



ŚRODKI I ZABIEGI UTRZYMANIA CZYSTOŚCI POSADZEK BETONOWYCH JAKO PRZYCZYNA ICH ZUŻYCIA

BOGUMIŁA CHMIELEWSKA, *b.chmielewska@il.pw.edu.pl*

PIOTR WOYCIECHOWSKI

PAWEŁ ŁUKOWSKI

GRZEGORZ ADAMCZEWSKI

Zakład Inżynierii Materiałów Budowlanych, Politechnika Warszawska

Streszczenie: Posadzki betonowe wykonane w technologii DST (dry shake topping) stanowią powszechne rozwiązanie materiałowo-technologiczne w wielkopowierzchniowych obiektach przemysłowych. Intensywne użytkowanie posadzek w warunkach zróżnicowanych oddziaływań często powoduje ich zużycie, w czasie krótszym od założonego okresu eksploatacji, przy przyjętym harmonogramie napraw bieżących. W takich przypadkach trudna do oceny jest rola zabiegów utrzymania, w tym intensywnych, związanych z wymaganiami sanitarnymi. W artykule przedstawiono przyczyny szybkiego zużywania się posadzek DST. W części eksperymentalnej wskazano na wpływ technik i środków do czyszczenia na stan posadzki.

Słowa kluczowe: betonowe posadzki przemysłowe, DST, techniki czyszczenia, zużycie, wady.

1. Wstęp

Posadzka stanowi wierzchnią warstwę użytkową podłogi [1]. Może nią być bezpośrednio wykończona płyta betonowa lub warstwa ułożona na powierzchni płyty w celu ochrony betonu, uzyskania pożądanych cech powierzchni lub ze względów estetycznych. W garażach, magazynach i halach produkcyjnych podłogi są elementami o złożonych obciążeniach, które mogą obejmować kombinację obciążeń mechanicznych, cieplnych i chemicznych. Narażone są na działanie nanoszonego piachu, brudu i inne zanieczyszczenia.

Poprawę trwałości posadzki betonowej można uzyskać stosując systemy:

- chroniące przed wnikaniem czynników agresywnych,
- zwiększające odporność fizyczną powierzchni,
- zwiększające odporność chemiczną powierzchni,

Jeśli projekt zakłada wykonanie na podkładzie betonowym posadzki to powinna ona charakteryzować się w warunkach użytkowania odpornością zgodną z przyjętą specyfikacją oraz spełniać warunki stawiane systemom do ochrony powierzchniowej betonu zgodnie z PN-EN 1504-2 [5]. Najistotniejszymi cechami posadzki są: przyczepność do podłoża, a w przypadku posadzek DST monolitycznie związanych z podłożem powierzchniowa wytrzymałość na rozciąganie, odporność na ścieranie i poślizg, nasiąkliwość, a w szczególnych przypadkach odporność elektryczna

Najczęściej na powierzchni płyty betonowej aplikowane są:

- środki impregnująco uszczelniające,
- warstwy zaprawy lub suchej mieszanki wiążące monolitycznie z płytą betonową,
- warstwy zaprawy lub powłoki na związany beton, z zapewnieniem dobrej przyczepności.

Można wymienić następujące rozwiązania materiałowe:

- impregnaty/utwardzacze krzemianowe,
- suche posypki dotwardzające w technologii DST (dry shake topping),

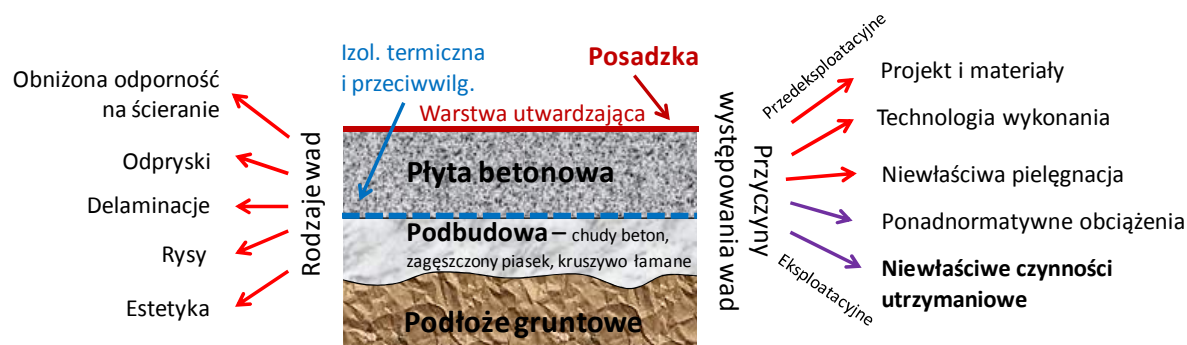
- zaprawy o spoiwie cementowym lub polimerowo-cementowym
- impregnaty i powłoki żywiczne, w tym systemy wielowarstwowe,
- zaprawy żywiczne,
- kompozyty bitumiczne.

