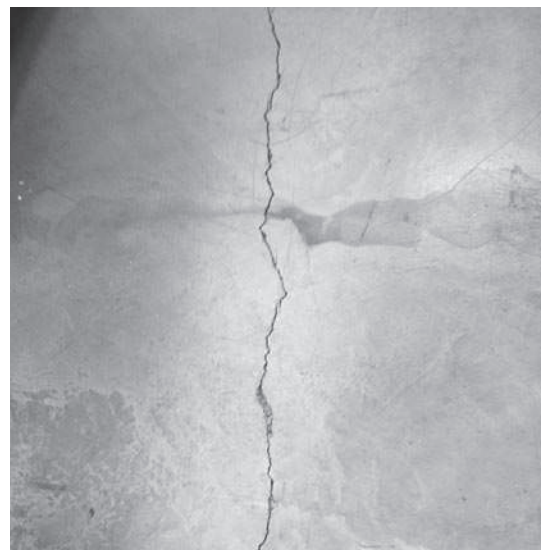
Doświadczeni projektanci potrafią tak dobrać rozwiązanie posadzki, aby spełniała ona określone wymagania zgodne z przeznaczeniem obiektu (tabela 1). Kompetentny wykonawca zrealizuje modelowo trudne zadanie.

Niestety błędne użytkowanie, brak dbałości o posadzki betonowe powoduje powstawanie usterek, które nie naprawione w odpowiednim czasie mogą stopniowo prowadzić do poszerzania się i pogłębiania stopniowej degradacji

Tabela 1. Dobór podstawowych parametrów płyty betonowej i wierzchniej warstwy nawierzchni przemysłowych w zależności od przeznaczenia obiektu, obciążeń dynamicznych pojazdami [3, 4]

Obszar zastosowań	Przeznaczenie obiektu	Wielkość i rodzaj obciążeń od pojazdów	Zalecana klasa betonu, stosunek w/c i krzywa uziarnienia (wg DIN)	Maksymalna ścieralność nawierzchni
1	Pomieszczenia wystawowe i sale sprzedaży, lekki przemysł wyrobów gumowych i tworzyw sztucznych, zakłady wyrobów mechaniki precyzyjnej, przemysł włókienniczy	niewielki ruch pojazdów na miękkim ogumieniu obciążenie na koło ≥ 20 kN, ciśnienie w oponie $\geq 0,3$ MPa	beton klasy C20/25 stosunek w/c $\geq 0,53$ zalecana krzywa uziarnienia A/B 32	≥ 15 cm ³ /50 cm ²
2	Hangary lotnicze, miejsca parkowania, ciężki przemysł wyrobów gumowych, przetwórnictwo drewna, przemysł meblarski, papiernie, parkingi i garaże podziemne	wózki podnośnikowe (widłowe) z oponami wypełnianymi powietrzem obciążenie na koło ≥ 40 kN ciśnienie w oponie $\geq 0,6$ MPa	beton klasy C30/37 stosunek w/c $\geq 0,47$ zalecana krzywa uziarnienia A/B 32	≥ 12 cm ³ /50 cm ²
3	Hangary lotnicze, warsztaty obsługowe, zakłady produkcji i montownie samochodów osobowych i furgonetek, obróbka metali, zakłady produkcji budowlanych konstrukcji stalowych, rampy za- i wyładownicze, zakłady produkcji maszyn	ciężkie wózki podnośnikowe obciążenie na koło ≥ 80 kN, ciśnienie w oponie $\geq 1,0$ MPa, wózki podnośnikowe z oponami o pełnym ogumieniu naciski od koła $\geq 2,0$ MPa	beton klasy C30/37 stosunek w/c $\geq 0,42$ zalecana krzywa uziarnienia A/B 32 z dodatkiem twardych skał 11/22	≥ 9 cm ³ /50 cm ²
4	Przeróbka metali – zakłady produkcji „ciężkiej przemysłówki”, zakłady produkcji i montownie samochodów ciężarowych	bardzo ciężkie wózki podnośnikowe obciążenie na koło > 80 kN, naciski od koła $\geq 2,0$ MPa, koła poliuretanowe o naciskach $\geq 4,0$ MPa	beton klasy C35/45 stosunek w/c $\geq 0,38$ zalecana krzywa uziarnienia A/B 32 z dodatkiem twardych skał 5/11 i 11/22	≥ 7 cm ³ /50 cm ²

Rys. 1. Zabrudzona i uszkodzona powierzchniowo posadzka betonowa



płyty posadzki. Najczęściej popełnianymi błędami w trakcie eksploatacji są: brak właściwego (lub błędnego) i częstego sprzątnięcia/mycia posadzki, brak przeprowadzania ponownych impregnacji, nieodpowiedni sposób transportowania towarów, np. szuranie paletami po posadzce, obciążanie posadzek ponad założenia projektowe.