Technologia DST jest metodą popularną i taną. W technologii tej suchy materiał, stanowiący mieszaninę cementu, wyselekcjonowanego kruszywa, pyłu krzemionkowego i pigmentów wcierany jest w powierzchnię młodego, wiążącego betonu, w czasie umożliwiającym wchłonięcie z powierzchni betonu wody niezbędnej do związania materiału. Reakcji hydratacji cementu towarzyszy reakcja dodatku pucolanowego z wodorotlenkiem wapnia. W efekcie struktura powierzchniowej warstwy płyty betonowej zostaje ujednoliconą, zagęszczoną, a przez to wzmocnioną i uszczelnioną. Dodatkowo, obecność mineralnych i syntetycznych twardych ziaren kruszywa, istotnie poprawia odporność na ścieranie posadzki. Skutkiem jest uszlachetnienie powierzchni betonu równoległe z wykonywaniem płyty. Posadzka jest wykonana praktycznie w jednym etapie i jest gotowa do użytkowania równocześnie z betonową płytą podkładu. Jednak wiele czynników wpływa na efekt końcowy tj. na właściwości powierzchni. Grubość posadzki w technologii DST wynosi najczęściej 2–4 mm i zależy od ilości wtartej posypki i charakterystyki betonu płyty podkładowej.

Na proces wykonania posadzki DST ma wpływ wiele czynników, a synergia oddziaływania tych czynników może zadecydować o jakości posadzki, w tym możliwości powstania wad.

2. Czynniki powodujące obniżenie jakości posadzek betonowych

Podczas użytkowania każda posadzka stopniowo ulega zużyciu. W przypadku, kiedy została zaprojektowana zgodnie z przeznaczeniem i wykonana według reguł sztuki budowlanej to jej trwałość zapewnia bezawaryjne użytkowanie w założonym okresie eksploatacji, przy przyjętym harmonogramie napraw bieżących. Zużycie ponadnormatywne posadzki jak też wady i destrukcja mogą mieć miejsce, kiedy przekroczone zostaną zakładane obciążenia eksploatacyjne natury mechanicznej, fizycznej lub chemicznej (tab. 1, rys. 1) [2, 3, 4, 6]. Zapewnienie wymaganej trwałości posadzki nie ogranicza się jednak tylko do wykonania jej zgodnie z przeznaczeniem oraz spełnienia założeń w zakresie przyjętych obciążeń użytkowych. Istotny wpływ na trwałość mają również zabiegi utrzymania czystości posadzki [7]. Polegają one na regularnym usuwaniu zanieczyszczeń głównie pyłu, piasku, okruchów szkła oraz substancji agresywnych chemicznie takich jak oleje, smary czy elektrolity.



Rys. 1 Przyczyny i objawy obniżenia jakości posadzek utwardzanych powierzchniowo w technologii DST

Tabela 1 Wady mineralnych posadzek utwardzanych powierzchniowo

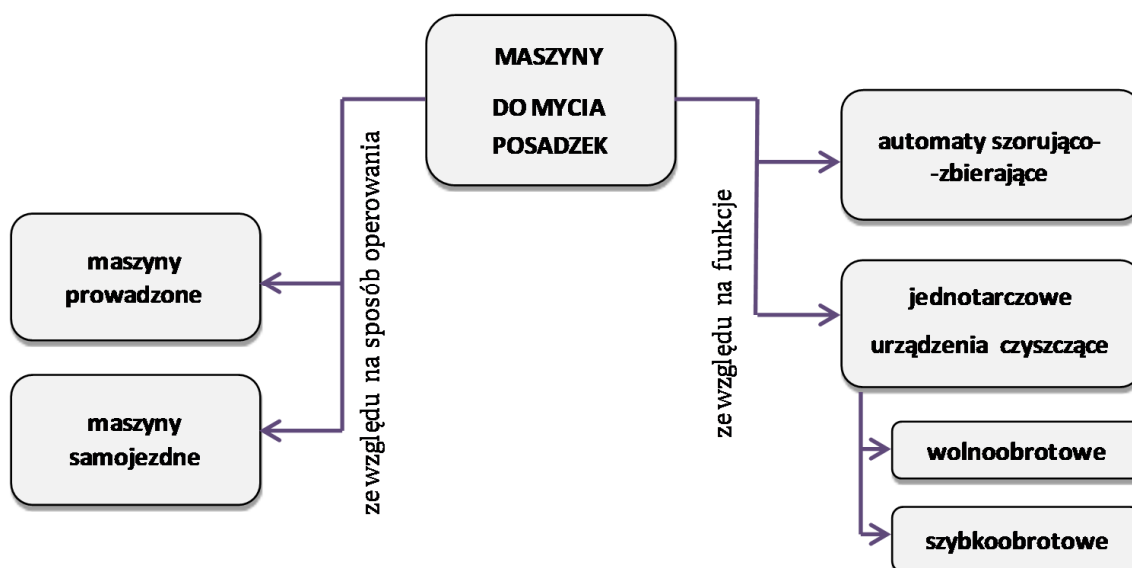
Rodzaj wady	Objawy	Przyczyny wystąpienia wad
Odpryski	Lokalne ubytki	Korozja mrozowa kruszywa, reakcja kruszywa z alkaliarni (AAR), zbyt intensywne zacieranie posypki, zbyt wcześnie nacięte lub niechronione dylatacje.
Delaminacje	Rozległe odspojenia warstwy posadzki, głuchy odgłos przy opukiwaniu	Niewłaściwy czas rozpoczęcia zacierania, zbyt intensywne zacieranie posypki, korozja mrozowa
Obniżona ścieralność	Pylenie posadzki, łatwo powstające zarysowania powierzchni	Dodawanie wody w trakcie zacierania posypki, zbyt niska klasa odporności posypki na ścieranie, niskie dozowanie posypki na jednostkę powierzchni, przesuszenie posadzki (wilgotność, temperatura powietrza, przeciągi), nieodpowiednia pielęgnacja, niewłaściwy dobór metod utrzymania czystości.
Rysy	Powierzchniowe rysy lub spękania	Niedostateczna pielęgnacja, niezapewnienie swobody odkształceń podłogi przez sztywne elementy lub nieodizolowanie od elementów pracujących powodujących odkształcenia, nieprawidłowe zdylatowanie, osiadanie gruntu, przeciążenia, błędy projektowe, korozja zbrojenia lub betonu.
Pogorszona estetyka	Lokalne lub rozległe przebarwienia, wady powierzchniowe	Nieprawidłowa pielęgnacja, nieprawidłowa technika zacierania, niska jakość materiałów w tym obecność zanieczyszczeń, nieprawidłowe czynności utrzymaniowe.

3. Utrzymanie czystości posadzek betonowych

W intensywnie użytkowanych obiektach produkcyjnych i magazynowych sprzątanie powierzchni posadzki odbywa się z reguły nie rzadziej niż raz dziennie, przez siedem dni w tygodniu, zgodnie z przyjętym harmonogramem. Z uwagi na znaczne powierzchnie obiektów czyszczenie wykonuje się zazwyczaj maszynowo z wykorzystaniem różnego rodzaju zmywarek i tzw. szorwarek wyposażonych w pady lub szczotki, w obecności chemicznie aktywnych środków czyszczących lub wody. Głównym celem konserwacji powierzchni jest jej ochrona przed zanieczyszczeniami oraz przyspieszonym zużyciem. Dobór techniki czyszczenia wiąże się głównie z wielkością powierzchni czyszczonej posadzki oraz jej dostępnością, wynikającą z zabudowy regałami, liniami produkcyjnymi, transportowymi itp.

Dostępne komercyjnie urządzenia mogą występować jako samojezdne lub prowadzone i mogą oferować różne funkcje jak szorowanie, polerowanie, zbieranie zanieczyszczeń, suszenie (rys. 2, 3). Parametrami istotnymi z punktu widzenia eksploatacji nawierzchni jest prędkość obrotowa tarczy czyszczącej oraz jej docisk do podłoża.

Wybór rodzaju padów lub szczotek uzależniony jest od intensywności i rodzaju zanieczyszczeń oraz rodzaju posadzki. Pady produkowane są z włókien syntetycznych połączonych ze sobą spoiwem np. wytrzymałą i elastyczną żywicą. Otwarta struktura włókien umożliwia zbieranie brudu z dużą efektywnością. Twardość i funkcję pada z reguły sygnalizuje jego kolor – im ciemniejszy tym bardziej twardy i efektywny w czyszczeniu (tab. 2, rys. 3). Delikatnym oddziaływaniem na myte powierzchnie charakteryzują się pady białe i czerwone. Służą do mycia, polerowania i nanoszenia warstw konserwujących. Pady niebieskie stosowane są do codziennego mycia posadzek gdy niezbędne jest doczyszczanie, a pady zielone do intensywnego szorowania wraz z usuwaniem warstw powłoki konserwujących. Pady brązowe i czarne służą do gruntownego mycia, usuwania silnych zabrudzeń i starych powłok ochronnych.



Rys. 2. Klasyfikacja urządzeń do czyszczenia posadzek



Rys. 3. Maszyny czyszczące posadzki; od lewej: maszyna szorująco-zbierająca prowadzona, szorująco-zbierająca samojezdna oraz szorowarka [8], oraz pady i szczotki czyszczące

Tabela 2 Charakterystyka padów stosowanych do utrzymania czystości posadzek

Rodzaj pada	Zastosowanie
Miękki (biały)	– polerowanie, – utwardzanie wypraw, – nadawanie wysokiego połysku.
Lekko sprężysty (czerwony)	– czyszczenie i pielęgnacja metodą „spray”, – mycie powierzchni błyszczących (ekskluzywnych), – uzupełnianie wytartych warstw konserwantów.
Sprężysty (niebieski)	– doczyszczanie punktowe, – usuwanie śladów z powierzchni delikatnych, – usuwanie rys z powierzchni konserwowanych, – codzienne mycie powierzchni delikatnych, niekonserwowanych.
Średnio twardy (zielony)	– szorowanie posadzek niekonserwowanych, – codzienne mycie posadzek szybko brudzących się, – usuwanie śladów i konserwantów miękkich.
Twardy (brązowy)	– zdzieranie zabrudzonych konserwantów, – głęboka penetracja czyszczonych nawierzchni, – gruntowne mycie powierzchni o różnym stopniu zabrudzenia.
Bardzo twardy (czarny)	– zdzieranie starych zniszczonych wypraw, – doczyszczanie posadzek twardych, niekonserwowanych, – skrobanie nawarstwień do naturalnej struktury.

Pady niebieskie, zielone, brązowe i czarne oprócz włókna polimerowego z reguły zawierają również ścierniwo pokrywające włókna i stosowane są w maszynach o niższych prędkościach obrotowych, zwykle do 350 obr/min. Pady brązowe i czerwone stosowane są w maszynach o maksymalnych obrotach do 800 obr/min. Dostępne są także pady o specjalnych funkcjach, np. do olejowania. Na uwagę zasługują również pady ze ścierniwem o podwyższonej wytrzymałości, stosowane są do doczyszczania, usuwania rys i zadrapań oraz polerowania.

Rozwiązaniem alternatywnym w stosunku do padów są szczotki czyszczące. Szczotki wykonane są z włókien o zróżnicowanych grubościach, najczęściej polipropylenowych (PPL) jednakże spotykane są również szczotki z mieszanki włókien sztucznych i naturalnych. Efektywność czyszczenia zależy między innymi od grubości i długości włosa. Szczotki sprawdzają się lepiej od padów gdy powierzchnie czyszczone są nierówne, szorstkie lub występują dylatacje. Zaletami szczotek jest większa trwałość oraz lepsze doczyszczanie powierzchni o nieregularnej fakturze. Pady z kolei charakteryzują się większą skutecznością czyszczenia gładkich i płaskich powierzchni bez spoin.