Posadzkę potrafią zniszczyć nie tylko wpływy mechaniczne, ale także i fizyczne. Warto pamiętać, że beton ulega zjawiskom takim jak pęcznienie i kurczenie się, co szczególnie jest widoczne przy zmiennych warunkach temperatury panujących na obiekcie. Ekstremalne sytuacje, gdy część płyty jest narażona na dużo wyższą temperaturę poprzez np. ustawienie na niej niez izolowanego pieca, prowadzą niejednokrotnie do licznych spękań posadzki wywołanych przez skomplikowaną strukturę i zjawiska zachodzące najpierw w mieszance betonowej, a potem już w stwardniałym betonie. Duży wpływ na degradację powierzchni płyty mają także poruszające się po niej auta dostawcze – posadzka w tych rejonach ściera się szczególnie szybko, gdy pojazdy te wwożą na swoich kołach sól drogową (standardowe posadzki nie są odporne na agresję chemiczną soli).

Projektanci posadzek przemysłowych już na samym starcie przyjmują maksymalne obciążenia, jakim może zostać poddana płyta, pochodzące z wywiadu zebranego u inwestora. Ważnym jest fakt, że posadzki projektuje się na obciążenia maksymalne, a nie minimalne lub średnie. Na tym samym etapie zostają dobierane materiały: klasa wytrzymałości oraz klasy ekspozycji mieszanki betonowej oraz sposób wykończenia powierzchni płyty – sucha posypka utwardzająca oraz impregnat o odpowiedniej odporności. Posadzki betonowe w halach magazynowych i produkcyjnych wykonuje się głównie z mieszanek betonowych o klasach C25/30 oraz C30/37 projektowanych dla różnych klas ekspozycji betonu, zależnie od przeznaczenia danego obiektu.

Ważnym aspektem przy doborze materiałów są mające poruszać się po posadzce pojazdy, w tym wózki transportowe (na kołach pneumatycznych lub twardych/pełnych), auta

dostawcze – busy lub tiry. Norma PN-EN 1991-1-1:2004 [1] dzieli pojazdy transportowe na sześć klas zależnie od ich obciążenia na oś (tabela 2).

Tabela 2. Podział podnośników wg PN – EN 1991-1-1:2004 [1]

Klasa podnośnika	Obciążenie osi Q_k [kN]
FL 1	26
FL 2	40
FL 3	63
FL 4	90
FL 5	140
FL 6	170

3. Ścieralność posadzek – normy i badania

Posadzki przemysłowe na co dzień poddawane są licznym próbom związanym z ich odpornością na ścieranie – poprzez poruszające się po nich wózki transportowe czy inne pojazdy. Ciągłe ruszanie i hamowanie środków transportowych wpływa na zwiększanie się zużycia warstwy ścieralnej płyt. Klasę ścieralności (odporności na ścieranie) posadzki można także zaprojektować poprzez dobór odpowiednich materiałów: mieszanki betonowej i suchej posypki utwardzającej o oczekiwanych parametrach. Po wykonaniu płyt posadzkowych można doświadczalnie sprawdzić poprawność wykonania zaprojektowanego i zastosowanego systemu. W praktyce badanie BCA i badanie na tarczy Boehmego wykonuje się po upływie około trzech miesięcy od zakończenia betonowania – uważa się, że w tym czasie zachodzi już większość procesów fizykochemicznych w betonie. Badanie BCA poddaje płytę posadzki obciążeniom, które symulują ruch twardych kół poruszających się po jej powierzchni. Parametry urządzeń służących do tego badania zostały opisane w normie PN-EN 13892-4:2004 [2]. Zaletą tego testu jest brak konieczności wycinania próbek, transportowania ich do laboratorium, gdyż wykonywany jest in-situ na obiekcie i jedyne, co po nim pozostaje, to niewielki ślad

REWITALIZACJA OBSZARÓW ZURBANIZOWANYCH

w kształcie obręczy. Polega on na wykonaniu przez urządzenie 2850 obrotów, co daje efekt zbliżony do 25 lat eksploatacji. Klasy, do których zalicza się posadzkę po wykonaniu badania, zostały znormalizowane również w normie PN-EN 13892-4:2004 [2] (tabela 3).