Tabela 3 Charakterystyka szczotek stosowanych do utrzymania czystości posadzek

Rodzaj szczotki	Zastosowanie
polipropylen 0,30–0,45 mm	mycie powierzchni delikatnych, posadzek żywicznych, czyszczenie powierzchni dywanowych
polipropylen 0,60–0,70 mm; średnio twarda	mycie standardowe, gres, lastryko, PCV; galerie handlowe, markety
polipropylen 0,80–1,00 mm; szorująca, twarda	gruntowne usuwanie brudu z twardych powierzchni, doczyszczanie; beton, lastryko
PES (włókna sztuczne różnej grubości od 0,20 do 0,70 mm); wielozadaniowa	mycie lekkich zanieczyszczeń; magazyny, hale przemysłowe, hurtownie
UNION; mieszanka włókien naturalnych: włosie kokosowe, włosie końskie	Polerowanie, do powierzchni z woskami, do podłóg drewnianych olejowanych
Tynex-Grit 1,2 mm/1,5 mm, włosie-węglik krzemu zatopiony w nylonie; zdzierająca szlifująca	gruntowne usuwanie brudu z twardych powierzchni, właściwości szlifujące; beton, lastryko

Dobór preparatu czyszczącego uwarunkowany jest rodzajem zanieczyszczeń, materiałem posadzki, techniką mycia (maszynowe, ręczne, szczotki, pady) oraz w szczególności charakterem czynności utrzymaniowych (mycie pobudowlane, mycie codzienne, doczyszczanie). Do bieżącego mycia posadzek o spoiwie cementowym zalecane są zwykle detergenty o obojętnym lub słabo zasadowym odczynie (pH z zakresu 7–10). Nie jest natomiast dopuszczalne stosowanie rozpuszczalników organicznych (aceton, toluen, glikole), ani związków o odczynie kwaśnym lub silnie alkalicznym. Prawidłowy proces czyszczenia powinien umożliwiać usunięcie zabrudzeń przy jednoczesnym braku zagrożenia dla trwałości i estetyki posadzki.

Kwestia doboru odpowiednich dla rozwiązania materiałowego posadzki zabiegów utrzymania czystości jest w praktyce często bagatelizowana. Niewłaściwie dobrane czynności utrzymania czystości mogą intensyfikować zużycie nawierzchni.

4. Nadmierne zużycie posadzek DST

Posadzki wykonane w technologii DST, często projektowane są w magazynach, w tym w magazynach wysokiego składowania o znacznej intensywności eksploatacji. Jednym z pojawiających się problemów jest szybkie zużywanie się posadzki, które objawia się nadmiernym pyleniem, przebarwieniami, pogorszeniem estetyki i możliwości utrzymania czystości (rys. 4). Dzieje się to nie tylko w alejach najintensywniej użytkowanych ale również w miejscach obciążonych jedynie ruchem lekkim lub pieszym. Przyczyn upatruje się w zbyt niskiej

odporności na ścieranie wykonanej posadzki lub niewłaściwych metodach czyszczenia, które powodują destrukcję powierzchni.



Rys. 4 Zużycie posadzki i pogorszenie estetyki posadzki w intensywnie użytkowanych alejach

Klasa odporności na ścieranie posadzki powinna zostać określona w projekcie. W przypadku posadzek DST częstym błędem jest utożsamianie tej klasy z klasą odporności na ścieranie materiału posypki, wyznaczaną na próbkach wykonanych z czystego materiału. Im mniej materiału posypki dozowanego jest na jednostkę powierzchni posadzki i im niższa klasa betonu podkładowego tym większe prawdopodobieństwo, że klasa posadzki będzie dwie-trzy klasy niższa od klasy materiału posypki. Dzieje się tak szczególnie wtedy gdy suche posypki nie zawierają kruszywa z twardych ziaren korundu lub ich zawartość jest bardzo mała. Błędy wykonawcze, w tym niejednorodne lub opóźnione dozowanie materiału, zmienne warunki otoczenia, w których prowadzone są prace, niewystarczająca pielęgnacja skutkują obniżeniem jakości powierzchni. Często wykonawcy borykają się z właściwym ustaleniem okna czasowego, w którym należy prowadzić zacieranie. Wynika to z wpływu składu mieszanki betonowej na zjawisko bleedingu. Szkodliwy wpływ zabiegów czyszczących może natomiast wynikać z:

- niedostatecznego usuwania z posadzki piasku, stłuczki itp.,
- oddziaływania na posadzkę chemicznych środków myjących,
- mechanicznego oddziaływania padów i szczotek.