Tabela 3. Klasy odporności na ścieranie AR wg PN-EN 13892-4:2004 [2]

Klasa odporności	Maksymalna głębokość śladu [μ]
AR6	600
AR4	400
AR2	200
AR1	100
AR0,5	50

Tabela 4. Klasy odporności na ścieranie dla badania na tarczy Boehmego wg PN-EN 13813 [5]

Klasa odporności	Maksymalna wartość abrazyj [$\text{cm}^3/50 \text{cm}^2$]
A22	22
A15	15
A12	12
A6	6
A3	3
A1,5	1,5

Tabela 5. Skala Mohsa

Twardość (skala Mohsa)	Minerał wzorcowy	Twardość absolutna	Test
1	Talk ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)	1	Minerał daje się zarysować z łatwością paznokciem
2	Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	2	Minerał daje się zarysować paznokciem
3	Kalcyt (CaCO_3)	9	Minerał daje się zarysować z łatwością miedzianym drutem
4	Fluoryt (CaF_2)	21	Minerał daje się zarysować z łatwością ostrzem noża
5	Apatyt ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{Cl},\text{F})$)	48	Minerał daje się zarysować z trudem ostrzem noża
6	Ortoklaz (KAlSi_3O_8)	72	Minerał daje się zarysować stałą narzędziową
7	Kwarc (SiO_2)	100	Rysuje szkło
8	Topaz ($\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH},\text{F})_2$)	200	Rysuje szkło z łatwością
9	Korund (Al_2O_3)	400	Tnie szkło, daje się zarysować diamentem
10	Diament (C)	1600	Rysuje korund, daje się zarysować tylko innym diamentem

Tabela 6. Przykładowe suche posypki utwardzające różnych producentów

Materiał	Wytrzymałość na ścieralnie	Baza
SIBKORUND – SIB8	1,5 $\text{cm}^3/50 \text{cm}^2$, klasa A1,5 (badanie Boehmego)	Kalibrowane, mineralne kruszywa bazaltowe, cement portlandzki oraz adiuwanty chemiczne (SH900)
Neodur HE3 SVS 1,5	1,5 $\text{cm}^3/50 \text{cm}^2$, klasa A1,5 (badanie Boehmego)	Twarde kruszywa (7,5 w skali Mohsa) z cementami
Semdur H4	Max. 0,05 mm klasa AR0.5 (badanie BCA)	Wysokowytrzymałe cementy, elektrokorund i ziarna metaliczne (o twardości powyżej 9 w skali Mohsa)
Fortedur 1040	0,02 mm (badanie BCA)	Cement, węgiel krzemu oraz domieszki chemiczne

Maksymalna głębokość śladu jest średnią arytmetyczną uzyskaną z ośmiu odczytów wykonanych mikrometrem (różnic w pomiarze pomiędzy wartością przed wykonaniem badania i po przeprowadzeniu testu).

Badanie na tarczy Boehmego jest mniej popularne i mniej lubiane przez wykonawców posadzek przemysłowych niż badanie BCA. Jego zadaniem jest także sprawdzenie odporności posadzki na ścieranie i jest przeprowadzane w laboratorium na próbce wyciętej z gotowej posadzki. Odpowiednio spreparowane próbki zostają dociśnięte do tarczy ściernej, na której znajduje się tzw. ścierniwo (materiał twardszy od badanego, najczęściej korund). Wynik badania odczytuje się poprzez zmierzenie zmiany wysokości próbki oraz jej objętości.

Producenci prześcigają się w projektowaniu i produkcji materiałów o coraz wyższych parametrach odporności na ścieranie. Na polskim rynku istnieje wiele firm oferujących materiały w każdej klasie odporności. Zwykle są to materiały o podobnych składach chemicznych (oczywiście w swoich klasach), różnić się mogą ceną oraz dostępnymi kolorami. Ważne jest, aby pamiętać, iż projektując posadzkę, trzeba dobierać klasę odporności na ścieranie jedynie materiału utwardzającego, a nie uzyskiwanej powierzchni płyty – sucha posypka utwardzająca wchodzi w reakcję z mieszanką betonową i parametry uzyskiwane w badaniu BCA czy na tarczy Boehmego mogą się różnić od badań przeprowadzanych na jedynie samym materiale utwardzającym – warto zwrócić

Tabela 7. Wyniki pomiarów ścieralności posadzki

Nr	BCA			
	Maksymalna głębokość ślady [μ]	Klasa odporności	Maksymalna wartość abrazji [cm ³ /50 cm ²]	Maksymalna Klasa odporności
1	450	AR6	16	A15
2	500	AR6	20	A22
3	380	AR4	13	A15
4	470	AR6	18	A22
5	480	AR6	19	A22
6	610	poza skalą	25	poza skalą
Średnia	482	AR6	18,5	A22

też uwagę, dla jakich badań przedstawiają wyniki producenta w kartach technicznych swoich materiałów.