5. Cel i zakres badań

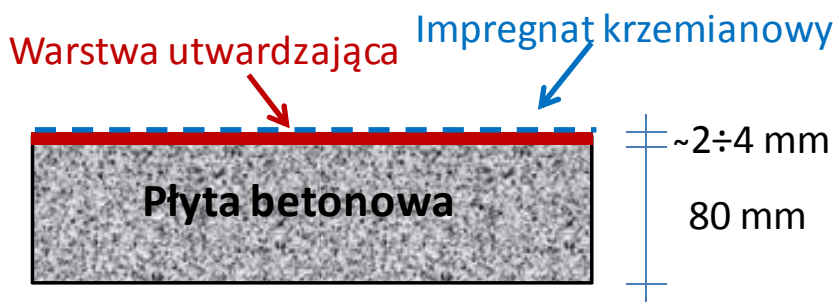
Celem badań było określenie wpływu różnych technologii czyszczenia na stan posadzki mineralnej, po 2–5 letniej eksploatacji. Jest to okres po którym najczęściej ujawnia się zużycie posadzki i zasadne jest pytanie o wpływ zabiegów utrzymania. Badano wykonane w skali przemysłowej posadzki typu DST. Na płycie z betonu klasy C30/37 zatarto posypkę klasy A6, którą następnie pielęgnowano/impregnowano preparatami krzemianowymi (rys. 5). Po okresie

dojrzewania (min. 3-mce) z posadzki wycinano próbki, które poddawano procedurze symulującej proces czyszczenia, w zakładanym okresie eksploatacji. W procedurze próbka poddawana była myciu z zastosowaniem różnych chemicznych środków myjących i technik czyszczenia. Umożliwiło to zbadanie wpływu następujących czynników na odporność na ścieranie posadzki:

- rodzaj i stężenie preparatów myjących stosowanych przy jednoczesnym szorowaniu szczotką PPL 0.6 dwa razy dziennie, przez 365 dni w roku, w okresie 2 lat eksploatacji,
- rodzaj pada (czerwony, czarny) w obecności preparatu myjącego, w okresie 5 lat eksploatacji z uwzględnieniem, iż pad czerwony stosowany był do czyszczenia bieżącego tj. w każdy dzień roboczy (ok. 300 dni w roku), a pad czarny 5–6 razy w miesiącu tj. ok. 66 dni w roku,
- rodzaj i stężenie środka czyszczącego przy użyciu czerwonego pada stosowanego z częstotliwością jak wyżej.

Ponadto zbadano wpływ twardości pada na powierzchniową wytrzymałość na rozciąganie posadzki.

Zbadano także wpływ rozcieńczania wybranych zatężonych preparatów myjących na pH roztworów.



Rys. 5 Układ warstw badanych próbek

6. Metody badań

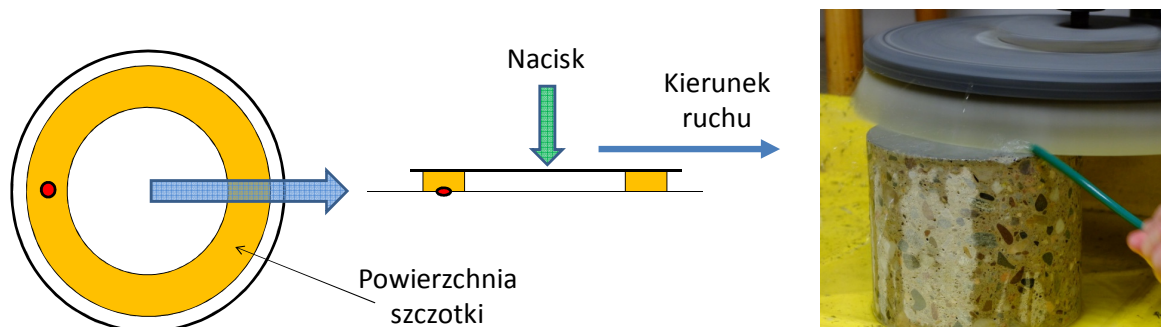
W celu zbadania wpływu technologii czyszczenia na stan posadzki, opracowano autorską procedurę badania, inspirowaną ideą pomiaru odporności na ścieranie posadzek metodą BCA wg PN-EN 13892-4. W metodzie BCA posadzka ścierana jest kołami obracającego się urządzenia, oddziałującego określonym naciskiem na posadzkę. Liczba obrotów kół urządzenia (czas oddziaływania) i obciążenie dobrane są tak, aby odzwierciedlać okres 25 lat eksploatacji. Opracowana metoda badania wpływu technologii czyszczenia polega na symulacji oddziaływania maszyny czyszczącej (rys. 6) z uwzględnieniem takich charakterystyk urządzenia i parametrów procesu jak:

- łączny, efektywny czas czyszczenia posadzki,
- nacisk szczotki na powierzchnie posadzki,
- powierzchnia kontaktu szczotki z posadzką,
- prędkość obrotowa szczotki,
- prędkość przejazdu maszyny czyszczącej,
- obecność preparatów myjących,
- charakterystyka kształtu próbki.

Założono 2 lub 5 letni okres poddawania posadzki codziennemu czyszczeniu tarczą czyszczącą o typowej średnicy (65 cm). Biorąc pod uwagę typowe, jednostkowe naciski tarcz na powierzchnię posadzki, przyjęto do badania nacisk wynoszący $0,04 \text{ kg/cm}^2$. Wymiar powierzchni styku tarcza/posadzka mierzony w kierunku jazdy wynosi ok. 20 cm w przypadku szczotki i 33 cm w przypadku pada. Zakładając prędkość jazdy urządzenia w trakcie mycia posadzki

w zakresie 3–5 km/h można obliczyć, że czas kontaktu każdego punktu posadzki z tarczą wynosił podczas jednego cyklu mycia ok 0,3 s. Przy założeniu dwóch lub trzech (pad czarny) przejazdów urządzenia dziennie, przez założony okres eksploatacji, łączny czas oddziaływania urządzenia myjącego na powierzchnię oszacowano do celów badania na:

- 400 s, szczotka PPL 0.6,
- 900 s, pad czerwony,
- 297 s, pad czarny.



Rys. 6 Schemat ideowy pracy urządzenia myjącego oraz stanowisko badawcze do symulacji jego oddziaływania na posadzkę

W trakcie badania preparat czyszczący był aplikowany bezpośrednio na próbkę, w taki sposób aby powierzchnia czyszczona była stale zwilżona.

Odporność na ścieranie posadzki badano metodą Bohmego, zgodnie z PN-EN 13892-3 na próbkach wyciętych z powierzchni czyszczonych. Powierzchniową wytrzymałość na rozciąganie posadzki badano metodą pull-off jak w PN-EN 1542. W przypadku posadzek czyszczonych padami głębokość nacięcia powierzchni ograniczono do ok. 4–5 mm, tj. do warstwy zmodyfikowanej posypką. Miało to na celu wymuszenie zniszczenia w warstwie dotwardzonej.

7. Charakterystyka roztworów myjących

Do badania próbek wykorzystano następujące preparaty handlowe:

- A; o pH = 12 w stanie zatężonym; zalecane stężenie robocze wynosi od 0,5 do 2,0%. Zmierzony odczyn roztworu w zakresie tych stężeń jest stosunkowo stabilny tj. od ok. 9,8 do ok. 10,3 (tab. 4).
- B; o pH = 14 w stanie zatężonym; zalecane stężenie robocze wynosi od 2–5%. W tym zakresie stężeń zmierzone pH wynosi 12–13 (tab. 4). Do gruntownego mycia producent zaleca stężenia 10–15%, co jak wynika z pomiarów odpowiada pH 13,4. Do posadzek betonowych stosuje się stężenie 0,05 do 0,1% tj. pH ok. 10–11.
- C; zalecane przez producenta stężenie wynosi 10%. Zmierzony wskaźnik pH koncentratu wynosił 13,5 a środka rozcieńczonego 12,1,
- D; zalecane przez producenta stężenie wynosi od 1 do 4,8%. Zmierzony wskaźnik pH koncentratu wynosił 13,7 a środka rozcieńczonego (4,8%) 12,4.

Zwraca uwagę fakt, że w porównaniu z zaleceniami producentów posadzek DST preparaty używane do mycia charakteryzują się podwyższoną alkalicznością.

Do badań wpływu środków myjących na stan posadzki czyszczonej szczotką PPL 0.6 wybrano:

- preparaty stężone A i B,
- preparaty rozcieńczone wodą jak zalecane tj. do stężenia 0,1% (preparat A) i 0,05% (preparat B),
- czystą wodę jako środowisko odniesienia.

Do badań wpływu środków myjących na stan posadzki czyszczonej padami wybrano preparat C i D o zalecanym stężeniu 4,8%.

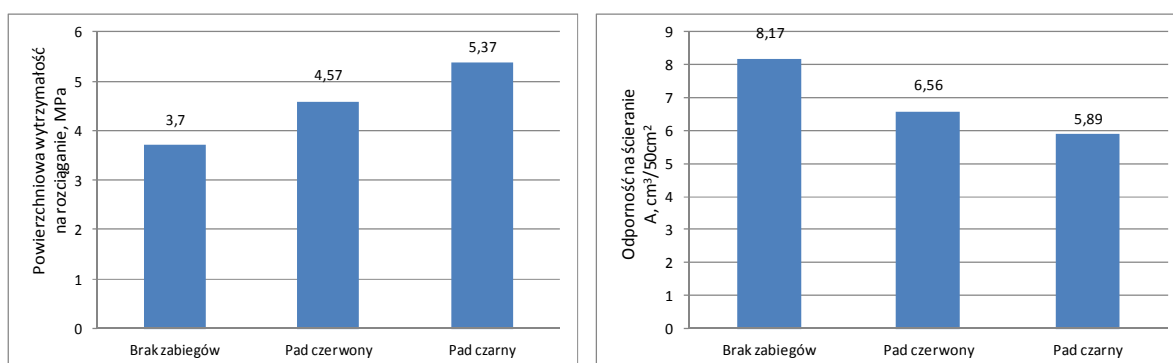
Tabela 4 Zależność pH roztworów wybranych środków myjących od stężenia

Preparat A			Preparat B		
stężenie, %		pH	stężenie, %		pH
0,1		8,95	0,05		10,74
0,2		–	0,1		10,86
0,5		9,76	0,5		11,17
1,0		10,03	1		12,41
1,5		10,18	3		12,82
2,0		10,27	10		13,24
5,0		10,50	15		13,40
–		–	25		13,60
100	b. własne	12,16	100	b. własne	14,25
	wg deklaracji	11,6–12,4		wg deklaracji	13,00

8. Wyniki badań

Po zabiegach czyszczących padem standardowym (czerwonym) do codziennego czyszczenia posadzek, warstwa krzemianu została starta na co wykazuje (rys. 7) większą wytrzymałość na rozciąganie (ok. 4,3 MPa, zerwanie 2–4 mm) w porównaniu z próbką referencyjną (3,7 MPa; zerwanie < 2 mm). Natomiast po zabiegu czyszczącym padem czarnym impregnat krzemianowy został na tyle starty, że wytrzymałość na rozciąganie wzrosła o 50% tj. do ok. 5,4 MPa (zerwanie 2–4 mm). Wynika z tego, że pad czarny powoduje większe ścieranie warstwy impregnatu krzemianowego.

Otrzymane wyniki badania odporności na ścieranie wskazują na wzrost odporności posadzki betonowej wykonanej w technologii DST po poddaniu jej zabiegom czyszczącym, co oznacza, że po badaniu ścieralności, zauważono mniejszy ubytek objętości dla próbek obciążonych zabiegami utrzymawczymi niż dla próbki nieobciążonej. Po czyszczeniu posadzki padem czerwonym odporność na ścieranie wzrasta o 24% a po czyszczeniu padem czarnym o 39% (rys. 7). Wynika to z faktu, że pady starty słabszą, przypowierzchniową impregnowaną warstwę posypki bardziej odsłaniając twarde ziarna posypki.