4. Studium przypadku

Na potrzeby prawidłowego doboru sposobu renowacji posadzki przeprowadzono na jednym z obiektów badania – BCA oraz ścieranie na tarczy Bohemego. Pod uwagę brano dwie metody – wypełnienie spękań posadzki oraz jej szlifowanie z polerowaniem, a także wykonanie nadlewki na istniejącej płycie. Niestety wyniki obu badań okazały się niezgodne z oczekiwaniami użytkownika – wszystkie punkty pomiarowe winny spełniać klasy odporności na ścieranie na poziomie nie niższym niż A12 lub AR4 (w artykule przedstawiono wynik pomiaru ścieralności wg badania na tarczy Bohemego i BCA – tabela 7).

W związku z brakiem oczekiwanej odporności na ścieranie płyty zdecydowano o wykonaniu cienkiej warstwy

nadlewki na posadzkę z szybkowiązającą zaprawą wyrównawczą o wysokiej wytrzymałości.

5. Podsumowanie

Posadzki w obiektach przemysłowych są jednym z najważniejszych elementów – to od nich zależy jakość i czas transportu materiałów, możliwości składowania oraz często też czas pracy ludzi. Renowacje posadzek przemysłowych silnie obciążonych ruchem kołowym muszą

być poprzedzone wnikliwą analizą. Dobór metody badań może okazać się istotną kwestią dla wyniku i powodzenia przeprowadzanych prac naprawczych zarówno dla finansów inwestora, jak i skuteczności prac.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-1: Oddziaływania ogólne – Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
- [2] PN-EN 13892-4:2004 – Metody badania materiałów na podkłady podłogowe – Część 4: Oznaczanie odporności na ścieranie według BCA
- [3] Hajduk P., Obciążenie podłóg przemysłowych, Przegląd Budowlany 7–8/2017 str. 67–76
- [4] Lohmeyer G., Ebeling K., Betonböden im Industriebau. Hallen- und Freiflächen, Herausgeber Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Köln, 1999
- [5] PN-EN 13813 Podkłady podłogowe oraz materiały do ich wykonania. Materiały. Właściwości i wymagania
- [6] Ksit B., Szymbczak-Graczyk A., Przykłady napraw i renowacji posadzek przemysłowych, Acta Scientiarum Polonorum Architectura 18 (1) 2019, str. 91–98



PZITB OM w Krakowie

IV Konferencja Naukowo-Techniczna „TECH-BUD’2019” „Nowoczesne materiały, techniki i technologie we współczesnym budownictwie” 13–15 listopad 2019 r., Kraków

TEMATYKA KONFERENCJI

- Zastosowanie nowoczesnych materiałów i technologii we współczesnych realizacjach polskich.
- Problemy technologiczno-materiałowo-konstrukcyjne we współczesnych realizacjach.
- Nowoczesne metody projektowania, wykonawstwa i zarządzania w budownictwie.
- Problemy infrastruktury miast – walka ze smogiem.
- Zagadnienia współczesnej architektury i urbanistyki.

Na konferencji przedstawione będą referaty, prezentacje nowoczesnych materiałów i technologii, wygłoszone zostaną referaty firm wykonawczych i producentów.

KOMITET NAUKOWY

Prof. dr hab. inż. Kazimierz Flaga, dr h.c. m. – przewodniczący
Dr hab. inż. Tomasz Błaszczński, prof. PK
Dr hab. inż. Lucyna Domagała, prof. PK – wiceprzewodnicząca
Dr hab. inż. Wit Derkowski
Prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz
Dr inż. Maciej Gruszczyński
Dr hab. inż. Tomasz Siwowski, prof. PRz.

ORGANIZATOR KONFERENCJI

Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział Małopolski w Krakowie
IV KONFERENCJA „TECH-BUD’2019” ul. Straszewskiego 28; 31–113 Kraków, tel./fax.: 12 421 47 37, 519 197 983, 519 197 929,

www.tech-bud.pzittb.org.pl

KOMITET ORGANIZACYJNY

Mgr inż. Stanisław Nowak – przewodniczący
Dr hab. inż. Janusz Rusek – AGH w Krakowie
Adrian Bielak – Koło Młodych OM PZITB

TERMINY

- 10 sierpień 2019 r. – zgłoszenie referatu
- 12 październik 2019 r. – ostateczny termin zgłoszenia i wniesienia opłaty