Rys. 7 Powierzchniowa wytrzymałość na rozciąganie i odporność na ścieranie posadzki w zależności od sposobu czyszczenia

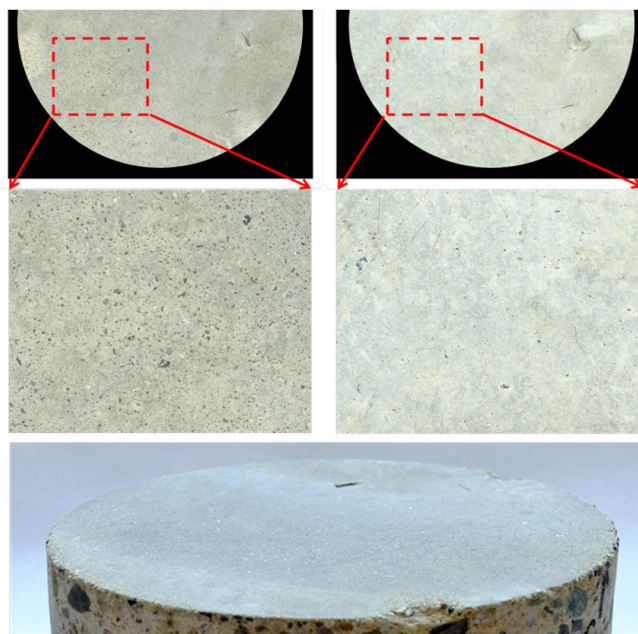
Stwierdzono wyraźne objawy starcia wierzchniej, impregnowanej warstwy posadzki po użyciu szczotki PLL 0.6 i wody jako czynnika myjącego (rys. 8). Otwarte zostały pory i wzrosła szorstkość powierzchni.

Charakterystyka procesu ścierania próbek poddanych czyszczeniu jest podobna w przypadku stosowania wody i środków rozcieńczonych, do tej uzyskiwanej dla próbek nieczyszczonych tzn. obserwuje się wysoki ubytek grubości próbki (Δl) w pierwszym etapie ($n = 1$) ścierania (ok. 0,6 mm) i niższe ubytki (do ok. 0,4 mm) w każdym kolejnym etapie tj. 2, 3 i 4 (rys. 10). W przypadku użycia stężonych środków myjących A lub B zależności mają charakter bardziej „płaski” co wskazuje, że wierzchnia, słaba warstwa została całkowicie starta podczas czyszczenia i w kolejnych etapach (n) ścierania ubytek grubości próbki jest względnie mały w porównaniu z próbkami nie poddawany myciu tzn. w przypadku :

- stężonego preparatu A: dla $n = 1$ $\Delta l = 0,62$ mm, dla $n = 2$ $\Delta l = 0,49$ mm, podczas gdy odpowiednio dla próbki niemytej dla $n = 1$ $\Delta l = 0,74$ mm, a dla $n = 2$ $\Delta l = 0,37$ mm, lub druga próbka $n = 1$ $\Delta l = 0,57$ mm, $n = 2$ $\Delta l = 0,30$.
- stężonego preparatu B: dla $n = 1$ $\Delta l = 0,43$ mm, dla $n = 2$ $\Delta l = 0,40$ mm, podczas gdy odpowiednia próbka nie czyszczona dla $n = 1$ $\Delta l = 0,48$ mm, dla $n = 2$ $\Delta l = 0,27$ mm, lub druga próbka $n = 3$ $\Delta l = 0,45$ mm, $n = 2$ $\Delta l = 0,23$.

„Płaski” charakter zmian wydaje się widoczny pomimo dużego zróżnicowania własności powierzchni posadzki wynikającego z dużej skali wykonywania posadzki.

Charakterystyka zmiany wysokości próbek zmywanych środkami rozcieńczonymi w kolejnych etapach ścierania jest podobna do próbek nie czyszczonych (rys. 9a). Wskazuje to, że oddziaływanie tych preparatów jest istotnie słabsze. Wyniki charakteryzują się dużą zmiennością, co skutkuje małym zróżnicowaniem wyników średnich (tab. 5). Dlatego istotna jest analiza kolejnych etapów ścierania próbek.



Rys. 8 Widok powierzchni posadzki a) zwilżanej wodą i poddanej czyszczeniu szczotką PPL 0.6, b) nie poddanej czyszczeniu

Tabela 5 Średnia ścieralność próbek (A) posadzki poddanych czyszczeniu szczotką PLL 0.6 w zależności od rodzaju i stężenia środka myjącego

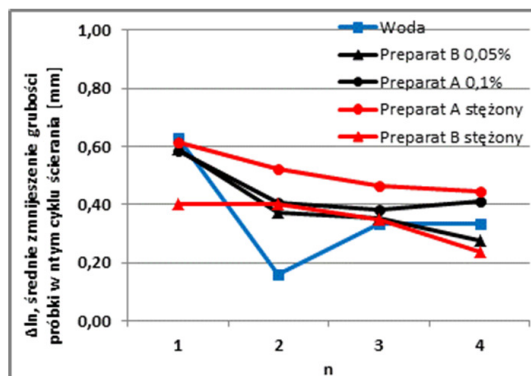
Preparat myjący	A [$\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$]	Preparat myjący	A [$\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$]
Brak	7,6	Brak	8,3
A, stężenie 0,05%	8,0	B, stężenie 0,1%	8,8
A stężony	7,7	B, stężony	10,7
Woda	8,2		

9. Wnioski

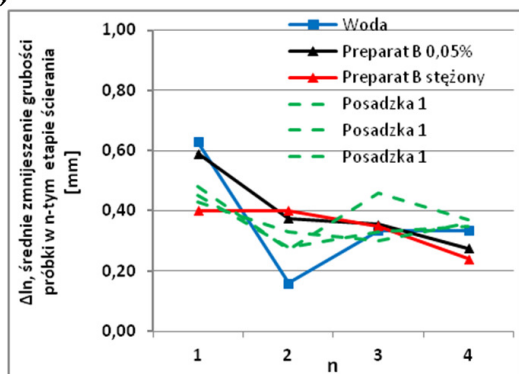
Przedstawione badania i analiza ich wyników wskazują, że:

- czyszczenie posadzki z użyciem stężonych środków czyszczących powoduje starcie wierzchniej, impregnowanej warstwy posadzki co w efekcie skutkuje wyższą odpornością na ścieranie posadzki po cyklach mycia,
- wyższy o 25–45% wynik badania powierzchniowej wytrzymałości na rozciąganie posadzki, na której przeprowadzono cykl symulujący czynności utrzymaniowe należy interpretować negatywnie. Świadczy to o uszkodzeniu/starcu powierzchni warstwy dotwardzonej i odsłonięciu twardych ziaren posypki na skutek czyszczenia,
- czynności utrzymania czystości mogą być czynnikiem intensyfikującym zużycie posadzki, w szczególności jeśli stosowane są agresywne środki chemiczne oraz twarde pady lub szczotki,
- agresywne czynności utrzymaniowe mogą powodować pogorszenie estetyki tj. uszorstnienie powierzchni (odsłanianie ziaren) i w efekcie utrudnienie usuwania zanieczyszczeń oraz przyspiesza zużycie akcesoriów czyszczących,
- impregnacja krzemianami prawidłowo wykonanej posadzki DST nie zapewnia podwyższenie odporności posadzki na ścieranie.

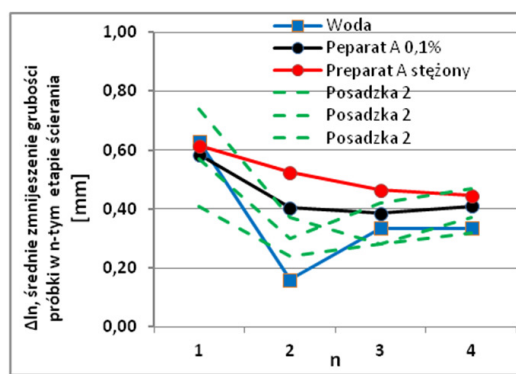
a)



b)



c)



Rys. 9 Zależność zmniejszenia grubości próbki posadzki (Δl_n) po n-tym etapie ścierania od rodzaju i stężenia środka myjącego (a) tj. Preparat A na Posadzce 2 i Preparat B na Posadzce 1 oraz woda); wyniki odniesiono do próbek z tego samego obszaru nie poddawanych czyszczeniu oznaczonych liniami przerywanymi jako Posadzka 1 (b) i Posadzka 2 (c).

Literatura

1. Chmielewska B., Czarnecki L. *Materiały i wymagania dotyczące posadzek*, XXIII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Szczyrk 2011, 239–279.

2. Horszczaruk E. Odporność na ścieranie betonowych posadzek przemysłowych, *Materiały Budowlane*, 9/2014.
3. Woyciechowski P., Adamczewski G. Przyczyny pylenia posadzki przemysłowej w hali magazynowej, *Materiały Budowlane* 2/2012, (nr 474), 25–27.
4. Chmielewska B., Adamczewski G. Wady i naprawy posadzek przemysłowych utwardzanych powierzchniowo, *XXVI Awarie Budowlane* 2013, 777–786.
5. Łukowski P. Materiały i systemy do naprawy i ochrony konstrukcji betonowych – wdrażanie norm europejskich EN 1504, *Materiały Budowlane*, 2, 2007, 2–5.
6. Sokołowska J.J., Woyciechowski P., Adamczewski G., Influence of Acidic Environments on Cement and Polymer-Cement Concretes Degradation, *Advanced Materials Research*, 687, 2013, Ed. Ru Wang and Zhenghong Yang, Trans Tech Publications Ltd, 144–149.
7. Adamczewski G., Woyciechowski P., Dziedzic K., Kamińska M., Stankonowicz P., Palacz R., Zużycie eksploatacyjne posadzek typu DST w kontekście zabiegów utrzymania czystości, *Materiały Budowlane*, 9/2014, 12–14.
8. Materiały ze strony wetrok.pl [stan na dzień 08.05.2014 r.].

CLEANING TREATMENT OF THE CONCRETE FLOORS AS THE REASON OF THEIR ACCELERATED WEAR

Abstract: Concrete floors finished with the DST (dry shake topping) technology are a common material-technological solution in large-area industrial buildings. Intensive exploitation of the floor in the various conditions commonly results in their wear, in the time shorter than designed service life and planned repair schedule. In such case the influence of cleaning treatment, including the intensive cleaning due to the sanitary requirements, is difficult to estimate. In the paper the causes of accelerated wear of the DST floors were presented. In the experimental part the cleaning treatment techniques were indicated to have influence on the floor condition.

Keywords: concrete industrial floors, DST, cleaning, wear, defects.